

dr inż. Grzegorz Adamczewski\*

dr hab. inż. Piotr Woyciechowski\*

inż. Kinga Dziedzic\*

inż. Martyna Kamińska\*

inż. Paulina Stankonowicz\*

mgr inż. Rafał Palacz\*\*

# Zużycie eksploatacyjne posadzek typu DST w kontekście zabiegów utrzymania czystości

**P**osadzki typu DST (Dry Shake Topping) wykorzystuje się głównie w przypadku nowych nawierzchni przemysłowych. Ich wykonanie polega na wcieraniu w niezwiązaną jeszcze warstwę betonową powierzchniowych materiałów utwardzających (posypek) do momentu uzyskania gładkiej i równej powierzchni. Posypka utwardzająca oraz beton tworzą monolit, którego strefa przypowierzchniowa odpowiada za przeniesienie obciążeń eksploatacyjnych. Powierzchnia betonu zartartego posypką utwardzającą jest bardziej odporna na ścieranie niż podkład betonowy bez dodatkowego utwardzenia. Trwałość [5, 7] podłogi związana jest nie tylko z jakością wykorzystanych materiałów i technologią jej wykonania [3, 4, 6, 9], ale także z czynnikami zewnętrznymi, takimi jak obciążenia eksploatacyjne oraz zabiegi utrzymania czystości stosowane z reguły codziennie. Ich oddziaływanie na posadzkę często jest bagatelizowane. Tymczasem te zabiegi obejmują często silnie inwazyjne działania zarówno mechaniczne, jak i chemiczne [8], a ewentualne błędy w technologii czyszczenia mogą prowadzić do przyspieszonego zużycia wierzchniej warstwy użytkowej posadzki. Prawidłowy projekt podłogi przemysłowej [1, 2] powinien zawierać instrukcję użytkowania, w tym czyszczenia posadzki, określającą zalecane sposoby czyszczenia oraz ograniczenia dotyczące stosowania środków czyszczących. Szczególnie istotne jest uwzględnienie pH tych środków oraz twardości używanych szczotek i padów czyszczących.

## Sposoby czyszczenia posadzek przemysłowych

Głównym celem konserwacji powierzchni podłogi jest usunięcie zanieczyszczeń, zachowanie bezpieczeństwa i komfortu użytkownika oraz este-

tyki posadzki. Czyszczenie powierzchni podłóg przemysłowych, z uwagi na ich znaczną powierzchnię, przebiega zazwyczaj z użyciem urządzeń czyszczących wyposażonych w pady lub szczotki. Dobór środków chemicznych oraz twardości padów lub szczotek uzależniony jest od intensywności oraz rodzaju zanieczyszczeń.

Pady do czyszczenia posadzek są zróżnicowane pod względem twardości, co sygnalizowane jest dla użytkownika kolorem. Kolor ciemniejszy z reguły oznacza pady twarde, tzn. o bardziej agresywnym działaniu. Pady szare lub czerwone, wykonane z poliestru, służą do delikatnego mycia i codziennej pielęgnacji. Dopuszcza się ich użycie w maszynach o maksymalnych obrotach 800 obr/min. Pady niebieski, zielony, brązowy i czarny, oprócz włókna polimerowego, zawierają w swoim składzie również nasyp ścierny w postaci minerałów. Maksymalne obroty maszyny czyszczącej wynoszą w tym przypadku 350 obr/min. Pad niebieski stosowany jest do codziennego mycia posadzek, a pad zielony do intensywnego szorowania wraz z usuwaniem wierzchniej warstwy powłoki ochronnej lub ciężkich zanieczyszczeń. Pady brązowy

i czarny służą do gruntownego mycia, usuwania silnych zabrudzeń i starych powłok ochronnych (tabela).

Szczotki do czyszczenia różnią się grubością włosa i tworzą sztuczne go i twardością. Zazwyczaj stosowane są szczotki o grubości włosa od 0,4 mm (miękkie) do 0,9 mm (twarde).

Środki czyszczące są zróżnicowane pod względem składu chemicznego oraz pH. Do mycia bieżącego zalecane są produkty o pH 7 – 10 (dla koncentratu), przy czym stężenie robocze to 0,5 – 2% zależnie od sposobu czyszczenia (mycie ręczne, metoda spray, automat, czyszczenie wysokociśnieniowe). Za prawidłowo przeprowadzony proces można uznać taki, który pozwoli na usunięcie zabrudzeń bez wpływu na trwałość i wygląd posadzki. W przypadku, gdy środek o odczynie pH zbliżonym do neutralnego nie radzi sobie z zanieczyszczeniami, należy zastosować bardziej zasadowy produkt. Odczyn skoncentrowanych płynów do pielęgnacji deklarowany przez producentów w kartach charakterystyki dochodzi nawet do 14. W przypadku zabiegów z użyciem takich wyrobów konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności i bezwzględne przestrzeganie instrukcji

### Zalecane zastosowanie padów

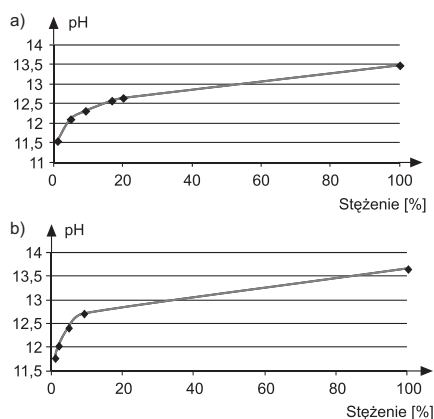
Rodzaj i kolor pada	Zastosowanie
Miękki (biały)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• polerowanie,</li> <li>• utwardzanie wypraw,</li> <li>• nadawanie wysokiego połysku.</li> </ul>
Lekko sprężysty (czerwony)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• czyszczenie i pielęgnacja metodą „spray”,</li> <li>• mycie powierzchni błyszczących (ekskluzywnych),</li> <li>• uzupełnianie wytartych warstw konserwanta.</li> </ul>
Sprężysty (niebieski)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doczyszczanie punktowe,</li> <li>• usuwanie śladów z powierzchni delikatnych,</li> <li>• usuwanie rys z powierzchni konserwowanych,</li> <li>• codzienne mycie powierzchni delikatnych niekonserwowanych.</li> </ul>
Średnio twardy (zielony)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• szorowanie posadzek niekonserwowanych,</li> <li>• codzienne mycie posadzek szybko brudzących się,</li> <li>• usuwanie śladów i konserwantów miękkich.</li> </ul>
Twardy (brązowy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zadzieranie zabrudzonych konserwantów,</li> <li>• doskonała penetracja czyszczonych nawierzchni,</li> <li>• gruntowne mycie o różnym stopniu zabrudzenia.</li> </ul>
Bardzo twardy (czarny)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zdzieranie starych zniszczonych wypraw,</li> <li>• doczyszczanie posadzek twardych niekonserwowanych,</li> <li>• skrobanie nawarstwień do naturalnej struktury.</li> </ul>

\* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Ładowej  
\*\* PAL-GAZ

czyszczenia posadzki (pochodzącej od wykonawcy posadzki), aby nie uszkodzić jej powierzchni. Jeżeli wymagane jest doczyszczanie, wytwórcy środków zalecają rozlać na czyszczoną posadzkę roztwór o znacznym stężeniu, pozostawić na 10 – 15 min, a następnie szorować i zebrać rozpuszczone zanieczyszczenia. Takie rozwiązanie może nie mieścić się w zaleceniach wykonawcy posadzki i prowadzić do poważnych uszkodzeń oraz pogorszenia jej estetyki.

### Badania wpływu sposobu czyszczenia na właściwości posadzki

Celem badań była ocena wpływu, jaki wywierają różne rodzaje padów czyszczących i środków czyszczących na trwałość betonowej posadzki wykonanej w technologii DST. Do badań użyto pada miękkiego do codziennego czyszczenia i pada twardego do doczyszczania powierzchni posadzki. W badaniach wykorzystano także dwa rodzaje środków czyszczących (A i B, rysunek 1) o deklarowanym pH koncentratu ok. 14.

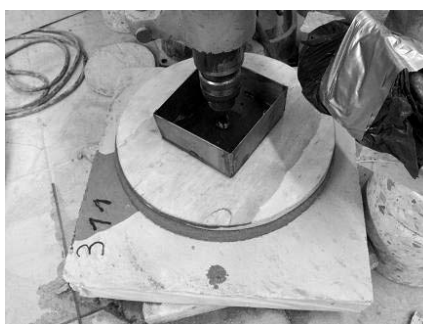


Rys. 1. Zależność pH roztworu od stężenia środka myjącego: a) środek A; b) środek B

Przedmiot badań stanowiły próbki betonowych posadzek utwardzanych suchymi posypkami mineralnymi, które wykonano zgodnie z przemysłową technologią DST. Po czyszczeniu próbek padem czerwonym lub czarnym określono wpływ twardości pada na trwałość posadzki i jej zużycie po konserwacji powierzchni padem z miękkiego lub z twardego materiału. Analizowano także cechy techniczne podłogi, jak: przypowierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie metodą pull-off; powierzchniowa absorpcja wody; ścieralność metodą tarczy Boehmego; podatność na karbonatyzację oraz wizualna zmiana w estetyce posadzki.

Próbki posadzek betonowych zostały wykonane w technologii zgodnej z realizacją rzeczywistych obiektów przez firmę PAL-GAZ specjalizującą się w wykonywaniu podłóg przemysłowych. W procesie produkcji posadzek użyto specjalistycznego sprzętu do zacierania posypek mineralnych. Płytę podłogową wykonano w sześciu działkach roboczych. Grubość płyty została dostosowana do wielkości próbek i wynosiła 8 cm. Próbki wariantowane były pod względem sposobu pielęgnacji oraz wykończenia powierzchni [9]).

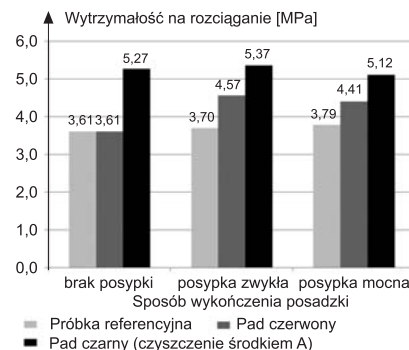
Próbki podłóg czyszczono dwoma padami o średnicy 33 cm i różnej twardości. Użyto pada czerwonego wykonanego z włókien poliestrowych i służącego do codziennej pielęgnacji posadzki oraz pada czarnego wykonanego z włókien poliestrowych z nasypem ściernym. W trakcie czyszczenia zastosowano wysokoalkaliczny środek czyszczący do posadzek o stężeniu 1: 20, co odpowiada wartości pH = 12. Parametry symulacji przyspieszonego zużycia eksploatacyjnego przyjęto z uwzględnieniem charakterystyki urządzeń czyszczących i harmonogramu prac utrzymania czystości w typowej hali w okresie 5 lat użytkowania. Wzięto pod uwagę docisk pada czyszczącego do posadzki, jego średnicę i powierzchnię, szybkość jazdy maszyny czyszczącej oraz prędkość kątową pada. W efekcie w przypadku pada czerwonego (codziennego) łączny czas oddziaływania, z pięcioletniego okresu eksploatacji, oszacowano na 15 min, a pada czarnego na 5 min (doczyszczanie 5 – 6 razy w miesiącu). W badaniu nie uwzględniono cykliczności działań czyszczących, tzn. symulację przeprowadzono w sposób ciągły. Laboratorijna symulacja oddziaływania urządzenia czyszczącego została przeprowadzona na autorskim stanowisku badawczym (fotografia 1).



Fot. 1. Stanowisko do symulacji oddziaływania urządzenia czyszczącego

### Wyniki badań

Podczas badania przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie (rysunek 2), w żadnym przypadku, niezależnie od rodzaju obciążenia posadzki, nie stwierdzono zniszczenia adhezyjnego pomiędzy warstwami posadzki (posypka-beton), co potwierdza prawidłowość wykonania posadzki oraz wskazuje na właściwy przebieg aplikacji posypki DST (czas rozpuszczenia, sposób wykonania).



Rys. 2. Wyniki badania przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie

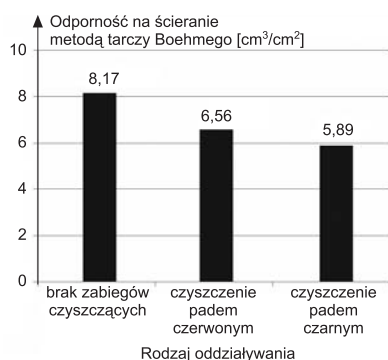
Posadzki, na których zostały przeprowadzone zabiegi czyszczące z użyciem padów oraz z wykorzystaniem zanieczyszczonej sypek (drobny piasek), wykazują większe zniszczenie powierzchniowe, tzn. usunięcie powłoki krzemianowej i uszorstnienie warstwy posadzki, co można tłumaczyć większą przypowierzchniową wytrzymałością na rozciąganie niż wytrzymałości próbek niepoddanych zabiegom czyszczącym.

Największy wzrost przypowierzchniowej wytrzymałości posadzki na rozciąganie po zabiegach czyszczących stwierdzono w przypadku posadzki bez posypki utwardzającej, ponieważ beton bez posypki charakteryzuje się słabszą warstwą powierzchniową. Po zabiegach czyszczących padem standardowym do codziennego czyszczenia posadzek, warstwa krzemianu nie została na tyle starta, aby wykazać większą wytrzymałość na rozciąganie w porównaniu z próbką referencyjną. Natomiast po zabiegu czyszczącym padem czarnym impregnat krzemianowy został na tyle starty, że wytrzymałość na rozciąganie wzrosła o 50%. Wynika z tego, że pad czarny powoduje większe ścieranie warstwy krzemianu.

Najmniejszy wzrost przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie po zabiegach czyszczących odnotowano w przypadku wariantu wykończenia posadzki mocną posypką utwardzającą.

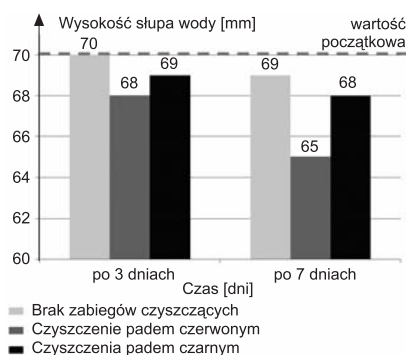
Po zabiegach padem czerwonym wytrzymałość na rozciąganie zwiększyła się o 16%, a padem czarnym o 35%. Dla porównania wytrzymałość na rozciąganie posadzki utwardzonej posypką zwykłą po zabiegach czyszczących wzrosła o 23% w przypadku pada czerwonego i o 45% czarnego. Mniejszy wzrost wytrzymałości posadzki wykończonej posypką mocną spowodowany jest odporniejszą warstwą powierzchniową posadzki dzięki użyciu lepszej posypki utwardzającej. Po starciu wierzchniej warstwy krzemianu, pady wraz z zanieczyszczeniem sykiem w mniejszym stopniu starły posadzkę utwardzoną posypką mocną niż utwardzoną posypką zwykłą. Spowodowało to mniejszy wzrost przypowierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie po zabiegach czyszczących.

Otrzymane wyniki badania odporności na ścieranie (rysunek 3) 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 próbek obciążonych zabiegami utrzymaniowymi niż próbki nieobciążonej. Po czyszczeniu posadzki padem czerwonym odporność na ścieranie wzrosła o 24%, a po czyszczeniu padem czarnym o 39%. Wynika to z faktu, że pady starły słabszą przypowierzchniową warstwę posypki bardziej, odsłaniając twarde ziarna posypki.

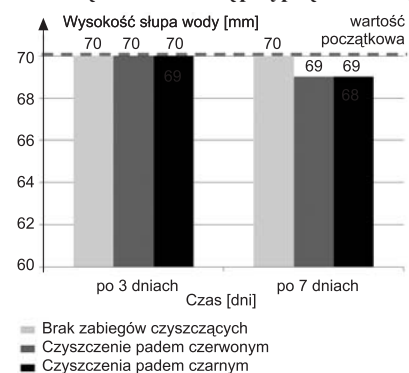


Rys. 3. Wyniki badania odporności na ścieranie metodą tarczy Boehmego

Wyniki badania przesiąkliwości wody przez posadzkę (rysunki 4, 5) wskazują, że wpływ czyszczenia posadzki padem jest nieznaczny. W przypadku posadzek z warstwą utwardzającą nasiąkliwość powierzchniowa nie uległa zmianie, ponieważ uszkodzenia od czyszczenia padem mają charakter powierzchniowy (starcie wierzchniej warstwy posypki), a szczelność kilkumilimetrowej posypki

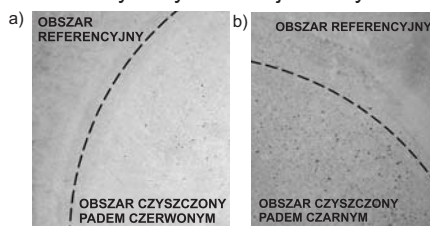


Rys. 4. Przesiakiwość wody przez posadzkę betonową nieutwardzoną posypką mineralną



Rys. 5. Przesiakiwość wody przez posadzkę utwardzoną zwykłą posypką mineralną

nie ulega pogorszeniu. Nieco odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku posadzki nieutwardzonej, gdyż stwierdzono nieznacznie podwyższoną absorpcję, co można tłumaczyć otwarciem powierzchniowych porów w betonie podkładowym stanowiącym warstwę poddaną oddziaływaniu pada. Po obciążeniu próbek zabiegami czyszczącymi, za pomocą dwóch rodzajów padów i wysokoalkalicznego środka chemicznego, dokonano wizualnej oceny powierzchni posadzek. Stwierdzono zarówno po czyszczeniu padem czerwonym, jak i padem czarnym, odsłonięcie ziaren kruszywa posypki na skutek starcia powierzchniowej warstwy posadzki (fotografia 2). W przypadku próbek czyszczonych padem czarnym zjawisko odsłonięcia ziaren kruszywa było bardziej zintensyfikowane



Fot. 2. Obraz zdegradowanej powierzchni próbki pod wpływem oddziaływania: a) pada czerwonego; b) pada czarnego; linią przerywaną zaznaczono obszar poddany symulacji czyszczenia

ne. Po zabiegach czyszczących padem czerwonym zauważono zabarwienie powierzchni posadzki na kolor pada.

## Podsumowanie

Zabiegi czyszczenia posadzek przemysłowych z betonu stanowią nieodłączny element ich codziennej eksploatacji. Duża gama różnych środków chemicznych i technik szorowania stosowana jest przede wszystkim na podstawie doświadczenia ekip czyszczących. Wiele projektów posadzek zawiera bowiem nieprecyzyjne zapisy dotyczące technik czyszczenia, co w przypadku ewentualnych uszkodzeń posadzki stanowi źródło konfliktu pomiędzy wykonawcą, inwestorem i użytkownikiem a firmą czyszczącą.

Przeprowadzone badania wskazują, że bieżące czynności utrzymaniowe mogą mieć istotny wpływ na estetykę posadzki oraz trwałość jej warstwy powierzchniowej. Oddziaływania nieprawidłowo dobranych maszyn czyszczących mogą powodować powierzchniową degradację posadzki, a środki chemiczne przyspieszać i intensyfikować ten proces.

## Literatura

- [1] Chmielewska B., Czarnecki L.: Wymagania norm dotyczące posadzek przemysłowych, Materiały Budowlane, 2, 2012.
- [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), s. 25 – 27.
- [4] Neville A. M.: Właściwości betonu, SPC, 2012.
- [5] Łukowski P.: Materiały i systemy do naprawy i ochrony konstrukcji betonowych – wdrażanie norm europejskich EN 1504, Materiały Budowlane, 2, 2007, 2 – 5.
- [6] Courard L., Garbacz A., Niewięgłowska-Mazurkiewicz A., Piotrowski T., Inżynieria powierzchni betonu. Część 2. Wpływ obróbki na powstawanie rys, Materiały Budowlane, 12/2006, str. 8 – 11.
- [7] Courard L., Michel F., Schwall D., Van der Wielen A., Piotrowski T., Garbacz A., Perez F., Bissonette B., Surfology: concrete surface evaluation prior to repair, Materials Characterisation IV, Computational Methods and Experiments, WIT Press 2009 (Ed. A. A. Mammoli, C. A. Brebbia), p. 407 – 416.
- [8] 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.
- [9] Woyciechowski P., Adamczewski G., Radomski W., Jasak M., Palacz R.: Warunki wykonywania posadzek betonowych a ich jakość eksploatacyjna, Materiały Budowlane 9/2014.