

OCHRANA BETONU V OBLASTI ODPADNÍ A PITNÉ VODY THE PROTECTION OF A CONCRETE IN THE AREA OF WASTE- AND POTABLE WATER

TOMÁŠ PLICKA

Cílem článku je shrnout a popsat požadavky na ochranné systémy v trvalém styku s odpadní a pitnou vodou a představit ochranné systémy, které uvede- ným požadavkům s technickou rezervou spolehlivě vyhoví.

This paper is aimed to sum up and describe requirements for protection systems in permanent contact with waste-, as well as potable water. It further seeks to introduce protection systems which will reliably meet the above demands while maintaining a technical reserve.

Beton je bezpochyby stavební materiál minulého a také tohoto století. Má vysokou životnost, je snadno k dispozici, lehce se tvaruje a je především cenově výhodný. 70 % poválečných staveb je postaveno z betonu. Také u stavebních konstrukcí v oblasti pitné a odpadní vody je beton nejvíce používaný stavební materiál, bez kterého by nebylo možné zkonstruovat čistírny odpadních vod (ČOV) či úpravní pitné vody tak, jak je známe dnes.

JAK DOCHÁZÍ K POŠKOZENÍ BETONU?

Vysoká úroveň technologií a šetření s vodou, stejně jako nové metody přípravy pitné vody a úpravy odpadní vody mají na odolnost betonu v ČOV stále vyšší požadavky. Beton je sice mechanicky a teplo-tně velmi odolný, jako alkalický materiál však vykazuje slabiny při chemickém působení kyselin. Kritickou hranicí pro samotný nechráněný beton je hodnota pH-faktoru prostředí rovná 5.

Odpadní voda, která je přiváděna s pH 6,5 až 7, nepůsobí na beton zprvu vůbec negativně. Tzn. že primární působení samotnou odpadní vodou neexistuje. V průběhu různých stupňů čištění a odka-lovacích fází však může v závislosti na koncentraci škodlivých látek resp. biologických procesů vzniknout sekundární působení, které beton silně nebo dokonce velmi silně napadne.

U splaškové vody z domácností se v biologickém stupni čištění mění organické látky na biomasu a odštěpuje se oxid

uhličitý CO_2 a sirovodík H_2S . CO_2 je plyn, který se v naší atmosféře vyskytuje přirozeně v celkovém objemu podílem cca 0,03 % a je iniciátorem obávané karbonatace betonu. V téměř nasyceném vlhkém prostředí ČOV k procesu karbonatace však nedochází.

Sirovodík je také plyn málo agresivně působící na beton, je však vysoce jedovatý a způsobuje velmi nepříjemný zápach. O zápachu hovoříme při hodnotě 0,1 ppm (parts per million), od 1 do 10 ppm je již zápach vnímán jako nepříjemný. Při koncentraci 0,1 % objemu se u člověka dostaví křeče a bezvědomí a již po několika minutách působení pak dochází dokonce k ohrožení života.

Abyste došlo k potlačení nepříjemných a nebezpečných působení sirovodíku, je nutné v mnoha případech zakrýt nebo uzavřít určité stupně čištění. Z důvodu této stavební změny vznikají zpravidla při nedostatečné ventilaci nad hladinou v tzv. „plynojemu“ velmi rychle sekundární biologické procesy, při kterých dojde mikrobiální oxidací thio- baktérií k chemické přeměně koncentrovaného sirovodíku H_2S na kyselinu sírovou H_2SO_4 . Tím může již po několika měsících dosáhnout prostředí pH 1 až 2,5.

Biogenní kyselina sírová je vysoce agresivní vůči betonu, protože na něj útočí hned dvěma způsoby:

- je narušena matrice cementu,
- uvnitř v betonu vzniká sádra jako produkt chemické reakce.

Krystaly sádry mají větší velikost, dochází k rozpínání a vnitřnímu roztrhání betonu. Tento jev se svým typickým obrazem trhlin umožňuje škodlivě kyselině proniknout ještě hlouběji do betonu, a tím se urychluje průběh vzniku škod.

OCHRANA POVRCHU PŘED PŮSOBENÍM KYSELINY

Nechráněný beton je v tomto prostředí velmi rychle poškozen. Které materiály jsou ale vhodné pro preventivní ochranu betonu tak, aby spolehlivě a dlouhodobě působily v prostředí pH 1?

Organické materiály pro povrchovou úpravu, jako epoxidové a polyuretanové pryskyřice, jsou účinné ve spojení s pod-

kladem jako povrchová ochrana betonu, v trvale mokřem prostředí ČOV však podle nejnovějších průzkumů mají značné nevýhody. Organické povrchové úpravy nejsou paropropustné a mohou podle nejnovějšího sledování při provlhnutí ze zadní strany, u zpravidla v zemi zapuštěných nádrží, ztratit přilnavost k podkladu, přestat těsnit, tvořit puchýře a sloupat se ve velkých plochách. Zkušenosti s tímto fenoménem jsou známy z mnohých objektů.

Kromě toho dochází osmotickými procesy (snaha o vyrovnaní koncentrace kapaliny v obsahu nádrže s vodou obsaženou v pórech betonu) k osmotickým tlakům, které také mohou za určitý čas uvolnit spojení organické povrchové vrstvy s podkladem, a tím vést k vytvoření puchýřů a porušení ochrany povrchu konstrukce.

Pro sanaci betonu u vodních děl již dlouhou dobu vylučuje v Německu platná směrnice (ZTV-W pracovní list č. 219, pro stavby, které jsou neustále ve styku s vodou) použití organických umělých hmot. U veřejných vodohospodářských staveb platí podobné principy. Dalším výrazným nedostatkem organických povrchových úprav je jejich pouze omezená mechanická odolnost. Poškození jejich povrchu vede zanedlouho ke ztrátě účinku celé povrchové ochrany.

Difúzní minerální systémy

Schopnost prostupu vodních par u minerálních ochranných systémů na bázi cementů bez trikalciumpuluminátu C_3A zaručuje dlouhodobé spojení s betonovým podkladem tak, že při řádně provedené aplikaci může docházet k difúzi vodních par, které se pak nestávají příčinou následných škod. Tyto systémy mohou být s velkou účinností použity u stavebních konstrukcí ČOV.

Pokud hledáme systém, který je paropropustný a zároveň je odolný velmi kyselému prostředí ($\text{pH} < 3,5$), pak se v částech ČOV s takovým vysokým stupněm kyselosti již více než jedno desetiletí osvědčuje polymersilikátová malta. Zde se jedná o čistě minerální, anorganické, paropropustné ochranné systémy zcela

bez obsahu cementu, u kterých amorfní silikátový gel tvoří neprostupnou a kyselině odolnou pevnou matici, která vytváří dlouhodobé spojení s betonem. Tyto systémy jsou na rozdíl od systému organických na bázi umělých hmot vysoce odolné proti mechanickému zatížení. Polymersilikáty, také označované jako alkalisilikáty, mají dobrou tvarovou a objemovou stálost. Jsou fyziologicky nezávadné, odolné vysokým teplotám a prokazují i vysokou odolnost proti mrazu a působení rozmrazovacích solí.

Zpracování polymersilikátových systémů

Polymersilikátový systém Konusit KK 10 společnosti MC-Bauchemie se skládá ze základní práškové složky a záměso-



vé tekutiny, které se v daném hmotnostním poměru vzájemně smísí a poté se ochranný systém aplikuje na připravený betonový podklad strojním nástřikem nebo v případě malých ploch také ručně. Podklad přitom může být i vlhký. Důležité však je, aby byla dosažena požadovaná tloušťka vrstvy minimálně 8 mm, a tím byla docílena patřičná odolnost systému vůči zmíněným kyselinám. Po celkovém vytvrdnutí (sedm dnů) může být ochranný systém neomezeně zatěžován.

Zprávy včetně monitoringových studií o praktickém použití v ČOV po dobu déle než deseti let jednoznačně potvrzují způsob působení tohoto velmi trvanlivého ochranného systému. Zrychlené cyklické pokusy ukázaly, že při bezchybném zpracování je polymersilikát Konusit KK 10 schopný odolávat několik dese-

Obr. 1 Pohled na ČOV

Fig. 1 View of a wastewater treatment plant

Obr. 2 Zásobník pitné vody

Fig. 2 Potable water reservoir

Obr. 3 Aplikace ochranného systému

Fig. 3 Protection system application

Obr. 4 SSBK – sanační materiál roku 2006

Fig. 4 SSBK – reconstruction material of the year 2006



tiletí působení kyseliny sírové s hodnotou pH 1. Tento výsledek je potvrzen kontrolními testy nezávislých institutů.

Již mnoho let je budován celosvětový, licencovaný systém distribuce produktu Konusit KK 10. Řada odborných prováděcích firem v Německu má již zkušenosti se zpracováním a technologií polymersilikátů. Firmy jsou intenzivně školeny v aplikacích technologií polymersilikátů a každoročně dále proškoleny a seznamovány s výsledky výzkumu rychle se rozvíjejícího oboru. Tím je zaručeno, aby byla tato speciální povrchová ochrana se svými trvalými účinky aplikována odborně. Stejnou cestou chceme postupovat také v ČR.

NÁKLADY NA DODATEČNOU OCHRANU BETONU

Pokud si uvědomíme způsobené škody, a tím vzniklé náklady pro sanaci betonu, potom se investice do dlouhodobé ochrany betonu více než vyplatí. U zakrytých částí ČOV nemusí být ochráněna celá vnitřní plocha nádrží, nýbrž pouze prostor, ve kterém se shromažďuje plyn včetně pásma změny výšky hladiny. Náklady na polymersilikáty odpovídají, vztaheno na stavbu nové ČOV, cca 0,5 až 1 % z celkových investičních nákladů.

Dodatečná aplikace ochranných systémů je zpravidla spojená s dalšími náklady, které značně přesahují vlastní sanační opatření, např. vyřazení nádrží z provozu resp. nákladné přečerpávání či přeložky přítoku odpadních vod do jiných ČOV.

OCHRANA OTEVŘENÝCH NÁDRŽÍ NA ČOV

Pro ochranu betonu u otevřených nádrží ČOV, u kterých dochází kromě působení splaškové vody také k termickým vlivům (změny teplot v průběhu roku) a k vzniku biologického porostu v místech přechodu a změny výšky hladiny, mohou být použity vysoce těsné a podle DIN 4030 silnému působení odolné (do pH 3,5) modifikované cementové malty jako např. systémy MC-RIM. Tyto ochranné systémy jsou také koncipovány na bázi cementů bez C₃A, a jsou tím pádem odolné vůči sulfátům. Před samotnou aplikací ochranných systémů je potřeba při opravě stávajících objektů provést také samotnou reprofilaci konstrukce. I zde se jeví jako výhodné použití správkových malt na bázi cementů bez C₃A, které jsou odolné proti síranům obsaženým v kontami-

Vlastnost ochranného systému	Požadovaná hodnota
ekvivalentní vodní součinitel	≤ 0,50
pórovitost čerstvé malty [objem. %]	≤ 5
celková pórovitost [objem. %] po 28 dnech po 90 dnech	≤ 12 ≤ 10
pevnost v tlaku [MPa]	≥ 45
odtrhová pevnost [MPa] střední hodnota	≥ 1,5

Tab. 1 Příklad požadavků na ochranné systémy pro styk s pitnou vodou, Německo

Tab. 1 Example of requirements for protection systems in contact with potable water, Germany

novaném podkladním betonu. MC-RIM je tak ucelený sanační systém pro potřeby sanací v oblasti vodního odpadového hospodářství.

OBLAST PÍTNÉ VODY

Proč je lepší silná než tenká ochranná vrstva?

Tenkovrstvé minerální ochranné šlemy používané v oblasti pitné vody, v cementově šedé, bílé nebo modré barvě, se aplikují v rozsahu tloušťek vrstev od 1 do max. 3 mm. Složení těchto stavebních látek je velmi jemné, skládají se především z pojiva a částic kameniva frakce 0,1 až 0,3 mm. V odborném žargonu jsou produkty tohoto typu označovány také jako „materiál jednoho zrna“ (frakce plniva má téměř shodnou velikost). Protože s jednou frakcí nelze vytvořit plynulou křivku zrnitosti kameniva, je z technologického hlediska výroby betonu nemožné vytvořit dostatečně těsnou matici ochranné malty. S tím je spojená zvýšená pórovitost, zhoršená těsnost a také zhoršená odolnost proti procesům hydrolyzy a vyluhování. Vysoké podíly organických částic a také ke zpracování potřebná množství vody a cementu urychlují v uvedených produktech popsané procesy. Je nutné si uvědomit, že 1 až 3 mm tenké vrstvy s existujícím snižováním její tloušťky jednoduše způsobené provozem nebo v průběhu čištění agresivními čistícími prostředky, nemohou vytvořit dlouhodobou záruku ochrany.

Platná vyhláška MZ ČR č. 409/2005 Sb. schvaluje ochranné systémy pro trvalý styk s pitnou vodou pouze z hlediska možných výluhů a vztahu ke kvalitě

pitné vody. Vyhláška však nijak technicky neřeší požadavky na ochranné systémy pro styk s pitnou vodou. V rámci států EU byly tyto požadavky formulovány, např. stav v sousedním Německu je patrný z tab. 1.

Ochranný systém MC-RIM se oproti tomu skládá z exaktně nastavené křivky zrnitosti (plnivo má různorodou velikost frakce), která dosahuje až ultra jemných oblastí. Díky vybraným surovinám je dosažena vysoká minerální reaktivita, která vede k rychlé stavbě husté a těsné matrice. Tím je dosaženo velmi nízké pórovitosti a vysoké odolnosti malty vůči procesům hydrolyzy. Přípustné mezni hodnoty uvedené v tabulce jsou při vodním součiniteli 0,38, pórovitosti čerstvé malty 3,5 %, celkovém objemu pórů po 28 dnech 4,5 %, celkovém objemu pórů po 90 dnech 4,6 %, pevnosti v tlaku 54 MPa a při odtrhové pevnosti od podkladu > 2,5 MPa výrazně podkročeny. MC-RIM je odolný dle DIN EN 206 vysoce agresivním vodám v oblasti pH 3,5 až 14 a splňuje veškeré požadavky ČSN EN 1508 (Vodárenství – Požadavky na systémy a součásti pro akumulaci vody).

Při procesu hydratace a tvrdnutí nejen, že se brzy v prvotní fázi vytváří reaktivní gel, ale také se vyvolává dlouhodobě cílený kryptokrystalický růstový proces, který ultra jemné póry dodatečně uzavře a zatěsňuje. Tím se docílí extrémně nízké pórovitosti, zvýšené těsnosti a také výborného chování ve styku s pitnou vodou v oblasti hydrolyzy a vyluhování.

Díky progresivnímu kryptokrystalickému minerálnímu systému se zvyšuje těsnost a odolnost v průběhu užívání, a je tak zajištěna výborná dlouhodobá ochrana stavebních konstrukcí v oblasti pitné vody.

ZÁVĚREM

Ochranný systém MC-RIM byl jako univerzálně použitelný ochranný systém pro oblast odpadní a pitné vody vyhlášen Sanačním materiálem roku 2006 v oboru vodohospodářských a hydrotechnických staveb na letošním sympóziu SSBK.

*Ing. Tomáš Plicka
MC-Bauchemie, s. r. o.
Skandinávská 990, 267 53 Žebrák
tel: 311 545 155, fax: 311 537 118
e-mail: tomas.plicka@mc-bauchemie.cz
www.mc-bauchemie.cz*