

dr inż. Barbara Francke¹⁾

ORCID: 0000-0001-9525-5468

Wpływ czynników środowiskowych na wybrane właściwości grubowarstwowych asfaltowych powłok modyfikowanych polimerami

Influence of environmental factors on selected properties of polymer modified bituminous thick coatings

DOI: 10.15199/33.2022.03.02

Streszczenie. W artykule przeanalizowano wpływ agresywnego działania wód gruntowych na wybrane właściwości warstw hydroizolacyjnych wykonywanych z grubowarstwowych powłok polimerowo-asfaltowych, ze szczególnym uwzględnieniem nasiąkliwości tych powłok. Oceniono również, jak zmienia się odczyn pH wody w kontakcie z grubowarstwowymi powłokami asfaltowo-polimerowymi. Analizy te uzupełniono wnioskami, publikowanymi wcześniej w literaturze technicznej, dotyczącymi wpływu podwyższonej nasiąkliwości tych powłok na zachowanie funkcji wodoszczelności oraz podatności powłok na zawilgocenie w efekcie działania wody o różnym pH. W badaniach wykorzystano m.in. metodę badawczą ujętą w normach PN-EN oraz metody własne.

Słowa kluczowe: hydroizolacje części podziemnych budynków; grubowarstwowe powłoki asfaltowo-polimerowe; nasiąkliwość powłok w warunkach użytkowych.

Abstract. The manuscript analyzes the impact of the aggressive action of groundwater on selected properties of waterproofing layers made of polymer modified bituminous thick coatings, with particular emphasis on the water absorption of these coatings. It was also assessed how the pH of water changes in contact with polymer modified bituminous thick coatings. The analyzes were supplemented with conclusions previously published in the technical literature, regarding the impact of increased water absorption of the above-mentioned coatings to maintain the watertightness function and the susceptibility of such coatings to moisture as a result of the action of water with different pH. The research used, inter alia, research methodology included in PN-EN standards, supplemented with tests performed using own methods.

Keywords: underground waterproofing; polymer modified bituminous thick coatings; water absorption of coatings under service conditions.

Większość procesów niszczących obiekty budowlane zachodzi w obecności wody i wilgoci, w związku z tym budynki powinny być zabezpieczone przed jej negatywnym wpływem [1, 2]. Zastosowanie takiej ochrony pozwala na zagwarantowanie komfortu użytkowania pomieszczeń wewnątrz obiektów, co w przypadku budynków pośrednio oddziałuje na zdrowie i życie mieszkańców. Części podziemne budynków narażone są na stałe działanie wody i wilgoci zgromadzonej w otaczającym gruncie oraz na działanie ciśnienia gruntu. Wartość łącznego ciśnienia wody i gruntu jest mniejsza w przypadku gruntów suchych i przepuszczalnych, a zwiększa się w przypadku gruntów spoistych. Uwzględniając wymienione oddziaływania, niezbędne jest wykonanie zabezpieczeń wodochronnych również w tych częściach budynków, aby oddzielić je w sposób ciągły i szczelny od wpływu wody lub pary wodnej. Do wykonywania takich izolacji stosowane są zarówno wyroby rolowe, jak i powłokowe [2, 3, 4, 5, 6], w tym grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami [2, 3, 7, 8, 9, 10, 11]. Są to wyroby jedno- lub dwuskładnikowe, których podstawowym komponentem jest emulsja asfaltowa. Mają postać pasty nadającej się do szpachlowania

lub natryskiwania. Niezależnie od tego, czy stosowany jest materiał jedno- czy dwuskładnikowy, jest on fabrycznie przygotowaną mieszaniną składającą się z asfaltów w postaci emulsji anionowej lub kationowej, tworzywnych sztucznych oraz wypełniaczy. Mieszanina ta może zawierać także dodatek włókien. Jako wypełniacze stosuje się m.in. granulaty styropianowy, granulaty gumowy lub wypełniacze mineralne. Drugi składnik w produktach dwuskładnikowych jest najczęściej proszkiem – zawiera cement, np. cement glinowy, oraz sproszkowane substancje silnie higroskopijne. Twardnienie odbywa się na drodze fizycznej w wyniku wyschnięcia – odparowania wody, przy czym w produktach dwuskładnikowych schnięcie jest przyspieszone dzięki wiązaniu nadmiaru wody przez drugi składnik, którego jednak nie należy traktować jako utwardzacza chemicznego. Właściwości użytkowe grubowarstwowych powłok asfaltowych modyfikowanych polimerami ujęte są w PN-EN 15814 [7]. Po zakończeniu procesu aplikacji powłoki powinny dobrze przylegać do podłoża, być szczelne i mieć odpowiednią grubość, co zapewni ochronę przed wodą w warunkach gruntowo-wodnych.

Pierwsze grubowarstwowe powłoki asfaltowe wyprodukowano w Niemczech i dość szybko przyjęły się w całej Europie. W wielu krajach na określenie tych materiałów używa się skrótu KMB (skrót z języka niemieckiego od kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen). Powłoki wy-

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej; Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych; b.francke@itb.pl

konywane z tych mas mają grubość powyżej 3 mm i charakteryzują się m.in. kilkoma nietypowymi właściwościami, do których należą podatność na nasiąkanie wodą i znaczna plastyczność/podatność na odkształcenia pod wpływem działania obciążeń użytkowych, co w ekstremalnym przypadku może doprowadzić do przzerwania ciągłości warstwy. Z tego powodu powłoki KMB wymagają dodatkowego powierzchniowego zabezpieczenia przed zasypaniem ich gruntem. Jako warstwy ochronne można stosować płyty izolacyjne i drenażowe, np. folie kubelkowe (moletowane). Ściślność grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych oceniana jest zgodnie z normą PN-EN 15815:2011 [12]. Niestety potrzeba oceny nasiąkliwości nie została uwzględniona w normie PN-EN 15814 [7], pomimo że istnieją przypadki, gdy dochodzi ona nawet do kilkudziesięciu procent wagowych. W takiej sytuacji istotna jest odpowiedź na pytanie, czy woda wchłonięta przez powłokę zamykana jest w obrębie jej struktury, jak ma to miejsce w przypadku pęczniejących wyrobów hydroizolacyjnych typu bentonity, czy też przekazywana dalej na podłoże, na które jest naniesiona. Problem ten wyjaśniono podczas pierwszego etapu prac [13], których wyniki zostały zamieszczone również w [8]. Stwierdzono, że **wilgoć zamknięta w obrębie powłoki hydroizolacyjnej nie powoduje zawilgocenia podłoża, nawet w przypadku działania na powłokę znacznego ciśnienia wody, dochodzącego do 0,5 MPa.**

W artykule przedstawiono wyniki kolejnych prac badawczych [14], które miały na celu ocenę tendencji do pochłaniania wilgoci przez grubowarstwowe powłoki asfaltowo-polimerowe, w kontakcie z wybranymi roztworami wodnymi występującymi w warunkach gruntowo-wodnych.

Kolejnym istotnym problemem sygnalizowanym w wielu publikacjach technicznych jest **zjawisko wypłukiwania z warstw hydroizolacyjnych różnych substancji chemicznych przez otaczające je wody gruntowe**, co przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska w warstwach gruntowych [16]. W związku z tym w Instytucie Techniki Budowlanej podjęto wstępną próbę oceny tego zjawiska w odniesieniu do grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych [13, 14].

Cel badań

Celem badań omówionych w artykule było ustalenie, jak zmienia się nasiąkliwość grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych narażonych na działanie zanieczyszczeń chemicznych występujących w wodach gruntowych i jaka jest tendencja tych zmian. Dodatkowo określono, jak zmienia się pH wód gruntowych w kontakcie z warstwami hydroizolacyjnymi wykonanymi z badanych wyrobów. Jako reprezentatywną w warunkach gruntowo-wodnych przyjęto wodę o pH 4, zgodnie z normą EN 206 [15]. W badaniach zastosowano dwa różne warianty próbek, a mianowicie: powłoki bez dodatkowego zabezpieczenia ciętych krawędzi oraz z krawędziami dodatkowo zabezpieczonymi warstwą wosku. Badania realizowano własnymi metodami badawczymi. W ramach dodatkowych analiz, w artykule rozszerzono wnioski o porównanie otrzymanych wyników badań z wartościami z pierwszego etapu prac [8, 13], dotyczącymi:

- podatności powłok na zawilgocenie w efekcie działania wody o różnych odczynach pH oraz ich wpływu na zmianę pH wód gruntowych;

- wpływu nasiąkliwości grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych na wodoszczelność zastosowanych rozwiązań hydroizolacyjnych.

Materiały do badań

Typując próbki do badań, wzięto pod uwagę, że wyroby te produkowane są zarówno w wersjach jedno-, jak i dwuskładnikowych, a składnik płynny może zawierać zarówno wypełniacz gruboziarnisty, o wielkości ziarna dochodzącej do 1 mm, jak i wypełniacz drobnoziarnisty. Po wstępnych badaniach przesiewowych **do dalszej oceny wytypowano trzy wyroby dwuskładnikowe i jeden jednoskładnikowy.** W obu grupach wybrano po jednym przedstawicielu z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym, o wielkości ziarna rzędu 1 mm, często stosowanym w wyrobach dwuskładnikowych oraz jednoskładnikowych. Dwie pozostałe próbki to wyroby dwuskładnikowe z wypełniaczem o tradycyjnym uziarnieniu, tzn. ok. 0,075 mm. Wyroby wytypowane do badań charakteryzują się następującymi właściwościami:

- **próbka nr I** – dwuskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa uszczelniająca na bazie asfaltu, tworzyw sztucznych i wypełniaczy, z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym, o zawartości składników nielotnych rzędu 67%, zawartości wody w składniku płynnym rzędu 30%, gęstości nasypowej składnika sypkiego (1,10 – 1,35) g/cm³, gęstości objętościowej składnika płynnego (0,6 – 0,75) g/cm³, o wodoszczelności w klasie W2B (czyli przy ciśnieniu 0,075 N/mm² w czasie 72 h), przy braku spływności z powierzchni pionowej w temperaturze 70°C w czasie 2 h;

- **próbka nr II** – jednoskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa hydroizolacyjna z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym, o zawartości substancji mineralnych 19,6%, zawartości wody ok. 30%, wodoszczelności w klasie W2A (czyli przy ciśnieniu 0,075 N/mm² w czasie 72 h – w badaniu z wkładką zbrojącą), zdolności do mostkowania rys w klasie CB2 (tzn. przy braku uszkodzeń przy szerokości rysy ≥ 2 mm) i wytrzymałości na ściskanie w klasie C2A (czyli 0,30 MN/m² – w badaniu z wkładką zbrojącą);

- **próbka nr III** – dwuskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa hydroizolacyjna o wodoszczelności w klasie W2A, zdolności do mostkowania rys w klasie CB2 i wytrzymałości na ściskanie w klasie C2A;

- **próbka nr IV** – dwuskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa hydroizolacyjna o zawartości niezemulgowanego asfaltu 1,47%, zawartości wody w składniku płynnym rzędu 37%, wodoszczelności w klasie W2A, zdolności do mostkowania rys w klasie CB2 i wytrzymałości na ściskanie w klasie C2A.

Uzupełniające zestawienie podstawowych właściwości użytkowych badanych wyrobów podano w tabeli 1. Powłoki wykonano zgodnie z instrukcją producentów. Dwie pierwsze próbki, z gruboziarnistym wypełniaczem, mają grubość większą od próbek III i IV, co jest związane z wymiarem ziaren wy-

Tabela 1. Charakterystyka podstawowych właściwości badanych wyrobów

Table 1. Characteristics of the basic properties of the tested products

Nr próbki badawczej	Rodzaj wyrobu	Gęstość mieszan-ki/skład-nika ^{*)} [g/cm ³]	Odczyn pH skład-nika płynnego	Proporcja miesz-ania skład-ników (emulsja bitumiczna: składnik sypki)	Średnia grubość powłoki [mm]
I	dwuskładnikowa masa asfaltowo-polimerowa	1,0	8,64	5 : 1	4,5
II	jednoskładnikowa masa asfaltowo-polimerowa	0,75	7,50	–	4,6
III	dwuskładnikowa masa asfaltowo-polimerowa	1,07	9,62	3 : 1	3,6
IV	dwuskładnikowa masa asfaltowo-polimerowa	1,15	9,52	3 : 1	3,7

*) dotyczy wyrobu jednoskładnikowego

pełniacza. Wszystkie próbki do badań wykonano w formie powłok bez dodatkowego wzmocnienia wewnętrznymi wkładkami zbrojącymi.

Metody i wyniki badań

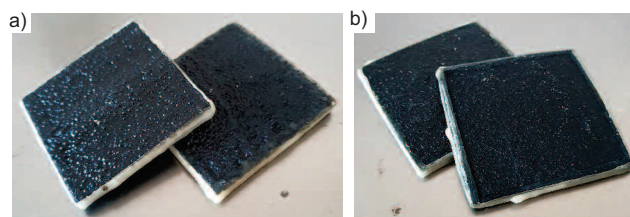
Badanie wpływu agresywnych wód gruntowych na nasiąkliwość grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych miało na celu ustalenie, jak kształtuje się ich wodochłonność w efekcie takich oddziaływań. Omawiane zjawisko symulowano w laboratorium, stosując 4 roztwory wodne zgodnie z normą PN-EN 206 [15] o składzie odpowiadającym środowisku agresywnemu XA3 [14], tzn.:

- wodę o pH 4;
- wodny roztwór zawierający jony SO_4^{2-} (ok. 6000 mg/l);
- wodny roztwór zawierający jony NH_4^+ (ok. 100 mg/l);
- wodny roztwór zawierający jony Mg^{2+} (roztwór nasycony).

Do zakwaszenia wody w celu uzyskania odczynu pH 4 zastosowano kwas azotowy (HNO_3), a do uzyskania pozostałych wodnych roztworów odpowiednio:

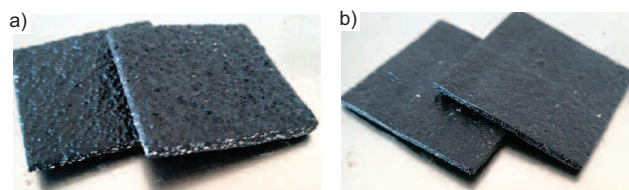
- bezwodny siarczan sodu (Na_2SO_4) do uzyskania wodnego roztworu zawierającego jony SO_4^{2-} ;
- sześciowodny chlorek magnezu ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) do uzyskania wodnego roztworu zawierającego jony Mg^{2+} ;
- chlorek amonu (NH_4Cl) – do uzyskania wodnego roztworu zawierającego jony NH_4^+ .

Próbki do badań wycinano z powłok oznaczonych w tabeli 1 symbolami od I do IV. Powłoki wykonywano zgodnie z instrukcją producenta na papierze silikonowanym, a następnie sezonowano przez 28 dni w temperaturze $23 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $50 \pm 5\%$. Po zakończeniu sezonowania zdejmowano je z podłoża i z każdej wycinano osiem serii próbek w kształcie kwadratu o boku $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ i grubości równej grubości wyrobu, po 5 sztuk w każdej serii. Cięte krawędzie pierwszych czterech serii próbek wszystkich badanych wyrobów zabezpieczono przez przesmarowanie płynnym woskiem (fotografia 1). W pozostałych czterech seriach krawędzie próbek pozostawiono bez dodatkowego zabezpieczenia powierzchniowego (fotografia 2).



Fot. 1. Przykłady próbek grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych do badania nasiąkliwości, z ciętymi krawędziami zabezpieczonymi woskiem: a) powłoki z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym; b) powłoki z wypełniaczem drobnoziarnistym

Photo 1. Examples of samples of polymer modified asphalt thick coatings for water absorption testing, with cut edges secured with wax: a) coatings with filler made of coarse-grained polystyrene; b) coatings with fine filler



Fot. 2. Przykłady próbek grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych do badania nasiąkliwości, bez zabezpieczenia ciętych krawędzi: a) powłoki z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym; b) powłoki z wypełniaczem drobnoziarnistym

Photo 2. Examples of samples of polymer modified asphalt thick coatings for water absorption testing, without cut edges secured: a) coatings with filler made of coarse-grained polystyrene; b) coatings with fine filler

Tak przygotowane próbki do badań sezonowano w temperaturze $23 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $50 \pm 5\%$ przez co najmniej 48 h. Następnie próbki ważono z dokładnością do 0,001 g i umieszczano w wodnych roztworach znajdujących się w pojemnikach o pojemności min. 2,5 l z pokrywami zamykającymi. Powierzchnia podstawy każdego pojemnika umożliwiała ułożenie pięciu próbek, każda o wymiarach $50 \times 50 \text{ mm}$, tak by były całkowicie zanurzone w wodzie i nie stykały się ze sobą oraz ze ściankami naczynia. Próbki poddawano działaniu każdego roztworu w temperaturze $23 \pm 2^\circ\text{C}$ przez $24 \pm 1 \text{ h}$. Po tym czasie wyjmowano je z roztworu, osuszano obustronnie bibułą filtracyjną, w ciągu max. 1 min, ważono z dokładnością do 0,001 g i obliczano nasiąkliwość każdej próbki w procentach wagowych. Wynik stanowiła średnia arytmetyczna z pięciu oznaczeń.

Badanie zmiany odczynu pH wody miało na celu określenie, czy z wysezonowanej powłoki asfaltowo-polimerowej wypłukiwane są substancje chemiczne, mogące przyczyniać się do zanieczyszczenia wód gruntowych. Odczyn pH wody określano dwukrotnie zgodnie z PN-EN 12850 [17], tzn. – pierwszy raz przed włożeniem próbek do wody, aby potwierdzić odczyn wyjściowy, natomiast drugi raz po wyjęciu próbek po 24 h ich zanurzenia w wodzie.

W tabeli 2 przedstawiono **wyniki badania nasiąkliwości próbek grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych** oznaczonych numerami od I do IV, poddanych zanurzeniu przez 24 h odpowiednio w czterech roztworach, odpowiadających środowisku agresywnemu XA3. W tabeli 3 podano dodatkowo wartości współczynników zmienności uzyskanych wyników badań, a w tabeli 4 badania zmiany pH wody po skończonym nasyceniu próbek.

Tabela 2. Wyniki badania nasiąkliwości grubowarstwowych powłok asfaltowych modyfikowanych polimerami w roztworach wodnych o składzie odpowiadającym środowisku agresywnemu XA3, przyjętym do oceny działania wód gruntowych

Table 2. Results of water absorption tests of polymer modified asphalt thick coatings in water solutions with a composition corresponding to the XA3 aggressive environment, adopted for the assessment of the action of groundwater

Nr próbki badawczej	Sposób zabezpieczenia krawędzi	Nasiąkliwość próbek po działaniu następujących roztworów wodnych [% m/m]			
		woda o pH 4	jony SO_4^{2-} w ilości 6000 mg/l	jony NH_4^+ w ilości 100 mg/l	jony Mg^{2+} w ilości 3000 mg/l
I	-	4,80	1,86	1,49	1,08
	+	3,34	1,12	0,90	0,61
II	-	1,20	4,72	3,28	2,04
	+	0,42	3,15	2,55	1,64
III	-	8,19	6,15	5,18	2,65
	+	6,20	5,49	4,62	2,00
IV	-	8,16	3,81	4,02	1,48
	+	6,73	2,95	3,27	1,13

Oznaczenia: - próbki bez zabezpieczonych krawędzi; + próbki z krawędziami zabezpieczonymi woskiem

Tabela 3. Ocena statystyczna wyników badania nasiąkliwości grubowarstwowych powłok asfaltowych modyfikowanych polimerami w wodnych roztworach o składzie odpowiadającym środowisku agresywnemu XA3, podanych w tabeli 2

Table 3. Statistical evaluation of the results of the water absorption test of polymer modified asphalt thick coatings in water solutions with a composition corresponding to the aggressive environment XA3, given in Table 2

Nr próbki badawczej	Sposób zabezpieczenia krawędzi	Współczynnik zmienności wyników badań zamieszczonych w tabeli 2 dotyczących próbek poddanych działaniu następujących roztworów wodnych [%]			
		woda o pH 4	jony SO_4^{2-} w ilości 6000 mg/l	jony NH_4^+ w ilości 100 mg/l	jony Mg^{2+} w ilości 3000 mg/l
I	-	23,11	14,52	19,49	17,59
	+	10,59	33,04	20,00	42,62
II	-	13,56	10,80	6,70	15,69
	+	12,55	13,02	18,03	7,32
III	-	7,07	10,24	13,71	12,45
	+	4,92	18,94	15,80	11,00
IV	-	10,04	18,37	18,66	8,78
	+	16,21	8,14	10,70	13,27

Oznaczenia: - próbki bez zabezpieczonych krawędzi; + próbki z krawędziami zabezpieczonymi woskiem

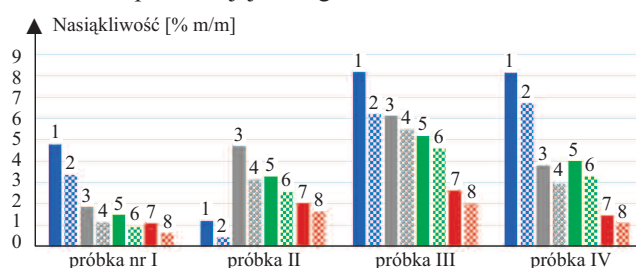
Tabela 4. Odczyn pH wody zastosowanej w badaniach nasiąkliwości próbek grubowarstwowych powłok asfaltowych modyfikowanych polimerami

Table 4. pH of the water used in the water absorption tests of samples made of polymer modified asphalt thick coatings

Nr próbki badawczej	Odczyn pH wody przed badaniem	Odczyn pH wody po 24 h nasycania próbek	
		bez zabezpieczonych krawędzi	z krawędziami zabezpieczonymi woskiem
I	4	10,54	9,79
II		4,03	4,07
III		9,02	8,15
IV		10,32	9,76

Analiza wyników badań

Na rysunku 1 przedstawiono porównawcze zestawienie wartości nasiąkliwości badanych powłok w efekcie działania wybranych roztworów wodnych w przypadku próbek z zabezpieczonymi i niezabezpieczonymi krawędziami. Ciężkie krawędzie próbek przyczyniają się do wzrostu zawilgocenia wszystkich badanych powłok, co jest zjawiskiem oczywistym, ze względu na rozwinięcie płaszczyzny wchłaniania wilgoci przez takie powierzchnie. Istotne różnice uzyskanych wartości nasiąkliwości widoczne są przede wszystkim podczas badania wyrobów w wodzie o pH 4. W odniesieniu do próbek poddanych działaniu roztworów wodnych zawierających jony SO_4^{2-} , NH_4^+ i Mg^{2+} wartość nasiąkliwości powłok uzyskana w badaniu próbek z dodatkowym zabezpieczeniem krawędzi i bez zabezpieczenia różnią się nieznacznie. Wyjątkiem jest powłoka wykonana z wyrobu jednoskładnikowego poddana działaniu wodnych roztworów zawierających jony SO_4^{2-} , w przypadku której zabezpieczenie ciężkich krawędzi próbek znacznie ogranicza wzrost poziomu jej zawilgocenia.



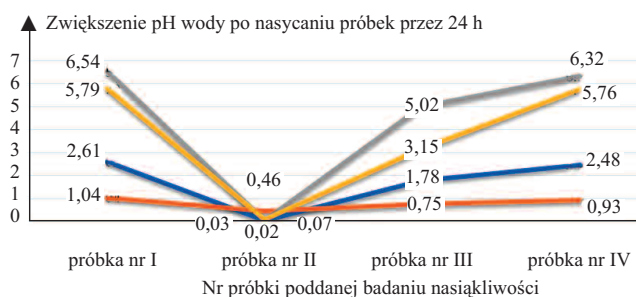
- 1 – woda o pH 4 (krawędzie bez zabezpieczenia);
- 2 – woda o pH 4 (zabezpieczone krawędzie);
- 3 – roztwór zawierający jony SO_4^{2-} (krawędzie bez zabezpieczenia);
- 4 – roztwór zawierający jony SO_4^{2-} (krawędzie zabezpieczone);
- 5 – roztwór zawierający jony NH_4^+ (krawędzie bez zabezpieczenia);
- 6 – roztwór zawierający jony NH_4^+ (krawędzie zabezpieczone);
- 7 – roztwór zawierający jony Mg^{2+} (krawędzie bez zabezpieczenia);
- 8 – roztwór zawierający jony Mg^{2+} (krawędzie zabezpieczone)

Rys. 1. Porównawcze zestawienie nasiąkliwości powłok poddanych działaniu wody o pH 4 oraz roztworów wodnych zawierających jony SO_4^{2-} , NH_4^+ , Mg^{2+}

Fig. 1. Comparative table of water absorption of coatings exposed to water with a pH of 4 and water solutions containing SO_4^{2-} , NH_4^+ , Mg^{2+} ions

W odniesieniu do próbek wykonanych z wyrobów dwuskładnikowych, woda o pH 4 przyczynia się do największego, w porównaniu z innymi roztworami wodnymi, wzrostu ich nasiąkliwości po 24 h nasycania próbek w roztworze wodnym, bez względu na rodzaj wypełniacza znajdującego się w składzie mieszanki. Są to wartości znacznie większe niż uzyskane w przypadku nasycania powłok w wodnych roztworach zawierających jony SO_4^{2-} , NH_4^+ i Mg^{2+} . Jedynie powłoka jednoskładnikowa, z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym po zanurzeniu w wodzie o pH 4, wykazuje mniejszą nasiąkliwość w porównaniu z wartościami uzyskanymi w efekcie oddziaływań pozostałych trzech badanych środowisk wodnych zarówno w przypadku próbek bez zabezpieczonych krawędzi, jak też z ciętymi krawędziami zabezpieczonymi woskiem (próbka nr II). Z badań wynika również, że środowisko wodne o pH 4 w większym stopniu wpływa na wzrost nasiąkliwości wyrobów dwuskładnikowych, w składzie których znajduje się wypełniacz polistyrenowy (próbka nr I), niż w odniesieniu do wyrobów jednoskładnikowych, z tym samym rodzajem

wypełniacza (próbka nr II). Można więc domniemywać, że otoczenie ziaren wypełniacza gruboziarnistego masą bitumiczną, w składzie której znajduje się składnik sypekki, jest skuteczniejsze z punktu widzenia obniżenia nasiąkliwości powłoki, niż zastosowanie takiego samego wypełniacza w wyrobie dwuskładnikowym, gdy składnik sypekki mieszany jest z masą asfaltowo-polimerową bezpośrednio przed jej aplikacją na powierzchnię podłoża. W przypadku wyrobu jednoskładnikowego z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym, to właśnie aniony siarczanowe i jony amonowe przyczyniają się do największego jego zwilgocenia. Natomiast w efekcie działania anionów siarczanowych i jonów amonowych zawilgocenie powłok z pozostałych badanych wyrobów dwuskładnikowych jest zbliżone, lecz zdecydowanie mniej istotne zarówno w przypadku próbek z dodatkowym zabezpieczeniem krawędzi, jak też bez zabezpieczenia. Kationy magnezowe działające w płynnym roztworze wodnym przyczyniają się w najmniejszym stopniu do wzrostu nasiąkliwości grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych wykonywanych z wyrobów dwuskładnikowych. Na rysunku 2 przedstawiono zmianę odczynu pH wody po 24 h nasycania próbek grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych w porównaniu z wartościami uzyskanymi po działaniu wody demineralizowanej o pH wyjściowym 7,0 i wody wodociągowej o pH wyjściowym 7,5, ustalonymi we wcześniejszych badaniach [13].



— woda demineralizowana o pH początkowym 7,0; — woda wodociągowa o pH początkowym 7,5; — woda o pH początkowym 4 (stosowana do nasycania próbek bez zabezpieczenia ciętych krawędzi); — woda o pH początkowym 4 (stosowana do nasycania próbek z zabezpieczonymi ciętymi krawędziami)

Rys. 2. Tendencje zmiany pH wody podczas nasycania grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych przez 24 h

Fig. 2. Trends in water pH change during 24-hour saturation of polymer modified bituminous thick coatings

Największą zmianę pH wody odnotowano w przypadku grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych wykonanych z wyrobów dwuskładnikowych badanych w wodzie o pH 4, gdy cięte krawędzie próbek były dodatkowo zabezpieczone warstwą wosku oraz bez takiego zabezpieczenia. W przypadku wyrobów dwuskładnikowych wzrost pH wody demineralizowanej, o wyjściowym pH rzędu 7,0 wynosi po 24 h nasycania próbek od 1,78 do 2,61, uzyskując po zakończeniu badania odczyn zasadowy, podczas gdy w przypadku wyrobu jednoskładnikowego wartość ta praktycznie nie ulega zmianie. W czasie nasycania próbek w wodzie wodociągowej o pH 7,5 zmiana pH wody po skończonym badaniu jest zdecydowanie mniejsza i wynosi: w przypadku wyrobów dwuskładnikowych 0,75 – 1,04, a wyrobu jednoskładnikowego 0,46 (rysunek 2). Stwierdzone zjawisko wypłukiwania przez

wodę związków chemicznych z grubowarstwowych powłok polimerowo-bitumicznych jest zgodne z wnioskami Anya Vollpracht z zespołem [16], sformułowanych na podstawie badań tych powłok prowadzonych w warunkach naturalnych, w istniejących obiektach. W ramach tych badań stwierdzono co prawda w odciekach niewielkie ilości węglowodorów aromatycznych, ale indeks fenolowy był powyżej granicy wykrywalności. W prowadzonych równolegle badaniach laboratoryjnych tych samych wyrobów nie stwierdzono mierzalnych wartości fenolu. Z tego powodu autorzy domniemywali, że przyczyną pojawienia się fenolu w odciekach mogły być inne powody związane z użytkowaniem ocenianych obiektów niż wypłukiwanie z warstw hydroizolacyjnych.

Zmiana pH wody stosowanej do nasycania próbek, potwierdzona w badaniach omawianych w artykule, wskazuje na potrzebę dalszej oceny w celu jednoznacznego ustalenia składu odcieków powstających w efekcie kontaktu wodnych roztworów z grubowarstwowymi powłokami asfaltowo-polimerowymi. Prace te nie były dotychczas przedmiotem badań. Na wstępnym etapie oceniono również, czy zmianie pH roztworu wodnego stosowanego do nasycania powłok towarzyszy zmiana jego zabarwienia. We wszystkich przypadkach nie stwierdzono jednak żadnej zmiany barwy roztworu wodnego po skończonym badaniu.

Jak wspomniano we wstępie artykułu, w ramach wcześniejszych badań [13] potwierdzono, że wilgoć pochłaniana przez grubowarstwowe powłoki asfaltowo-polimerowe podczas kontaktu z wodą zamykana jest w obrębie ich struktury i nie jest przekazywana na podłoże. Wynika z tego, że powłoki te pomimo wzrostu zawilgocenia w kontakcie z roztworami wodnymi mogą skutecznie pełnić funkcję hydroizolacyjną, gdy zachowana jest ich ciągłość.

Wnioski

Na podstawie wyników badań grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych przeprowadzonych dotychczas w Instytucie Techniki Budowlanej [8, 13] stwierdzono, że:

- woda o pH 4 stanowi główną przyczynę wzrostu nasiąkliwości dwuskładnikowych grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych. Wartość nasiąkliwości tych powłok jest znacznie większa niż uzyskana w przypadku ich zanurzenia w roztworach wodnych zawierających jony SO_4^{2-} , NH_4^+ i Mg^{2+} ;
- woda o pH 4 ma niewielki wpływ na wzrost nasiąkliwości jednoskładnikowej grubowarstwowej powłoki asfaltowo-polimerowej z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym, ocenianej na próbkach zarówno bez zabezpieczenia krawędzi, jak też z ciętymi krawędziami zabezpieczonymi woskiem. W tym przypadku aniony siarczanowe i jony amonowe stanowią główne przyczyny wnikania wilgoci w głąb struktury powłok;
- wyroby z gruboziarnistym wypełniaczem poliesterowym wykazują mniejszą podatność na wchłanianie wody niż wyroby z innymi rodzajami wypełniacza, co jest szczególnie widoczne w przypadku wyrobów jednoskładnikowych;
- odczyn odcieków powstałych podczas nasycania próbek grubowarstwowych powłok asfaltowo-polimerowych w wodnych roztworach o różnych wyjściowych wartościach pH,

tn.: 4,0, 7,0 i 7,5, ulega istotnej zmianie w kierunku zasadomym, co wskazuje na potrzebę dalszych badań ustalających skład odcieków powstających w efekcie kontaktu wodnych roztworów z tymi powłokami;

• woda wchłonięta przez powłoki zatrzymywana jest w obrębie ich struktury i nie jest przekazywana dalej na podłoża betonowe, na których są one układane, co pozwala domniemywać, że w kontakcie z roztworami wodnymi powłoki te mogą skutecznie pełnić funkcję hydroizolacyjną.

Literatura

- [1] Henshell J. 2016. *The Manual of Below-Grade Waterproofing*; wydanie 2, CRC Press: New York; ISBN 9781317211891.
- [2] Francke B. 2021. *Nowoczesne hydroizolacje budynków. Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków. Monografia*. Wydawnictwo Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21623-8; Warszawa.
- [3] Klem P. i inni. 2005. *Budownictwo ogólne, tom 2- Fizyka budowli*. Arkady.
- [4] Lyapidevskaya O., Waterproofing material for protection of underground structures E3S Web of Conferences 97, 02008 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702008> FORM-2019,
- [5] Dong Soo Ahn, Kyu Hwan Oh, Jin Sang Park, Sang Keun Oh, Viscosity and Waterproofing Performance Evaluation of Synthetic Polymerized Rubber Gel (SPRG) after Screw Mixing, *Appl. Sci.* 2018, 8, 1989; doi: 10.3390/app8101989,
- [6] Alfano G., Chiancarella C., Cirillo E., Fato I., Martellotta F. 2006. „Long-term performance of chemical damp-proof courses: twelve years of laboratory testing”. *Building and Environment* 41: 1060 – 1069.
- [7] PN-EN 15814 +A2: 2015-02- Grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami do izolacji wodochronnej – Definicje i wymagania.
- [8] Francke B., Wichowska M.. 2021. „Influence of groundwater pH on water absorption and waterproofness of polimer modified bituminous thick coatings”. *Materials*, Vol. 14, iss. 9, 2272, s. 1 – 15. DOI: 10.3390/ma14092272.
- [9] Rokiel M. 2011. „Hydroizolacje fundamentów z użyciem mas KMB Cz. I. Projektowanie i wykonywanie według niemieckich wytycznych”. *Izolacje* 4.
- [10] Francke B. 2014. „Wymagania techniczne dotyczące właściwości technicznych wyrobów asfaltowych modyfikowanych polimerami do wykonywania izolacji części podziemnych budynków zgodnie z PN-EN 15814+A1:2013-04”. *Materiały Budowlane* (3).
- [11] Gasewicz J. 2010. „Grubowarstwowe bitumiczne powłoki hydroizolacyjne”. *Izolacje* 6.
- [12] PN-EN 15815:2011 Grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami. Określanie odporności na ściskanie.
- [13] Francke B. z zespołem. 2020. Definiowanie kryteriów użyteczności budowlanej w zakresie izolacji wodochronnych części podziemnych budynków, praca naukowo-badawcza, ITB, biblioteka ITB.
- [14] Francke B. z zespołem. 2021. *Definiowanie kryteriów użyteczności budowlanej w zakresie izolacji wodochronnych części podziemnych budynków*. Praca naukowo-badawcza, ITB, biblioteka ITB.
- [15] PN-EN 206+A1 – Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, 2013 + 2016.
- [16] Vollpracht A., Brameshuber W. 2013. „Environmental compatibility of bitumen waterproofing”. *Materials and Structures* 46: 1257 – 1264. DOI 10.1617/s11527-012-9969-0.
- [17] PN-EN 12850:2011 Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie wartości pH emulsji.

Przyjęto do druku: 28.02.2022 r.



Instytut Techniki Budowlanej ZAKŁAD INŻYNIERII MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH



PROWADZIMY BADANIA
WEDŁUG PN, EN, ISO
ORAZ WYTYCZNYCH ETA:

materiałów i wyrobów wykończeniowych

nawierzchni sportowych

wyrobów do zabezpieczeń
wodochronnych

materiałów i powłok ochronnych

wyrobów do ochrony przed
korozją biologiczną



PROWADZIMY PRACE BADAWCZE
UKIERUNKOWANE NA ICH WDRÓŻENIE
I ZASTOSOWANIE W PRAKTYCE



OKREŚLAMY:

cechy identyfikacyjne

właściwości fizykochemiczne,
mechaniczne i eksploatacyjne

trwałość



Wykonujemy ekspertyzy i kontrole bieżące inwestycji
Udzielamy wsparcia w zakresie zabezpieczenia i wykończenia obiektów budowlanych
Prowadzimy szkolenia i wydajemy m.in. instrukcje, wytyczne

