

Anna Sokalska*

NOWE PODEJŚCIE NORM EN DO WYBRANYCH ZAGADNIEŃ OCHRONY POWIERZCHNIOWEJ BETONU

Nowe przepisy dotyczące ochrony powierzchniowej betonu wynikają z dostosowania ich do norm europejskich. Zmiany objęły między innymi klasyfikację agresywnych chemicznie środowisk oraz szkodliwych oddziaływań na beton, definicje i określenia, wymagania techniczne oraz zasady i metody ochrony. W artykule przedstawiono ważniejsze aspekty nowego podejścia do wybranych zagadnień ochrony powierzchniowej betonu.

1. Wprowadzenie

Ochrona powierzchniowa konstrukcji z betonu jest od wielu lat stosowana w naszej praktyce budowlanej. Jej celem jest zwiększenie odporności zabezpieczanych elementów na działanie szkodliwych czynników, zwłaszcza agresywnych substancji chemicznych.

Zasady stosowania ochrony powierzchniowej betonu zostały opracowane wiele lat temu i były ciągle doskonalone. Ujęte w Polskich Normach i Instrukcjach ITB, prezentowały pewną ideę, której podstawą była klasyfikacja środowisk chemicznych pod względem ich agresywnego oddziaływania na beton i żelbet. Stopień agresywności środowiska działającego na beton wyznaczał rodzaj ochrony powierzchniowej, a także wpływał na dobór wyrobów, z których zabezpieczenia powierzchniowe były wykonywane.

Dostosowanie do przepisów norm europejskich polegało na wprowadzeniu szeregu zmian do dotychczasowych zasad ochrony powierzchniowej betonu. Ze spisu norm polskich wycofana została norma dotycząca klasyfikacji agresywnych środowisk chemicznych względem betonu. Straciły aktualność instrukcje ITB dotyczące niektórych rodzajów zabezpieczeń powierzchniowych i stawianych im wymagań technicznych.

Normy europejskie z serii EN 1504 wprowadzają nowe podejście do ochrony powierzchniowej betonu, zwłaszcza w zakresie klasyfikacji środowisk agresywnych, szkodliwych oddziaływań oraz metod i zasad ochrony powierzchniowej [1–5].

* dr inż. – Zakład Trwałości i Ochrony Budowli ITB

2. Klasyfikacja środowisk agresywnych i szkodliwych oddziaływań według norm europejskich

Wymagania i postanowienia dotyczące ochrony powierzchniowej [1] są powiązane z postanowieniami normy betonowej [6] dotyczącymi klasyfikacji oddziaływania środowisk chemicznych i czynników atmosferycznych.

Oddziaływania środowiska zostały zdefiniowane jako takie oddziaływania chemiczne i fizyczne, które wpływają na beton lub zbrojenie, albo na inne obecne w betonie elementy metalowe, ale które nie zostały uwzględnione jako obciążenia w projekcie konstrukcyjnym.

Niszczenie konstrukcji z betonu spowodowane przez różne procesy zachodzące pojedynczo lub w połączeniu, odbywa się zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz obiektów. Od zewnątrz konstrukcje z betonu są narażone głównie na działanie czynników atmosferycznych i gruntów.

Wewnątrz obiektów i w niektórych przypadkach na zewnątrz elementy konstrukcji z betonu mogą podlegać działaniu agresywnych środowisk chemicznych jedynie w obiektach budownictwa przemysłowego, spożywczego lub pokrewnych, gdzie w trakcie eksploatacji używa się substancji chemicznych.

Na konstrukcje lub elementy konstrukcji użytkowane w warunkach atmosferycznych i w gruntach działają rozmaite czynniki niszczące, które zostały pogrupowane i sklasyfikowane [6].

Normowa klasyfikacja agresywnego oddziaływania [6] w postaci klas ekspozycji betonu dotyczy jedynie działania czynników atmosferycznych, gruntów, wody morskiej oraz środków odładzających i obejmuje:

- oddziaływanie chemiczne naturalnych gruntów i wód gruntowych wywołane zawartymi w nich solami nieorganicznymi – symbol XA,
- oddziaływanie jonów chlorkowych pochodzących z wody morskiej – symbol XS,
- oddziaływanie jonów chlorkowych nie pochodzących z wody morskiej – symbol XD,
- oddziaływanie zamrażania/odmrażania bez środków odładzających albo z tymi środkami – symbol XF,
- oddziaływanie CO₂ z powietrza powodujące karbonatyzację otuliny betonowej zbrojenia – symbol XC.

Obiekty budownictwa przemysłowego, spożywczego i pokrewnych są narażone na oddziaływania związków chemicznych pochodzących z produkcji przemysłowych, takich jak roztwory kwasów nieorganicznych i organicznych, wodorotlenków, rozpuszczalników organicznych, związków ropopochodnych i innych.

Tego rodzaju oddziaływania chemiczne nie zostały sklasyfikowane w normach europejskich, natomiast pewne grupy substancji chemicznych są zakwalifikowane jako substancje o silnej agresji chemicznej [2]. Substancji tych [7] używa się do badań odporności chemicznej wyrobów przeznaczonych do ochrony powierzchniowej betonu.

Substancje o silnej agresji chemicznej są scharakteryzowane przez grupy ciekłych substancji reprezentujących całą klasę substancji podobnie działających [7].

Wykaz chemicznych substancji o silnej agresji [7], względem których należy określać odporność chemiczną zabezpieczeń powierzchniowych betonu, obejmuje: benzynę, paliwa lotnicze, oleje, węglowodory, benzen i mieszaniny zawierające benzen, ropę

naftową, alkohole i polialkohole, etery glikolowe, halogenopochodne węglowodorów alifatycznych i aromatycznych, organiczne estry i ketony, roztwory wodne kwasów organicznych o stężeniu do 10% (z wyjątkiem kwasu mrówkowego), ich sole (w roztworze wodnym), kwasy nieorganiczne o stężeniu do 20% i hydrolizujące sole o odczynie kwaśnym w roztworze wodnym ($\text{pH} > 6$), z wyjątkiem kwasu fluorowodorowego i kwasów utleniających oraz ich soli, zasady nieorganiczne i ich hydrolizujące sole o odczynie zasadowym w roztworze wodnym ($\text{pH} > 8$) z wyjątkiem roztworów soli amonowych i roztworów soli utleniających, roztwory nieorganicznych soli nieutleniających, aminy i ich sole, roztwory wodne środków powierzchniowo czynnych, etery.

Do badań odporności chemicznej wyrobów przeznaczonych do ochrony powierzchniowej betonu mogą być stosowane inne substancje chemiczne – po uzgodnieniu między zainteresowanymi stronami.

Z podanego wyszczególnienia wynika, że normy europejskie wprowadzają klasyfikację oddziaływania na beton czynników atmosferycznych i substancji chemicznych powszechnie występujących w powietrzu (CO_2 , Cl^-), w gruntach i wodzie gruntowej (sole siarczanowe, magnezowe, amonowe, CO_2 agresywny, kwasowość), w wodzie morskiej (Cl^-), w środkach odladzających (Cl^-).

Konstrukcje z betonu użytkowane w warunkach atmosferycznych, posadowione w gruntach, usytuowane w strefach nadmorskich lub podlegające działaniu środków odladzających są zawsze narażone na jedno lub kilka szkodliwych oddziaływań [6].

Mechanizm niszczenia betonu pod wpływem szkodliwych oddziaływań występujących w danej klasie ekspozycji betonu stanowi podstawową przesłankę, niezbędną do podjęcia decyzji o zastosowaniu odpowiedniej metody ochrony powierzchniowej betonu.

W przypadku obiektów lub elementów obiektów narażonych na silną agresję chemiczną, poza ustaleniem klasy ekspozycji betonu [6] wymagana jest za każdym razem indywidualna analiza i ocena rodzajów, sposobów i skutków działania silnie agresywnych substancji chemicznych. Decyzja o doborze właściwej metody ochrony powierzchniowej należy do projektanta. Decyzja ta powinna się opierać na dogłębnej analizie szkodliwych oddziaływań, mechanizmu niszczenia betonu, wymagań, jakie powinny spełniać wyroby przeznaczone do ochrony, i ewentualnych innych danych dotyczących konstrukcji, niezbędnych w konkretnym przypadku.

3. Metody ochrony powierzchniowej betonu według norm europejskich

Ochrona powierzchniowa betonu została określona jako zwiększenie odporności konstrukcji z betonu na działanie szkodliwych czynników i środowisk agresywnych [1].

Do ochrony powierzchniowej stosuje się **wyroby i systemy ochrony powierzchniowej**, poprawiające trwałość konstrukcji betonowych i żelbetowych. W skład systemu wchodzi co najmniej dwa wyroby stosowane na powierzchni betonowej, razem lub kolejno [1, 2].

Wyróżnia się trzy metody ochrony powierzchniowej betonu [2]:

- impregnację hydrofobizującą,
- impregnację,
- powłoki.

Impregnacja hydrofobizująca jest to obróbka betonu nadająca jego powierzchni zdolność odpychania wody. Pory i kapilary nie zostają wypełnione, a jedynie na ich ściankach adsorbuje się wyrób hydrofobizujący. Na powierzchni betonu nie powstaje ciągła warstewka, a jego wygląd pozostaje niezmieniony lub zmieniony w niewielkim stopniu.

Impregnacja jest to obróbka betonu zmniejszająca jego powierzchniową porowatość i wzmacniająca powierzchnię. Pory i kapilary zostają częściowo lub całkowicie wypełnione wyrobem impregnacyjnym lub produktami reakcji. Impregnacja może prowadzić do wytworzenia nieciągłej, cienkiej warstwy na powierzchni betonu.

Powłoka jest uzyskiwana w wyniku utworzenia ciągłej warstwy ochronnej na powierzchni betonu. Grubość powłoki wynosi zazwyczaj od 0,1 mm do 5,0 mm. W szczególnych przypadkach może się okazać konieczna grubość większa niż 5 mm.

W asortymencie powłok wyróżnia się:

- aktywne powłoki do betonu wytworzone na betonie, zawierające substancje aktywne chemicznie, które reagują ze zhydratyzowanym zaczynem cementowym, w wyniku czego następuje zmniejszenie rozmiarów przypowierzchniowych porów dzięki wytrącaniu się w nich krystalicznych produktów;
- barierowe powłoki do betonu wytworzone na powierzchni betonu, stanowiące filtr zmniejszający penetrację do betonu pary wodnej, wody, dwutlenku węgla, jonów chlorowych itd.

Wyroby i systemy stosowane do scharakteryzowanych wyżej metod ochrony powinny wykazywać właściwości użytkowe spełniające odpowiednie wymagania [2].

Właściwości użytkowe wyrobów i systemów ochrony powierzchniowej betonu obejmują:

- **właściwości barierowe**: przepuszczalność pary wodnej, przepuszczalność wody, dyfuzję jonów chlorkowych, przepuszczalność CO₂,
- **odporność mechaniczną**: skurcz liniowy, odporność na ścieranie, odporność na uderzenia, przyczepność do betonu, mostkowanie rys, odporność na poślizg,
- **odporność na czynniki atmosferyczne** i środki odladzające: kompatybilności cieplne w zastosowaniach zewnętrznych, sztuczne starzenie,
- **odporność chemiczną** na działanie substancji chemicznych o nieznacznej agresji,
- **odporność na silną agresję** chemiczną,
- **właściwości specjalne**: rozszerzalność cieplną, reakcję na ogień, właściwości antystatyczne.

Podstawowe właściwości użytkowe wyrobów i systemów do ochrony powierzchniowej są wymagane w przypadku wszystkich zamierzonych zastosowań, pozostałe ograniczają się do niektórych zamierzonych zastosowań [2].

Norma wyszczególnia 25 wymaganych właściwości użytkowych, w tym 10 wymaganych w przypadku wszystkich zamierzonych zastosowań.

W tabelicy 1 zestawiono właściwości użytkowe wyrobów i systemów wymagane przy wszystkich zastosowaniach.

Właściwości użytkowe wyrobów i systemów w przypadku niektórych zamierzonych zastosowań dobierane są zgodnie z zasadami ochrony powierzchniowej betonu.

Tablica 1. Właściwości użytkowe wyrobów i systemów ochrony powierzchniowej wymagane przy wszystkich zastosowaniach [2, 5]

Table 1. Performance characteristics of products and systems for all applications [2, 5]

Właściwość użytkowa	Impregnacja hydrofobizująca	Impregnacja	Powłoka
Głębokość wnikania	●	●	–
Nasiąkliwość wodą i odporność na alkalia	●	–	–
Szybkość wysychania	●	–	–
Absorpcja kapilarna i przepuszczalność wody	–	●	●
Przepuszczalność pary wodnej	–	–	●
Przepuszczalność CO ₂	–	–	●
Przyczepność przy odrywaniu	–	●	●
Odporność na ścieranie	–	●	●
Odporność na uderzenia	–	●	●
Odporność na silną agresję chemiczną	–	–	●

4. Zasady ochrony powierzchniowej betonu według norm europejskich

Zasady ochrony powierzchniowej betonu według wymagań norm europejskich [5] są oparte na chemicznych lub fizycznych prawach, które pozwalają na zabezpieczenie lub stabilizację niszczących procesów chemicznych lub fizycznych przebiegających w betonie lub procesów elektrochemicznych zachodzących na powierzchni stali zbrojeniowej.

Ochrona powierzchniowa betonu przeciwdziała niszczącym procesom poprzez zmniejszenie oddziaływań środowiska zewnętrznego, stabilizację niektórych parametrów betonu, uodpornienie jego powierzchni. Uzyskuje się to różnymi metodami ochrony opisanymi wyżej. Dana zasada ochrony może być zrealizowana kilkoma metodami, jak przedstawiono poniżej.

W zależności od mechanizmów niszczenia wyróżnia się następujące zasady ochrony:

Zasada 1 – ochrona przed wnikaniem do betonu niepożądanych substancji, polegająca na zmniejszeniu wnikania lub zabezpieczeniu przed wnikaniem na przykład wody, innych cieczy, pary wodnej, gazów, innych substancji chemicznych.

Zasada 1 może być realizowana następującymi metodami ochrony:

- metodą impregnacji,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu powłokami.

Zasada 2 – kontrola wilgoci w betonie, stosowana w celu przeciwdziałania uszkodzeniom betonu zachodzącym w wyniku zbyt szybkiego wysychania lub naprzemiennego nawilżania i wysychania; istotna jest możliwość regulacji i utrzymania zawartości wilgoci

w betonie w ustalonym zakresie wartości, na przykład w celu zapobiegania przemarzaniu, krystalizacji, przebiegu szkodliwych reakcji pomiędzy składnikami betonu.

Zasada 2 może być realizowana następującymi metodami ochrony:

- metodą impregnacji hydrofobizującej,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu powłokami.

Zasada 5 – odporność fizyczna, czyli ochrona polegająca na zwiększeniu odporności powierzchni betonu na oddziaływania fizyczne, w tym na uszkodzenia mechaniczne.

Zasada 5 jest realizowana następującymi metodami ochrony:

- metodą impregnacji,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu powłokami,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu wyprawami, polegającą na zastosowaniu wyrobów o konsystencji plastycznej nakładanych na powierzchnię technikami murarskimi lub przez natrysk.

Zasada 6 – odporność na chemikalia, polegająca na zwiększeniu odporności powierzchni betonu na uszkodzenia wywołane działaniem substancji chemicznych.

Zasada 6 jest realizowana następującymi metodami ochrony:

- metodą impregnacji,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu powłokami,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu wyprawami, polegającą na zastosowaniu wyrobów o konsystencji plastycznej nakładanych na powierzchnię technikami murarskimi lub przez natrysk.

Zasada 8 – podwyższenie oporności betonu, polegająca na zwiększeniu elektrycznego oporu właściwego betonu w celu ochrony stali zbrojeniowej przed korozją, co uzyskuje się poprzez ograniczenie zawartości wilgoci w betonowej otulinie zbrojenia.

Zasada 8 jest realizowana następującymi metodami:

- metodą impregnacji hydrofobizującej,
- metodą zabezpieczania powierzchni betonu powłokami.

Właściwości użytkowe w przypadku niektórych zamierzonych zastosowań są dobrane w zależności od rozpoznanego mechanizmu niszczenia betonu i w odniesieniu do odpowiedniej zasady ochrony.

Przykładowe zestawienie tych właściwości, dotyczące dwóch wybranych zasad ochrony: przed wnikaniem i odporności chemicznej, podano w tablicy 2.

5. Podsumowanie

Z przedstawionej analizy wybranych wymagań i postanowień norm europejskich wynika, że istotą właściwego doboru wyrobów i systemów do ochrony powierzchniowej betonu powinno być dogłębne rozpoznanie szkodliwych oddziaływań i mechanizmów niszczenia betonu, które te oddziaływania wywołują.

Trzeba dokładnie określić warunki użytkowania i agresywność chemiczną środowiska, jeżeli będzie ona występowała.

Po rozpoznaniu mechanizmu niszczenia betonu należy przyjąć właściwą zasadę ochrony, odpowiednią metodę ochrony i dobrać niezbędne do realizacji ochrony właściwości użytkowe wyrobów i systemów. Właściwości użytkowe powinny obejmować

właściwości wymagane w przypadku wszystkich zastosowań (tabl. 1) oraz właściwości dodatkowe, charakterystyczne dla zamierzonego stosowania (tabl. 2).

Tablica 2. Właściwości użytkowe dotyczące zamierzonych zastosowań odpowiednich dla dwóch wybranych zasad ochrony [2, 5]

Table 2. Performance characteristics of products and systems for certain intended uses for two chosen principles of protection [2, 5]

Właściwość użytkowa	Zasada 1 – ochrona przed wnikaniem			Zasada 6 – odporność chemiczna
	impregnacja hydrofob.	impregnacja	powłoka	powłoka
Wytrzymałość na ściskanie	–	–	–	●
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	–	–	●	●
Kompatybilność cieplna	–	●	●	●
Odporność na szok termiczny	–	–	●	●
Odporność chemiczna	–	●	●	–
Skurcz liniowy	–	–	●	●
Odporność betonu po impregnacji hydrofobizującej*	●	–	–	–
Odporność na poślizg	–	●	●	●
Zachowanie po sztucznym starzeniu	–	–	●	●
Dyfuzja jonów chlorkowych	●	●	●	–
Przyczepność do wilgotnego betonu	–	–	●	●
Właściwości antystatyczne	–	–	●	●
Zdolność mostkowania rys	–	–	●	●
Klasyfikacja ogniowa	–	●	●	●

* Na działanie zamrażania/rozmarzania w obecności soli.

Wykaz norm

- [1] PN-EN 1504-1:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 1: Definicje
- [2] PN-EN 1504-2:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu

- [3] PN-EN 15048:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 8: Kontrola jakości i ocena zgodności
- [4] ENV 1504-9 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 9: Podstawowe zasady stosowania wyrobów i systemów
- [5] PN-EN 1504-10:2005/AC:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 10: Stosowanie wyrobów i systemów oraz kontrola jakości prac
- [6] PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [7] PN-EN 13529 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Odporność na silną agresję chemiczną

NEW APPROACH OF EUROPEAN STANDARDS TO PROBLEMS OF CONCRETE SURFACE PROTECTION

Summary

New requirements in the field of surface protection of concrete result from adaptation of Polish regulations to European Union standards. Among others the changes include: corrosive mediums classification and their influence on concrete, definitions and terms, technical requirements as well as the rules and methods of concrete protection. Paper presents the main aspects of new approach for chosen problems of concrete surface protection.

Praca wpłynęła do Redakcji 24 VI 2008