



# Przyczyny powstawania wad i uszkodzeń w podłogach przemysłowych

Mgr inż. Piotr Hajduk, Biuro Konstrukcyjno-Budowlane HAJDUK

## 1. Wprowadzenie

Przyczynami niedoskonałości podłóg, w najogólniejszym pojęciu, mogą być błędy projektowe, wykonawcze, a także ich niewłaściwe użytkowanie. Według [3], ponad 50% uszkodzeń posadzek powstaje z powodu niewłaściwej jakości podkładu betonowego lub jego nieodpowiedniego przygotowania. Kolejne 25% uszkodzeń jest spowodowanych niewłaściwymi warunkami użytkowania (np. zbyt wczesnym włączaniem posadzki do eksploatacji), a także istotnymi, w stosunku do projektowanych, zmianami warunków użytkowania.

Przyczyny uszkodzeń podłóg przemysłowych – opisane na rysunku 1 – można podzielić na konstrukcyjne, materiałowe, technologiczne i eksploatacyjne [4].

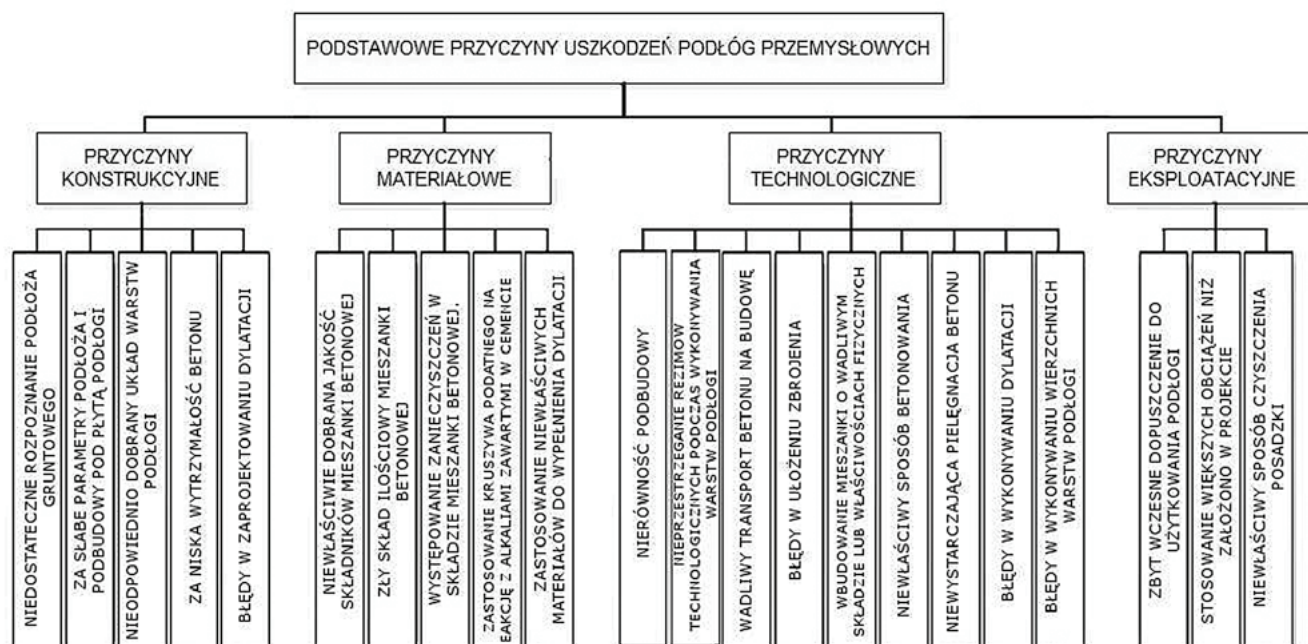
Przyczyny konstrukcyjne to na ogół błędne lub niewłaściwie przyjęte rozwiązania na etapie projektu. Przyczyny materiałowe wynikają często z niewłaściwie dobranych jakości składników mieszanki betonowej, złego składu ilościowego mieszanki, czy wprowadzenia do jej składu zanieczyszczeń. Przyczyny technologiczne występują zazwyczaj jako wady w trakcie wykonywania elementów podłogi przemysłowej.

Wynikają również z wbudowania mieszanki o wadliwym składzie lub właściwościach fizycznych. Przyczyny eksploatacyjne to zwykle za szybkie przystąpienie do użytkowania posadzki lub dopuszczanie występowania większych oddziaływań niż projektowane, np. lokalne przeciążenie, zbyt intensywny ruch, większe niż zakładane w projekcie obciążenia od substancji chemicznych, zmiany warunków cieplno-wilgotnościowych.

Wady w podłogach przemysłowych mogą być spowodowane przez obciążenia:

- mechaniczne, jak ścieranie, zmęczenie, uderzenia, przeciążenie, przemieszczenie, np. osiadanie, wybuch, wibracje,
- chemiczne, jak alkaliczna reakcja kruszywa, czynniki agresywne, np. siarczany, sole, czynniki biologiczne,
- fizyczne, jak zamrażanie/rozmarzanie, oddziaływanie cieplne, krystalizacja soli, skurcz, erozja, zużycie.

Często trudno jest jednoznacznie ocenić przyczynę powstania błędów. Zwykle jest to zespół czynników, który jest



Rys. 1. Podstawowe przyczyny uszkodzeń podłóg przemysłowych



odpowiedzialny za powstanie zjawisk destrukcyjnych. Szczególnie często występują przyczyny materiałowo-technologiczne skutkujące powstawaniem rys powierzchniowych i wskrośnych. Z innych ważniejszych objawów wad podłóg przemysłowych należy wyróżnić:

- nierówność posadzki,
- zniszczenia dylatacji,
- paczenie – curling,
- pęcherze i rozwarstwienia pomiędzy podkładem a posadzką,
- uszkodzenia warstw wierzchnich, jak, np. wytarcia, odspojenia, pylenie, kruszenie się i łuszczenie posadzki wraz z podkładem i nadmierna jej ścieralność, destrukcja powierzchniowa, odspojenia i deformacje, uszkodzenia korozyjne, utrata zdolności odprowadzania ładunków elektrostatycznych.

Omawiając uszkodzenia podłóg przemysłowych, nie sposób również pominąć przyczyn geotechnicznych związanych z gruntem.

## 2. Nierówność nawierzchni

Równość powierzchni jest bardzo ważną cechą użytkową posadzki, która istotnie wpływa na bezpieczeństwo eksploatacji pomieszczeń. Powstaje podczas wykonawstwa w wyniku niedotrzymania tolerancji wymiarowych dotyczących poziomu i równości. Uważa się [11], że lokalne różnice w stykach dylatacyjnych w granicach 3–4 mm mogą doprowadzić do potknięć i upadku pieszych. Nierówność nawierzchni może doprowadzić do nadmiernego wycierania się posadzki, pylenia, doprowadzać do powstawania lokalnych rozwarstwień, powodować ubytki betonu i warstw wierzchnich podłogi, a w podłogach fibrobetonowych, także do wrywania włókiem stalowych lub syntetycznych.

Wyboistość i spoziomowanie jest istotnym kryterium oceny jakości posadzki w magazynach wysokiego składowania,



**Rys. 2.** Przejazd wózków pomiędzy regałami magazynu wysokiego składowania

gdzie wózki poruszają się w wąskich korytarzach i precyzyjne operują przy załadunku i rozładunku regałów (rys. 2). Zmiana poziomu zarówno wzdłuż, jak i w poprzek toru wózka wywołuje dynamiczne ruchy wysięgnika, o wiele większe niż wynika to z różnicy wysokości posadzki. Powstające naprężenia powodują przedwczesne zużycie spawów oraz uszkodzanie części elektronicznych wózka. Wyboiste posadzki zmniejszają więc wydajność przeładunkową i powodują większe zużycie wózków, a w efekcie wyższe koszty eksploatacji. Równość posadzki ma także duży wpływ na elementy na niej montowane, np. ścianki działowe, ościeżnice drzwi itp. [10].

## 3. Zarysowanie posadzki

Przyczyny powstawania rys w podłogach przemysłowych zostały szczegółowo omówione w numerze 4/2015 niniejszego czasopisma. Poniżej zostaną przedstawione tylko podstawowe informacje [9].

Rysy mogą powstawać zarówno w betonie plastycznym, jak i w stwardniałym.

Trzy zasadnicze powody tworzenia się rys w betonie plastycznym (od 10 minut do 6 godzin od jego wykonania) to [7], [17]: skurcz plastyczny, osiadanie plastyczne (osiadanie na zbrojeniu i osiadanie na ziarnach kruszywa) oraz drgania wywołane wpływami otoczenia i prowadzonymi pracami budowlanymi (drgania podłoża i drgania deskowania).

W stwardniałym betonie rysy powstają głównie wskutek zmian spowodowanych skurczem, utratą ciepła hydratacji, zmian temperatury, osiadania podłoża, korozji zbrojenia, agresji chemicznej i oddziaływań zewnętrznych.

Wśród innych powodów powstawania rys można wymienić [8], [15], [16], [19]:

- niedostateczne rozpoznanie podłoża gruntowego, na którym wykonano podłogę, np. występowanie gruntów ekspansywnych,
- złe przygotowanie warstw podbudowy, polegające na przykład na uzyskaniu za niskich parametrów wytrzymałościowych,
- nierówność podbudowy,
- błędy w dylatacjach,
- brak warstwy poślizgowej pod płytą betonową,
- zastosowanie kruszywa podatnego na reakcję z alkaliąmi zawartymi w cemencie,
- nieodpowiedni skład betonu,
- niewłaściwy sposób betonowania oraz niekorzystne warunki atmosferyczne w trakcie wykonywania płyty nośnej i w trakcie wiązania betonu, np. betonowanie w zbyt wysokich lub zbyt niskich temperaturach,
- niewystarczająca pielęgnacja betonu,
- błędy w ułożeniu zbrojenia, np. złe rozstawy prętów, za krótkie zakłady, za mała otulina zbrojenia,
- zastosowanie nieodpowiednich materiałów utwardzających powierzchnię i nawierzchniowych lub ułożenie ich w niewłaściwym czasie,
- zbyt wczesne dopuszczenie do użytkowania podłogi,
- stosowanie przez użytkowników podłóg większych obciążeń niż założono w projekcie.



#### 4. Paczenie – curling

Paczenie się naroży jest częstą wadą występującą w podłogach przemysłowych. Polega na unoszeniu naroży płyty, co jest spowodowane różnicą odkształceń pomiędzy dolną i górną warstwą płyty betonowej [20]. Jest wywołane zjawiskami fizycznymi zachodzącymi w płycie betonowej podłogi, przede wszystkim skurczem i nierównomiernym ochłodzeniem lub ogrzaniem. Przyczyną jest również brak lub niewłaściwa pielęgnacja i źle dobrane kruszywo na beton płyty podłogi [6]. W podłogach zlokalizowanych wewnątrz budynków na zjawisko wpływa głównie nierównomierne wysychanie górnej powierzchni, co prowadzi do silniejszego skurczu warstw górnych – podnoszone są krawędzie płyty. W płytach zlokalizowanych na zewnątrz dodatkowo wpływ mają warunki zewnętrzne (wiatr, nasłonecznienie), a proces objawia się deformacją krawędzi do dołu. Bardzo duże znaczenie ma także prawidłowa pielęgnacja betonu.

Wadę można zaobserwować zazwyczaj na obszarze do 1/8 długości płyty wzdłuż obwodu dylatowanego pola. W ekstremalnych warunkach krawędzie mogą się podnieść nawet o kilkadziesiąt milimetrów [14].

Paczenia się płyty nie można całkowicie zlikwidować, a jedynie wpływać na jego wielkość. Ograniczenie jest możliwe tylko w trakcie projektowania i wykonawstwa – należy dążyć do minimalizacji skurczu. Zasadnicze znaczenie ma właściwy dobór mieszanki betonowej, o niskim w/c (najlepiej w granicach 0,4–0,5) i dążenie do uzyskania szczelnego betonu, o jak najmniejszej liczbie porów. Im szczelniejszy beton, tym mniejsza jest migracja wewnętrzna wody i bardziej możliwe jest utrzymanie właściwej wilgotności w całej objętości betonu. Czyli im mniej porów w betonie, tym mniejsze jest paczenie. Według [1] należy stosować cementy CEM II z dodatkami.

Innym, oprócz nierówności płyty, skutkiem paczenia jest, często obserwowane, pęknięcie naroży oraz rysy biegnące wzdłuż brzegów płyt. Dlatego wskazane jest dyblowanie wszystkich wolnych krawędzi (na wysokości nie mniejszej niż 1/3 grubości od góry płyty betonowej), nad którymi przewidywany jest ruch użytkowy oraz tam, gdzie wpłynie to na inne elementy obiektu, np. drzwi. Możliwe jest stosowanie dybli okrągłych, kwadratowych, a najlepiej o przekroju trójkątnym. Wielkość paczenia można regulować poprzez zwiększenie grubości płyty, np. zwiększenie grubości z 15 do 20 cm zmniejsza curling o 50%. Nie jest wskazana zbyt duża sztywność podłoża oraz stosowanie zbyt dużych pól dylatacyjnych. Korzystnie na unoszenie się naroży wpływa dodanie do mieszanki betonowej włókien polipropylenowych, szczególnie dla nawierzchni zewnętrznych narażonych na działanie wiatru i słońca.

#### 5. Uszkodzenia dylatacji

Uszkodzenia przerw dylatacyjnych są zwykle trudne do usunięcia. Ich przyczyną są najczęściej błędy projektowe i wykonawcze. Niewłaściwe wykonanie dylatacji, zła jakość kitów wypełniających przyczyniają się do powstawania nieszczelności, przez które, w głąb warstw podłogi, może przedostawać

się wilgoć, różnego rodzaju środki agresywne oraz inne zanieczyszczenia. Powoduje to zawilgacanie i degradację podłoża, warstw izolacyjnych i podkładu betonowego. Szczególnie podatne na odkształcenia są narożniki płyt, wskutek koncentracji naprężeń skurczowych i eksploatacyjnych naprężeń rozciągających. Każda naprawa musi zostać poprzedzona wnikliwą analizą i wcześniejszym usunięciem przyczyn usterek. Niestety wielokrotnie zdarza się, że kosztowne naprawy są nieskuteczne, gdyż nie została właściwie zdiagnozowana przyczyna powstałych szkód.

Poniżej przytoczono najważniejsze przyczyny powstawania uszkodzeń:

- niedostatecznie zagęszczone podłoże, co może powodować nadmierne osiadanie,
- brak warstw poślizgowych pod płytą betonową podłogi,
- zastosowanie materiałów o złej jakości, np. mieszanki betonowej o niskiej wytrzymałości,
- niedostateczna pielęgnacja podłogi lub jej brak,
- brak dylatacji obwodowych,
- zbyt późne przystąpienie do nacinania dylatacji skurczowych oraz zbyt duże ich rozstawy, co skutkuje pojawieniem się rys ciągłych w środku pól (rys. 3a),
- niewłaściwy układ dylatacji i złe proporcje poszczególnych pól (rys. 3b),
- zbyt wczesne poszerzanie dylatacji oraz brak właściwych zabezpieczeń, skutkujące wykruszeniem krawędzi wskutek ruchu wózków widłowych,
- brak ukosowania górnych krawędzi szczelin przed ich wypełnieniem, co powoduje wykruszenia krawędzi (rys. 3c),
- brak dyblowania lub złe położenie dybli w dylatacjach konstrukcyjnych (rys. 3d), co może prowadzić do klawiszowania lub pęknięcia posadzki wokół dylatacji,
- niestaranne nacinanie dylatacji i niedocinanie ich przy ścianach (rys. 3e),
- nacinanie pod zbyt ostrym kątem (rys. 3f),
- niewłaściwie oddylatowane i zazbrojone naroża wklęsłe płyty,
- brak wypełnienia dylatacji, do której dostały się ziarna kwarcu, powodując powstanie drobnych wykruszeń,
- zastosowanie niewłaściwych materiałów do wypełnienia dylatacji lub wkładek dylatacyjnych oraz zbyt wczesne ich wypełnienie,
- odspojenia kitów wypełniających wskutek niewłaściwej aplikacji, np. zbyt wczesnego wypełnienia – przed zakończeniem procesów skurczowych, zanieczyszczeń lub zawilgocenia ścian dylatacji (rys. 3g),
- brak dylatacji wokół słupów nośnych (rys. 3h),
- korozja i uszkodzenia elementów zabezpieczających naroża dylatacji – szczególnie w podłogach narażonych na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych lub na działanie agresywnego środowiska,
- brak profili ochronnych w przypadku dużych obciążeń od wózków widłowych (>60kN),
- miejscowe przeciążenia od obciążeń skupionych i środków transportowych
- nie przerwane zbrojenie w miejscu dylatacji,
- zbyt wczesne rozpoczęcie eksploatacji posadzki.



**Rys. 3.** Przykłady rys spowodowanych wadliwymi dylatacjami: a) rysy wzdłuż zbyt późno naciętej dylatacji, b) niewłaściwy układ nacięć przeciwskurczowych, c) brak ukosowania krawędzi dylatacji nacinanych, d) krzywo osadzone dyble, e) źle wykonane nacięcia przeciwskurczowe, f) nacięcia wykonane pod zbyt ostrym kątem, g) odspojenia kitów wypełniających wskutek niewłaściwej aplikacji, h) brak dylatacji wokół słupów nośnych

## 6. Uszkodzenia warstw wierzchnich

Uszkodzenia powierzchniowe posadzki mogą pojawić się w krótkim czasie po jej wykonaniu albo dopiero w trakcie eksploatacji. Powstają na skutek ścierania, korozji mrozowej bądź chemicznej. Mogą mieć charakter wgłębny – jeśli nawierzchnia nie jest szczelna lub występuje korozja zbrojenia. Czasem ich przyczyną mogą być także niektóre zanieczyszczenia składników betonu, nawet występujące w niewielkiej ilości, np. zanieczyszczenie kruszywa cząstkami nieopalonego węgla.

Najczęściej występują takie uszkodzenia, jak: nadmierna ścieralność i wytarcia, rozwarstwienia, odpryski, powstawanie pęcherzy, łuszczenie się, pylenie oraz zmiana koloru posadzki.

### 6.1. Nadmierna ścieralność posadzki

Nadmierna ścieralność jest jednym z ważniejszych problemów technicznych podłóg przemysłowych w czasie ich eksploatacji. Na ogół jest wynikiem niewłaściwej jakości przyjętych rozwiązań materiałowych, występowania zbyt dużych obciążeń, przekraczających wartości graniczne nawierzchni oraz korozji chemicznej. Dobór właściwego rozwiązania jest zadaniem skomplikowanym, bo zależy nie tylko od zastosowanych materiałów, ale też od sposobu i jakości prowadzenia prac. Każda, nawet najlepiej wykonana, nawierzchnia z czasem ulega naturalnemu wytarci. Według [18], po 10–15 latach użytkowania, następuje naturalne wytarcie warstwy grubości 2–3 mm. Najczęściej ma to miejsce w obszarach narażonych na największe obciążenia, np. trasy przejazdów wózków widłowych, rejony bram i drzwi.

Bardzo ważne jest właściwe określenie przeznaczenia powierzchni posadzki i odpowiadający temu sposób jej wykończenia. Materiały do wykonywania trudno ścieralnych warstw powinny odpowiadać zapisom normy PN-EN-13813 [21]. Jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań są posadzki betonowe lub na bazie spoiw cementowych. Przyczyną ich nadmiernej ścieralności jest zwykle niska jakość zastosowanego betonu, na co ma wpływ użycie zbyt dużej ilości wody zarobowej, zbyt wysoki wskaźnik w/c, zła jakość kruszywa, układanie mieszanki betonowej w zaawansowanej fazie wiązania, zastosowanie niewłaściwej warstwy wierzchniej lub złe jej wykonywanie (tzw. przepracowanie przy zacieraniu), dolewanie wody w czasie zacierania posadzki w celu ułatwienia sobie pracy, większe od zakładanych obciążenia użytkowe, wadliwa pielęgnacja (np. występowanie przeciągów w pomieszczeniu, w którym wykonywane są prace), stosowanie złych technik wykończeniowych, zbyt szybkie dopuszczenie do użytkowania, działanie kwasów, olejów lub siarczanów, szok termiczny wynikły z działania ekstremalnych temperatur, wielokrotne zamrażanie i odmrażanie (np. w pomieszczeniach chłodniczych, czy dla nawierzchni zewnętrznych), a także niedostosowanie rodzaju posadzki do używanych środków transportu oraz stosowanie niewłaściwych technik i środków konserwacji (np. zbyt twarde szczotki czyszczące). Dla podłóg narażonych na zewnętrzne czynniki atmosferyczne przyczyną bywa także zalanie posadzki wodą opadową lub osłabienie wytrzymałości betonu spowodowane jego zamrożeniem we wczesnej fazie dojrzewania.

Za wadę uważa się także zbyt dużą liczbę włókien stalowych na powierzchni płyt fibrobetonowych. Ma to negatywny wpływ na trwałość podłóg o małej odporności na ścieranie, gdyż wskutek ścierania nawierzchni dochodzi do wyrwania włókien i powstawania bruzd [14].

### 6.2. Rozwarstwienia – delaminacja

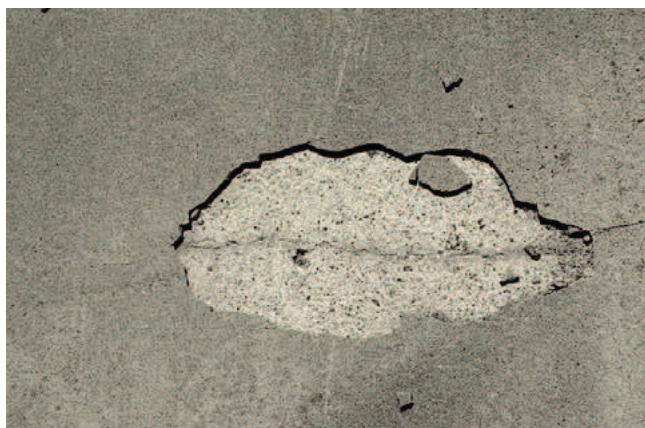
Rozwarstwienie objawia się brakiem przyczepności do podkładu betonowego i przekroczeniem naprężeń granicznych pomiędzy podkładem i nawierzchnią.

W przypadku powłok posadzkowych jest wynikiem powstania za dużych i nierównomiernych naprężeń cieplnych, nierównomiernego skurczu betonu, zbyt szybkiego lub nierównomiernego schładzania (względnie ogrzania) płyty betonowej



oraz korozji mrozowej. Jako najważniejsze przyczyny powstawania rozwarstwienia można wypunktować:

- niewłaściwy skład betonu, a w konsekwencji zbyt słabe parametry podkładu betonowego,
- nieodpowiednia pielęgnacja i dopuszczenie do nadmiernego wysychania w wyniku przeciągów,
- zawilgocenie podkładu,
- nieprzestrzeganie reżimów technologicznych podczas wykonywania warstw podłogi (np. układanie mieszanki betonowej w zaawansowanej fazie wiązania),
- niewłaściwie dobrane czasy poszczególnych operacji technologicznych – zbyt wczesne lub zbyt późne zacieranie warstw posadzki,
- złe przygotowanie podkładu betonowego (np. występowanie na jego powierzchni mlecza cementowego),
- złe zagruntowanie,
- brak warstwy szczepnej,
- występowanie zanieczyszczeń,
- alkaliczna reakcja kruszywa w płycie betonowej,
- użytkowanie niezgodne z projektowanym.

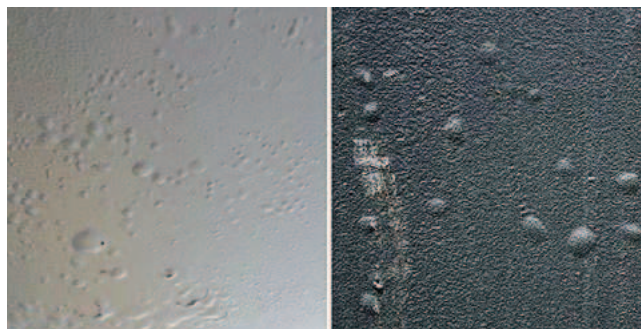


Rys. 4. Przykład rozwarstwienia w podłodze przemysłowej

### 6.3. Powstawanie pęcherzy

Pojawienie się pęcherzy na powierzchni płyty betonowej jest spowodowane pęcherzykami wody lub powietrza uwięzionymi pod nieprzepuszczalną powierzchnią. Zjawisko występuje wtedy, gdy górna powierzchnia płyty betonowej wiąże szybciej niż dolna. Przyczyny powstawania to: nadmierna ilość drobnych frakcji kruszywa, niewłaściwe wibrowanie płyty, niewystarczająco uwalniające powietrze z mieszanki betonowej, zastosowanie betonu o nadmiernym opadzie i zawartości powietrza, błędy podczas zacierania powierzchni.

Powstawanie pęcherzy w powłokach żywicznych jest wynikiem przekroczenia oddziaływań adhezyjnych (odspojenie od podłoża) i kohezyjnych (rozwarstwienie w podłożu betonowym lub rozwarstwienie powłoki wielowarstwowej) [5]. Głównymi przyczynami są błędy technologiczne podczas wykonywania nawierzchni, jak brak właściwego odpowietrzenia roztworu żywicznego, zbyt duże zawilgocenie lub skażenie rozpuszczalnikami podkładu betonowego oraz źle dobrany preparat gruntujący.



Rys. 5. Przykłady występowania pęcherzy na powierzchni posadzki przemysłowej

### 6.4 Odpryski

Powstają zwykle w wyniku wysadzania przez ciśnienie wewnętrzne małych kawałków betonu. Negatywny skutek powodują ziarna kruszywa wchodzące w reakcję chemiczną z alkaliowymi zawartymi w cemencie, co objawia się zwiększeniem objętości i właśnie powstawaniem odprysków na powierzchni. Reakcje te mogą zachodzić zarówno z kruszywami bogatymi w krzemionkę, jak i z kruszywami węglowymi. Kruszywo cechujące się niską gęstością objętościową ma tendencję do wypływania na powierzchnię mieszanki betonowej. Wówczas w wyniku reakcji kruszywa z alkaliowymi powstają odspojenia wierzchniej warstwy podłogi [14].



Rys. 6. Przykłady występowania odprysków na powierzchni posadzki przemysłowej

Lokalne ubytki w posadzkach przemysłowych powstają także wskutek odprysków po upadku na posadzkę ciężkich przedmiotów. Odpryski mogą być również spowodowane przez korodujące zbrojenie.

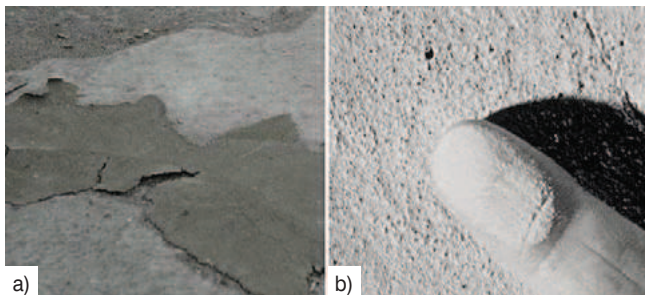
### 6.5 Łuszczenie się posadzki

Zjawisko ma zwykle miejsce w wyniku układania betonu w gorące, wietrzne dni, przy braku właściwej pielęgnacji. Wskutek utraty wilgoci na powierzchni płyty powstaje warstwa suchej zaprawy o dużym skurczu, małej wytrzymałości, niewielkiej trwałości i słabym powiązaniu z kruszywem (rys. 7a). Wskutek procesów atmosferycznych (np. zamrażanie i rozmrażanie) lub eksploatacji podłogi warstwa ta pęka na granicy zaprawa – kruszywo, doprowadzając do łuszczenia się posadzki. Proces jest najbardziej widoczny w nawierzchniach zewnętrznych, jak np. rampy i pochylnie.

Ważniejsze przyczyny łuszczenia to:



- słaba jakość betonu o wysokim wskaźniku w/c,
- wadliwe wykonawstwo, a w szczególności nieprzestrzeganie reżimów technologicznych i niewłaściwe wykończenie nawierzchni,
- błędna pielęgnacja betonu lub jej brak,
- złe spadki w nawierzchniach, wskutek tego zaleganie np. wód opadowych,
- narażenie betonu na cykliczne zamrażanie/odmrażanie.



**Rys. 7.** Przykłady występowania uszkodzeń posadzek przemysłowych: tłuszczenie (a), pylenie (b)

### 6.6. Pylenie posadzki

Pylenie występuje, gdy powierzchnia posadzki pokryta jest cienką warstwą nietrwałego mleczka cementowego lub niezhydatyzowanego cementu (rys. 7b). Warstwa ta pod wpływem nawet małych naprężeń spowodowanych przez oddziaływanie zewnętrznych czynników mechanicznych ulega starciu i rozpadowi, w wyniku czego powstaje drobnofrakcyjny proszek lub pył. Pylenie może być spowodowane przez:

- karbonatyzację betonu – powierzchnia skarbonatyzowanego betonu jest krucha, pyłaca i nie utrzymuje parametrów wytrzymałościowych na ścieranie posadzki betonowej,
- słabej jakości beton użyty do wykonania płyty posadzki przemysłowej – zbyt duża ilość wody zarobowej, za wysoki wskaźnik w/c,
- wadliwy transport betonu na budowę, np. zbyt długo przebywał w betonowozie i beton zaczął wstępnie wiązać albo zbyt późno zaczął być odpowiednio obrabiany przez wykonawcę,
- słabe właściwości lub zbyt mała ilość posypki utwardzającej,
- dolewanie wody w trakcie utwardzania posadzki, co zmienia stosunek zawartości cementu w masie betonu i osłabia jego parametry, w tym odporność na ścieranie,
- niekorzystne warunki w trakcie betonowania i zacierania posadzek przemysłowych, brak odpowiedniej temperatury, przeciągi, przyspieszające wysychanie betonu,
- niewłaściwa pielęgnacja lub jej całkowity brak,
- przyspieszone użytkowanie posadzki – zbyt szybkie użytkowanie posadzki spowoduje wytarcie zastosowanego preparatu powłokowego,
- niewłaściwa eksploatacja posadzek, np. poprzez zbyt duże obciążenia powierzchni posadzki w stosunku do rozwiązań przyjętych w projekcie,
- niewłaściwy sposób czyszczenia posadzki – stosowanie zbyt agresywnych środków myjących.

### 6.7. Uszkodzenia korozyjne wywołane agresją chemiczną

W pomieszczeniach chłodniczych należy liczyć się z korozją i zniszczeniami spowodowanymi przez wilgoć, sole, węglowodany, związki tłuszczowe, kwasy organiczne i zmienną temperaturę. Związki chemiczne, które znajdują się na powierzchni zarówno podczas eksploatacji, jak i konserwacji, nawet w niewielkim stężeniu, stanowią poważne zagrożenie dla warstw podłóg wykonanych z betonów porowatych i nie najlepszej jakości.

Innym groźnym związkiem, z którym często ma się do czynienia w zakładach przemysłu mięsnego, są kwasy tłuszczowe. Reagując z wodorotlenkiem wapniowym zawartym w betonie, tworzą miękkie nierozpuszczalne mydło wapniowe. Jeżeli proces jest długotrwały, to po wyczerpaniu wodorotlenku wapnia dochodzi jeszcze do rozkładu krzemianów w kruszywie, w wyniku czego powstają znaczne ubytki w betonie.

W posadzkach garaży jedno- i wielokondygnacyjnych, oprócz wpływu wody i jej zamarzania zimą po wniknięciu w pory nawierzchni, występują zagrożenia wywołane solami, związkami tłuszczowymi węglowodorami.

Bardzo specyficzne środowisko występuje w budynkach inwentarskich. Można tutaj spodziewać się korozji elementów betonowych wywołanych gnojowicą, zawierającą między innymi amoniak, siarczany, chlorki oraz agresywny dwutlenek węgla [12]. Ponadto w pomieszczeniach związanych z produkcją mleka można spodziewać się kwasu mlekowego.

### 6.8. Zmiana koloru posadzki

Zmiana barwy nawierzchni nie jest na ogół problemem konstrukcyjnym lub użytkowym i ma znaczenie czysto estetyczne. Jest obserwowana jako jaśniejsze lub ciemniejsze plamy oraz różne odcienie szarości.

Przyczynami mogą być:

- nierówności nawierzchni, w których dłużej stoi woda przed odparowaniem,
- zbyt intensywne zacieranie fragmentów płyty,
- nierównomierne rozłożenie utwardzaczy posadzkowych,
- zastosowanie cementu z różnych dostaw, dostawa betonu z różnych betoniarni, co powoduje, że nawierzchnia ma różne ocienienie.

## 7. Wady podłoża gruntowego i podbudowy

Podłoga przemysłowa składa się szeregu wzajemnie współpracujących warstw, wśród których są podłoże gruntowe i podbudowa. Niedoskonałości jednej z nich wpływają na bezpieczeństwo całego układu.

Najczęstsze przypadki uszkodzeń podłóg, których przyczyną jest związana z gruntem, to [13]:

- niewłaściwe lub niepełne rozpoznanie podłoża – często zdarza się, że badania geotechniczne wykonywane na etapie projektowania skupiają się na miejscach występowania elementów nośnych obiektu, natomiast ogranicza się rozpoznanie pomiędzy nimi. Coraz częściej zdarza się, że obiekty są posadawiane na gruntach o słabych parametrach geotechnicznych. Projektowanie lub ocena stanu technicznego



podłogi przemysłowej wymaga wtedy precyzyjnego rozpoznania występujących warunków. Niestety takie sytuacje nie zawsze są regułą. Znane są przypadki, posadawiania fundamentów konstrukcji nośnej na palach lub kolumnach żwirowych, a płyty podłóg bezpośrednio, na niewiele wzmocnionym podłożu. Prowadzi to do znacznych osiadań płyty względem konstrukcji obiektu oraz wynikłych z tego licznych uszkodzeń i utrudnień eksploatacyjnych. Na szczęście takie sytuacje zdarzają coraz rzadziej;

- zastosowanie niewłaściwych materiałów lub przyjęcie nieodpowiedniej technologii przygotowania podbudowy pod płytę podłogi;
- procesy fizykochemiczne zachodzące w materiałach użytych do ulepszenia podłoża lub wykonania podbudowy;
- zmiana stosunków wodnych w podłożu wywołana np. przez obniżenie zwierciadła wód gruntowych, uszkodzenie systemu odwadniającego, wybudowanie przegrody spiętrzającej wody gruntowe itp.;
- wpływy geodynamiczne, np. od eksploatacji górniczej, wybuchów, wstrząsów itp.;
- obecność w podłożu (podbudowie) gruntów zapadawczych, pęczniących i wysadzinowych;
- zmiany temperatury, np. wyziębienie bądź przegrzanie pomieszczeń, co może skutkować wysadzaniem lub też przesuszeniem gruntów;
- przypadki losowe, np. powódź, zapadliska – wywołane ucieczką gruntu do płytkich wyrobisk górniczych lub studzienek, zjawiska krasowe.

Skutkiem powyższych błędów geotechnicznych może być: utrata kontaktu pomiędzy płytą a podbudową lub podłożem oraz nierównomierne osiadanie, co zwykle objawia się rysami w posadzce i pęknięciami w miejscach o największych obciążeniach. Sytuacja taka może mieć miejsce na fragmentach lub dotyczyć całej nawierzchni, co w ekstremalnych wypadkach prowadzi do wstrzymania użytkowania pomieszczeń z wadliwą posadzką.

## 8. Podsumowanie

Poprawnie wykonana podłoga przemysłowa musi zapewniać wymaganą przepisami równość, rysoodporność, długotrwałą odporność na działanie obciążeń, wpływ czynników chemicznych i mechanicznych.

Niestety, jest to najczęściej naprawiany element budowlany. Według [5] naprawy mogą stanowić nawet przeszło 70% ogółu remontów. Z tego powodu szczególną uwagę należy poświęcić na zapobieganie usterkom, co wiąże się z zachowaniem wysokiej staranności, przede wszystkim na etapie projektowania i wykonawstwa. Jakiegokolwiek naprawy muszą zostać poprzedzone zdiagnozowaniem przyczyn występowania uszkodzeń.

Ważne jest ustalenie stopnia zaistniałych uszkodzeń we wszystkich elementach podłogi, a nie tylko ograniczenie się do warstwy wierzchniej. Wady podłóg najczęściej ujawniają się właśnie w warstwach wierzchnich, czyli w posadzkach, dlatego bardzo często naprawa ogranicza się tylko do tych obszarów.

W efekcie naprawa jest nieskuteczna.

Kiedy uszkodzenie powstało na skutek błędów projektowych, wykonawczych, z powodu niewłaściwego doboru materiałów lub zmiany sposobów użytkowania, niezbędna jest naprawa wszystkich warstw podłogi, często obejmująca także podkład betonowy i podłoże gruntowe.

Wykonanie bezawaryjnej podłogi przemysłowej jest kosztowne. Jednak wszelkie uszkodzenia posadzek w funkcjonujących obiektach zmuszają do ponoszenia bardzo dużych kosztów związanych nie tylko z naprawą wadliwej nawierzchni, ale często wymagają częściowego, okresowego wyłączenia pewnych obszarów oraz prowadzą do powstawania przestoju w produkcji.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Chibowski T., Paczenie płyt betonowych na brzegach dylatacji, *Materiały budowlane*, nr 9, 2006, s. 23–24
- [2] Chmielewska B., Adamczewski G., Wady i naprawy posadzek przemysłowych utwardzonych powierzchniowo, XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna Awaryjne Budowlane, Szczecin – Międzyzdroje 21–24 maja 2013, s. 778–786
- [3] Czarnecki L., Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych, *Materiały budowlane*, nr 9, 2008, s. 20–27
- [4] Czarnecki L., Mierzwa J., Wybrane przyczyny materiałowe uszkodzeń posadzek betonowych, *Materiały budowlane*, nr 9, 2004, s. 32–34
- [5] Czarnecki L., Skwara J., Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych, *Materiały budowlane*, nr 9, 2000, s. 74–80
- [6] Cziesielski E., Schrepfer T., Schäden an Industrieböden, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1999
- [7] Hajduk P., Dylatacje podłóg przemysłowych, *Przegląd Budowlany*, nr 7–8, 2014, str. 44–49
- [8] Hajduk P., Projektowanie podłóg przemysłowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013
- [9] Hajduk P., Przyczyny powstawania rys w podłogach przemysłowych, *Przegląd Budowlany*, nr 4, 2015, s. 40–45
- [10] Kierys T., Pomiar wyboistości i spoziomowania, *Materiały budowlane*, nr 9, 2000, s. 84–85
- [11] Lohmeyer G., Eberling K., Betonböden für Produktions- und Lagerhallen: Planung, Bemessung, Ausführung, Verlag: Bud + Technik, Düsseldorf 2012
- [12] Maciejewski K., Posadzki przemysłowe w budownictwie rolniczym, *Materiały budowlane*, nr 9, 2006, s. 52
- [13] Pająk Z., Sękowski J., Sternik K., Podłogi wykonane bezpośrednio na gruncie, *Materiały budowlane*, nr 11, 2005, s. 25–27
- [14] Pająk Z., Drobiec Ł., Uszkodzenia i naprawy betonowych podkładów posadzek przemysłowych, XXIII Konferencja Warsztat pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 5–8 marca 2008, t. III, s. 1–58
- [15] Seidler P., Handbuch Industriefussböden. Planung, Ausführung, Instandhaltung, Sanierung, 3 völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage, Expertverlag 1994, 4 Auflage, Expertverlag 2001
- [16] Starosolski W., Konstrukcje żelbetowe według eurokodu 2 i norm związanych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012
- [17] Technical Report No22, Non-structural Cracks in Concrete, Fourth Edition 2010
- [18] Tejchman J., Małasiewicz A., Posadzki przemysłowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006
- [19] ACI 224.1R-07 Causes, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures
- [20] ACI 302.R-04 Guide for Concrete Floor and Slab Construction
- [21] PN-EN-13816:2003 Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Materiały, właściwości i wymagania