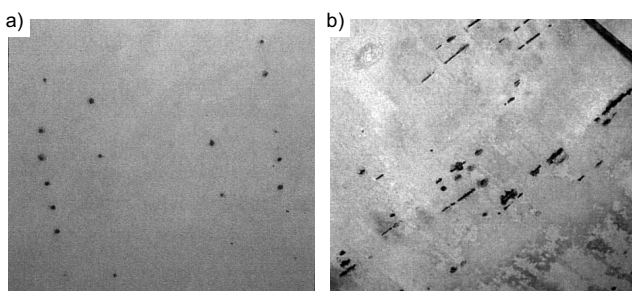


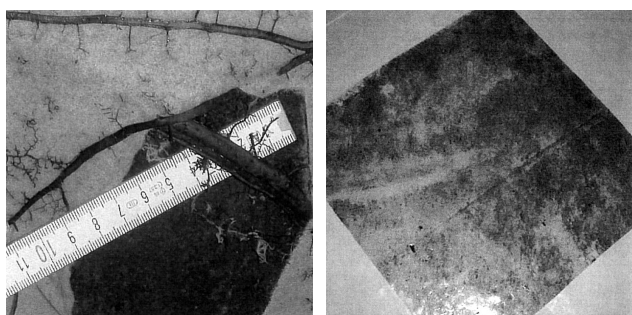
Nieorganiczne powłoki mineralne w systemach magazynowania wody pitnej

Zbiorniki wody pitnej są ważnym elementem systemu zaopatrzenia w wodę, gdyż gwarantują bezpieczeństwo dostaw wody w okresie maksymalnego zużycia. Stały kontakt powierzchni betonowej zbiorników z wodą wraz z wynikającymi z tego zagrożeniami hydrolytycznymi powoduje, że nawet „najlepsze” tego typu konstrukcje i powłoki wewnętrzne z upływem czasu wymagają naprawy. W artykule zaprezentowano doświadczenia z naprawy i remontu zbiorników wody pitnej w Niemczech.

W zbiornikach wody pitnej po kilkudziesięcioletniej eksploatacji występuje korozja punktowa, a nawet zaawansowana korozja powierzchniowa betonu (fotografia 1). Wówczas niezależnie od zastosowania wyprawy czy powłoki, należy najpierw przeprowadzić naprawę konstrukcyjną budowli, zgodnie z aktualnymi regulacjami. W Niemczech są to Wytyczna DAfStb *Ochrona i naprawa elementów budowlanych* bądź norma EN 1504 [1, 2, 3, 4]. Idealnym rozwiązaniem są systemy do naprawy konstrukcji, które jednocześnie stanowią powłokę dopuszczoną do kontaktu z wodą pitną. Zaletą takich powłok jest bardzo dobra przyczepność do podłoża. W efekcie nie dochodzi do powstawania niewidocznych pustek między powłoką a podłożem, co zwiększa bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę i wpływa na trwałość substancji budowlanej (fotografie 2 i 3).



Fot. 1. Korozja: punktowa (a) i powierzchniowa (b) betonu



Fot. 2. Przerost korzeni przez powłokę



Fot. 3. Nalot organiczny na powłoce polimerowej

Wymagania dotyczące systemów renowacji

Renowacja ma na celu zapewnić maksymalne bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę, stabilność i szczelność zbiorników wody, aby wody gruntowe nie wpływały do zbiornika oraz nie następowały straty wynikające z wypływu wody pitnej ze zbiornika. Ważne jest też, by w trakcie magazynowania wody pitnej w zbiorniku nie nastąpiła negatywna zmiana jej właściwości [1]. Właściciel/zarządca obiektu oczekuje – i słusznie – aby renowacja zapewniła długotrwałą i przyjazną eksploatację obiektu.

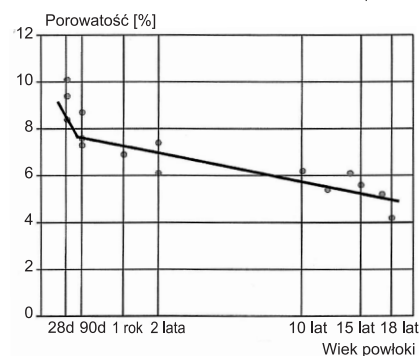
Z doświadczeń wynika, że nie wszystkie powłoki spełniają wymienione wymagania. Odnotowano wiele przypadków, gdzie już po kilku latach trzeba było ponownie wykonać prace renowacyjne. Było to wystarczającym powodem, aby w ramach szeroko zakrojonych badań określić trwałość i odporność na hydrolizę powłok cementowych, zdefiniować istotne wymagania dotyczące powłok mineralnych i zapisać je w przepisach [1, 5]:

- współczynnik W/C $\leq 0,5$;
- zawartość porów powietrznych w świeżej mieszance $\leq 5\%$ w przypadku W/C = $0,4 \div 0,5$ i $\leq 8\%$ w przypadku W/C $\leq 0,4$;
- porowatość całkowita (porozymetria rtęciowa wg DIN 66133) po 28 dniach dojrzewania $\leq 12\%$ obj., a po 90 dniach dojrzewania $\leq 10\%$ obj.

Na rysunku przedstawiono porowatość powłoki z zaprawy KERASAL® firmy P&T Technische Mörtel GmbH & Co. KG.

W przypadku wymaganych właściwości technicznych obligatoryjne [6] jest dopuszczenie materiałów według Karty Roboczej DVGW nr W 347 oraz, o ile w materiale zawarte są domieszki organiczne, również według Karty Roboczej DVGW nr W 270.

W związku z tym, że w badaniach nie stwierdzono, by dodanie składników organicznych zwiększało odporność powłoki na hydrolizę, a tym samym jej trwałość, konsekwentnie w Karcie Roboczej DVGW nr W 300 stwierdza się: *im mniejszy udział środków organicznych, tym mniejsze zagrożenie możliwym uwolnieniem składników biologicznych, które wpływałyby na namnażanie bakterii w wodzie* [1]. Potwierdzają to rzymskie czy bizantyjskie budowle wodociągowe, które mają dobrze utrzymaną powierzchnię, a w przypadku których nie stosowano dodatków organicznych [7].



Porowatość powłoki z zaprawy KERASAL® ANS 14 B w funkcji czasu (DIN 66133)

W specyfikacjach technicznych do przetargów pojawiają się często zapisy, których próżno szukać w regulacjach, np. spadek porowatości (dlaczego powłoka jest trwalsza, jeżeli głębsze warstwy mają większą porowatość?), wymaganie wysokiej zawartości węgla (w tym zakresie nie ma wartości granicznych) lub też często są one sprzeczne, jak np. wymaganie trwałej zaprawy mineralnej o wytrzymałości $> 45 \text{ N/mm}^2$ i niskim module sprężystości ok. 20 GPa .

Doświadczenia z wytwarzania powłok mineralnych

Podstawą uzyskania powłok mineralnych bardzo dobrej jakości jest fachowe ich wytwarzanie przez certyfikowane wg W 316-1 [8] przedsiębiorstwo z odpowiednio przeszkolonym wg W 316-2 [9] personelem, i stosujące bardzo dobrej jakości surowce. Najlepiej używać naturalnych pochodzących od tego samego dostawcy bądź tego samego producenta, aby stosowana przy renowacji zaprawa była zgodna z wymaganiami Karty Roboczej nr W 347.

Jeżeli zaprawa aplikowana jest na mokro metodą natryskową (przez tłoczenie w tzw. strumieniu cienkim – metoda mokra nieciągła, tzn. mieszanka wody i zaprawy transportowana jest za pomocą sprężonego powietrza) lub w strumieniu gęstym (metoda mokra ciągła, tzn. mieszanka wody i zaprawy jest pompowana), powstaje homogeniczna wyprawa o jednolitych właściwościach. Nie jest wówczas konieczne nakładanie dodatkowej powłoki wierzchniej lub wykonywanie końcowej obróbki powierzchniowej, czasem określanej jako „pudrowanie”.

Zachowując podane w Karcie Roboczej DVGW nr W 300 wytyczne mówiące, że współczynnik W/C ma być $\leq 0,5$, również w przypadku temperatury $8 \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$ panującej w zbiornikach wody pitnej, osiąga się wymaganą porowatość powłoki $\leq 12\%$ w przypadku 28 d lub $\leq 10\%$ w przypadku 90 d [10].

Na odporność wyprawy pozytywnie wpływa spoiwo z dodatkiem mikrokrzemionki charakteryzującej się właściwościami pucolanowymi. Z czasem struktura wyprawy doszczelnia się i w efekcie zmniejsza się jej porowatość. Badania powłok wykazały, że ich porowatość w trakcie ok. 18-letniej eksploatacji spadła z 9% do ok. 5%. Czy i ewentualnie kiedy konieczna będzie renowacja wyprawy stykającej się z wodą pitną, zależy m.in. od grubości otuliny betonu, stanowiącej zabezpieczenie antykorozyjne, oraz gładkości lub szorstkości wyprawy.

Powłoka mineralna stykająca się z wodą pitną po 15 bądź 20 latach eksploatacji nie wygląda już tak, jak pierwszego dnia po wykonaniu. W zależności od gromadzonej wody, prędkości jej przepływu, a także intensywności prac czyszczących (częściowo za pomocą myjek wysokociśnieniowych oraz zastosowania kwaśnych, agresywnych dla betonu środków czyszczących) może dojść do wymycia warstwy wierzchniej. Przez zachowanie zalecanych w Karcie Roboczej nr W 300 grubości powłok mineralnych (15 mm) gwarantuje się, że w przypadku wyłukania warstwy wierzchniej nie trzeba przeprowadzać renowacji. Dzięki doskonałym właściwościom użytych materiałów wyprawa pozostaje jednorodna w całym przekroju (fotografia 4). W przypadku nieorganicznych, mineralnych wypraw realny jest ponad 50-letni okres eksploatacji.

Badania powłok mineralnych eksploatowanych ok. 18 lat wykazały, że w celu ich trwałego użytkowania nie jest ko-

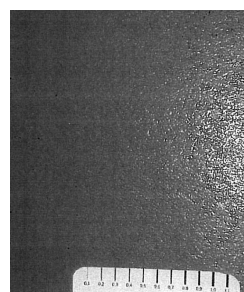
nieczne dodawanie składników organicznych, co potwierdziły wytyczne Karty Roboczej DVGW nr W 300 mówiące, że wodoszczelny i możliwie niskoporowaty beton lub wyprawa nie wymagają żadnych dodatkowych powłok.

Obecnie jednostka przygotowująca lub planująca przetarg praktycznie nie ma możliwości zidentyfikowania mineralnych zapraw do renowacji, które w ogóle nie zawierają domieszek organicznych. Ze względu na wymagania dotyczące właściwości technicznych określonych w Karcie Roboczej DVGW nr W 300 w załączniku nr 10 i żądanie, by stosowane surowce spełniały wymagania DIN 1045 (EN 206-1) i DVGW nr W 347, na producencie materiałów spoczywa prawo wyboru składu produktu. Zależnie od tego, do których z wielu europejskich, jak również krajowych norm znajduje się odniesienie, renowacyjną zaprawę cementową można określać jako mineralną, jeżeli znajduje się w niej dodatek rzędu do 10% masy cementu (a może to być z powodu niewielkiej gęstości polimerów mimo wszystko 25% objętości organicznego materiału w zaprawie suchej). W celu zminimalizowania zagrożenia uwalniania się dostępnych biologicznie składników, powinny zostać wprowadzone zapowiadane już „nowe” wytyczne Karty Roboczej DVGW nr W 300, aby projektanci mieli możliwość określenia typu mineralnej powłoki – od 1: bez aktywnego dodatku składników organicznych do 4: zaprawa PCC [11].

Literatura

- [1] Karta robocza DVGW W 300: czerwiec 2005; Zbiorniki wodne – planowanie, budowa, eksploatacja i naprawy zbiorników wodnych w zakresie zaopatrzenia w wodę pitną.
- [2] Wytyczne DAfStb „Ochrona i naprawa elementów betonowych”: październik 2011; DAfStb w DIN.
- [3] DIN EN 1504-3: marzec 2006; Produkty i systemy ochrony i naprawy betonowych budowli nośnych – naprawy istotne z punktu widzenia statycznego i nieistotne; Beuth Verlag GmbH.
- [4] DIN EN 206: lipiec 2011; Beton – Ustalenie, Właściwości, Produkcja i Zgodność; Beuth Verlag GmbH.
- [5] Boos P.: Produkcja trwałych powierzchni wiązanych betonem w zakresie wody pitnej – Analiza korozji i podstawowe wymagania techniczne; Zeszyt 64/2003; VDZ.
- [6] Karta robocza DVGW W 347: Maj 2006; Wymagania higieniczne dot. materiałów wiązanych cementem w zakresie wody pitnej – Badania i analizy.
- [7] Merkl G.: Zbiorniki wody pitnej: Planowanie, budowa, eksploatacja, ochrona i naprawy; 2. wydanie 2011.
- [8] Karta robocza DVGW W 316-1: marzec 2004; Naprawy zbiorników wody pitnej – kryteria jakościowe dla firm specjalistycznych.
- [9] Karta robocza DVGW W 316-2: marzec 2004; Nadzór specjalistyczny i personel specjalistyczny dla napraw zbiorników wodny pitnej; Plan nauczania i egzaminów.
- [10] Schrepfermann B. i Bolesta M.: Naprawa zbiornika wysokiego Botzdorf: 7-8/2009; gwf-Wasser|Abwasser.
- [11] Breitbach M.: Naprawa starych zbiorników wody pitnej – Wymagania podłoża i koncepcje napraw; 3. Kolokwium Działu Gromadzenia Wody Pitnej.

Opracowanie: P&T Technische Mörtel GmbH & Co. KG
we współpracy z firmą Hufgard Polska
Fot. archiwum firmy P&T Technische Mörtel GmbH & Co. KG



Fot. 4. Powierzchnia powłoki mineralnej po ponad 14 latach eksploatacji