

ÚČINNOST SANAČNÍCH POSTUPŮ ZALOŽENÝCH NA KRYSTALIZAČNÍCH MATERIÁLECH EFFICIENCY OF REHABILITATION METHODS BASED ON CRYSTALLINE MATERIALS

JIŘÍ PAZDERKA

Článek na základě výsledků experimentálního výzkumu analyzuje účinnost a technické parametry sanačních metod založených na použití krystalizačních hydroizolačních systémů, určených pro sanace betonových konstrukcí vykazujících poruchy vlivem vody a vlhkosti.

The paper describes efficiency and properties of the rehabilitation methods based on crystalline materials (these methods are used for concrete structures rehabilitation). Presented conclusions and results are based on experimental research.

Krystalizační hydroizolační systémy jsou dnes již poměrně známým druhem sanačních materiálů, určených jak pro plošnou sanaci betonových konstrukcí, tak i pro sanaci lokálních vad a poruch betonu (trhliny, nekvalitně provedené pracovní spáry aj.). Výraz „krystalizační hydroizolační systémy“ v sobě obecně zahrnuje několik odlišných technologických postupů, kterými lze v konečném důsledku dosáhnout vytvoření vodonepropustné betonové konstrukce, a to jak u nově budovaných, tak i stávajících staveb. Použití krystalizačních materiálů při sanacích stávajících konstrukcí tvoří obvykle výraznou většinu realizací.

PRINCIP SANACE

Pro plošnou sanaci betonových konstrukcí vykazujících průsaky vlhkosti (typicky konstrukce spodní stavby) se nejčastěji používá sanační postup založený na aplikaci krystalizačního nátěru nebo nástřiku na předem připravený povrch konstrukce (často však také bývá aplikace krystalizačního nátěru/nástřiku používána pro zajištění vodonepropustnosti nově budovaných betonových konstrukcí – jako plnohodnotná alternativa jiných hydroizolací). Plošná sanace aplikováním krystalizačního nátěru bývá obvykle prováděna zároveň se sanací lokálních vad a poruch v konstrukci. Pro opravy trhlin, kaveren a dalších poruch v betonu se v takovém případě použije krystalizační rychle tuhnoucí jednosložková ucpávka (obr. 1), kterou je možno aplikovat dokonce i na trhliny, které vykazují průnik vody během sanace.

Technologický postup aplikace krystalizačního nátěru zahrnuje celkem tři fáze: přípravu podkladu, vlastní aplikaci nátěru a fázi ošetřování, která je pro výsledný hydroizolační efekt klíčová. Z technologického hlediska lze za největší výhodu označit skutečnost, že v rámci přípravy povrchu sanované konstrukce, zatížené pronikající vlhkostí, není třeba před aplikací vlastního nátěru konstrukci nijak vysoušet. Celý postup aplikace je podrobně popsán v podkladech

výrobci krystalizačních materiálů (např. [6] a [7]).

Mnohem zajímavější než technologický postup aplikace je však vlastní funkční princip působení krystalizačních hydroizolačních nátěrů, který je zcela odlišný od mechanismu působení ostatních litých vodotěsných výrobků (např. disperzních litých hydroizolací nebo litých izolací z reaktivních pryskyřic). Na rozdíl od nich totiž nespočívá hydroizolační efekt krystalizačního nátěru pouze v jeho vlastní hmotě (tloušťce). Krátce po aplikaci na povrch konstrukce vyvolá krystalizační nátěr v pórovém systému sanovaného betonu dodatečný krystalizační proces (v některých pramenech nazývaný též „katalytická reakce“), jehož důsledkem dojde k zaplnění většiny kapilárně aktivních pórů (průměr 10^{-7} až 10^{-4} m) betonu utěsňujícími krystaly (krystaly „prorůstají“ z natřeného povrchu betonu do hloubky). Nezbytnou podmínkou tohoto procesu je přítomnost vody v kapilárních pórech betonu po určitou minimální dobu, která je potřebná, aby dodatečná krystalizace proběhla v dostatečném rozsahu (proto je výhodné systém používat pro sanaci starších betonových konstrukcí, které vykazují známky neustálého plošného průsaku).

TLOUŠŤKA VODONEPROPUSTNÉ Vrstvy v betonu

Při dodržení všech technologických zásad



je výsledkem sanace vznik vodonepropustné vrstvy v betonu, která zasahuje do určité hloubky konstrukce od jejího povrchu s aplikovaným krystalizačním nátěrem. Výraz „určitá hloubka“ je použit zcela záměrně, neboť hloubka, do které jsou utěšňující krystaly schopné „prorůst“, je jednou z nejvíce diskutovaných otázek v oblasti krystalizačních hydroizolací, což ostatně potvrzují i značně rozdílné hodnoty udávané jednotlivými výrobci krystalizačních materiálů (pokud zmíněnou hodnotu ve svých podkladech vůbec uvádějí).

Základním problémem je skutečnost, že měření či zjišťování hloubky změny struktury v betonu vlivem působení krystalizačního nátěru je velmi problematické. Doposud byla ke stanovení hloubky působení krystalizačního nátěru používána jedna z těchto tří metod:

- mikroskopická analýza (většinou SEM – elektronová mikroskopie),
- prvková analýza (elektronová difrakční analýza),
- pořizování radarových snímků.

Princip použití mikroskopické analýzy pro zjišťování hloubkového účinku krystalizačního nátěru je založen na vizuálním porovnávání mikrostruktur v různých hloubkách pod povrchem betonu, na němž byl aplikován krystalizační nátěr. Základním nedostatkem tohoto přístupu je ale skutečnost, že krystalické útvary vytvořené během hydratace cemen-

tu v betonu jsou velmi podobné (většinou téměř shodné) krystalickým formacím vytvořených dodatečnou krystalizací po aplikaci nátěru. To platí zejména při vyhodnocování snímků mikrostruktury pořízených ve vysokém rozlišení (obr. 3, snímek pořízený v rámci mikroskopické analýzy zpracované autorem článku). Naopak, při studiu snímků mikrostruktury pořízených v nižším rozlišení, nejsou utěšňující krystaly vůbec pozorovatelné (obr. 4.). Navíc, jak ukázala analýza publikovaná v [3], portlandský cement za určitých podmínek vytváří vizuálně naprosto shodné „speciální“ jehlicovité krystaly jako krystalizační materiál. Z uvedeného vyplývá, že mikroskopickou analýzu není možné považovat za spolehlivou metodu zjišťování hloubkového účinku krystalizačního nátěru.

Prvková analýza (elektronová difrakční analýza) betonu dokáže zjišťovat změny v množství obsažených chemických prvků v různých hloubkách ve struktuře betonu s aplikovaným krystalizačním nátěrem. Jedná se o méně rozšířenou metodu detekce změn způsobených krystalizačními materiály, navíc používanou (pro dané účely) zatím pouze v zahraničí – např. v [8].

Poslední metodou používanou pro zjišťování hloubky působení krystalizačních nátěrů je pořizování radarových záznamů konstrukcí. Principem metody je porovnávání radarových snímků sanované kon-

strukce pořízených v době před a po sanaci. Na snímcích je potom analyzován rozdílný rozsah oblastí betonu, obsahujících zvýšenou vlhkost, např. v [6].

Problémem všech tří uvedených metod (mikroskopie, radaru i prvkové analýzy) je však skutečnost, že tyto metody měří změny fyzikálních vlastností struktury betonu pouze nepřímo (zejména prvková analýza nezjišťuje fyzikální vlastnosti vůbec, ale pouze chemické složení), tzn. nedokáží přímo stanovit vodotěsné vlastnosti betonu a interpretace jejich výsledků vzhledem k těmto vlastnostem je pouze přenesená.

STANOVENÍ HLOUBKOVÉHO ÚČINKU KRystalizačního nátěru METODOU MĚŘENÍ KONTAKTNÍCH ÚHLŮ

Alternativou k metodám uvedeným v předchozím odstavci je nová metoda, využívající principu měření rozdílné hodnoty kontaktního úhlu testovací kapaliny na povrchu zkoumaného vzorku. Použití této metody je založeno na hypotéze předpokládající rozdílné vlastnosti povrchu (lomové roviny) betonu a betonu s krystalizačním materiálem. Hodnota kontaktního úhlu kapaliny na povrchu materiálu je měřena jako úhel mezi povrchem materiálu a tečnou k povrchu kapky kapaliny, která na něm spočívá.

Lze předpokládat, že beton s aplikovaným krystalizačním nátěrem má po procesu dodatečné krystalizace mnohem

Obr. 1 Sanace lokálních vad nekvalitně provedené betonové konstrukce pomocí krystalizační ucpávky

Fig. 1 Local failures in concrete structure repair by crystalline fast-setting compound

Obr. 2 Plošná sanace betonové konstrukce aplikací krystalizačního nátěru

Fig. 2 Concrete structure rehabilitation by crystalline slurry coat

Obr. 3 Utěšňující krystaly vytvořené krystalizačním materiálem (SEM, zvětšeno 10 000x)

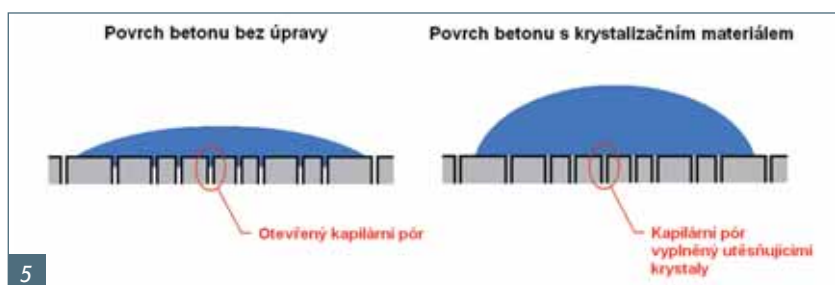
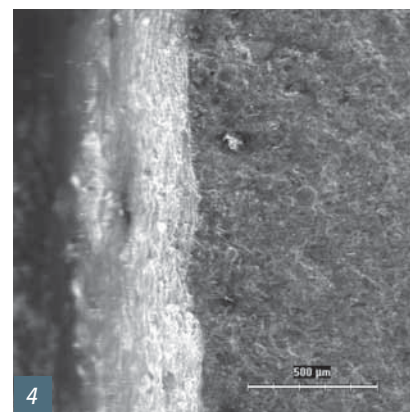
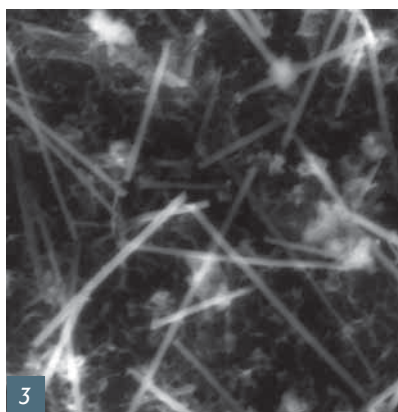
Fig. 3 Crystalline structure created by crystalline material (SEM, zoom 10 000x)

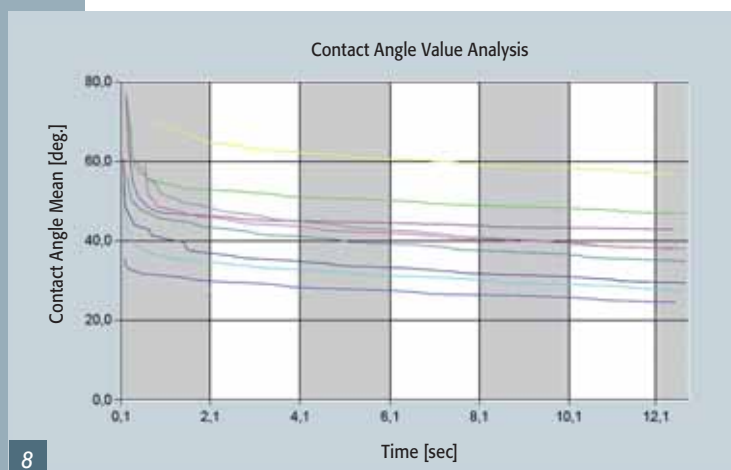
Obr. 4 Detail oblasti styku krystalizačního nátěru s povrchem betonu (SEM)

Fig. 4 The place of contact between crystalline coat and concrete surface (SEM)

Obr. 5 Vliv dodatečné krystalizace na hodnotu kontaktního úhlu

Fig. 5 Additional crystallization effect on contact angle value





Obr. 6 Základ zkušebních těles – betonová krychle s aplikovaným krystalizačním nátěrem

Fig. 6 Concrete cube with crystalline coat (the base platform for test specimen creation)

Obr. 7 Přístroj KRÜSS DSA 100 (laboratoř TU Wien)

Fig. 7 The KRÜSS DSA 100 device (TU Wien laboratory)

Obr. 8 Graf (vytvořený softwarem přístroje) zobrazující hodnoty kontaktních úhlů jednotlivých sond v závislosti na čase pro jeden z testovaných povrchů

Fig. 8 Graph (created by software) – relation between contact angle values and the test time (one of tested surfaces)

více uzavřený pórový systém než beton bez úpravy. Výsledkem tedy musí být vyšší hodnota kontaktního úhlu kapaliny na povrchu lomové roviny betonu s krystalizačním materiálem, neboť uzavřený pórový systém znesnadňuje vsakování kapaliny z povrchu oproti běžnému betonu s otevřenými póry. Princip této úvahy je zobrazen na obr. 5.

Metoda předpokládá měření kontaktního úhlu kapaliny na povrchu řezné roviny betonu vedené kolmo k povrchu s aplikovaným krystalizačním nátěrem. Měření se provádí v různých vzdálenostech od natřeného povrchu (délka kroku cca 5 mm). Cílem zkoušky není zjištění absolutních hodnot kontaktního úhlu v jednotlivých bodech měření, ale sledování změny těchto hodnot v závislosti na hloubce. Od určité hloubky se potom předpokládají již ustálené hodnoty (v oblasti, kam již účinek krystalizačního nátěru nezasáhl). Výhodou metody měření rozdílné hodnoty kontaktního úhlu kapaliny na povrchu materiálu je

skutečnost, že na rozdíl od prvkové analýzy, mikroskopie i radarových snímků je tato metoda založena na přímém měření fyzikálních vlastností materiálu (kontaktní úhel), které přímo souvisí s vodonepropustností.

Stanovení hloubky působení krystalizačního nátěru pomocí metody měření kontaktních úhlů bylo poprvé provedeno autorem článku ve spolupráci s kolegy z Institutu für Hochbau und Technologie na TU Wien v Rakousku. Měření bylo provedeno na zkušebních tělesech, jejichž základem byla normová [4] betonová krychle s délkou hrany 150 mm. Zkušební krychle byla vytvořena z betonu C16/20 a přibližně po dvou měsících byl na jeden z jejích povrchů technologickým postupem předepsaným výrobcem [6] aplikován krystalizační nátěr Penetron (obr. 6). Bezprostředně po aplikaci nátěru bylo přistoupeno k ošetřování natřeného povrchu, které probíhalo po dobu 28 dní (tedy podstatně déle, než je předepsáno). Po dalších třech měsících, kdy

bylo zkušební těleso uloženo v běžných interiérových podmínkách ($\theta = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 50\%$), byla zkušební krychle rozřezána na několik plátek tloušťky cca 20 mm. Jednotlivé plátky byly z krychle vyříznuty ve směru kolmo k povrchu s aplikovaným krystalizačním nátěrem. Na těchto zkušebních plátcích bylo poté provedeno vlastní měření.

Pro experimentální měření byla použita optická metoda měření kontaktních úhlů, neboť tato metoda je vhodná pro měření kompozitních materiálů jako je beton. Měření probíhalo v laboratořích TU Wien (obr. 7) za použití přístroje KRÜSS DSA 100. Vzdálenost mezi jednotlivými sondami byla vždy určena podle struktury betonu v daném místě, neboť bylo třeba vyloučit vliv kameniva (sondy byly samozřejmě prováděny pouze v místě cementového tmelu). Po provedení sond byly pomocí ovládacího softwaru přístroje zpracovány výsledky měření pro jednotlivé body, ve kterých byla zjišťována hodnota kontaktního úhlu. Hodnoty kontakt-

ního úhlu pro jednotlivé sondy v závislosti na čase od aplikace testovací kapky jsou zobrazeny na obr. 8.

Výsledky naměřené během experimentu ukázaly, že u daných zkušebních těles (beton: C16/20, ošetřování nátěru: 28 dní, celková doba mezi aplikací nátěru a měřením: čtyři měsíce) krystalizační nátěr změnil vlastnosti struktury testovaného betonu do hloubky cca 50 mm pod povrchem. Přibližně do této vzdálenosti od natřeného povrchu betonu totiž hodnoty kontaktního úhlu testovací kapaliny zaznamenávaly pokles. Směrem dále od povrchu (do větší hloubky) už zůstávají naměřené hodnoty přibližně shodné.

Měření metodou kontaktních úhlů však může být v daném případě ovlivněno několika faktory, které v důsledku mohou zatížit celkové měření chybou (během experimentálního měření nebyly vždy naměřeny optimální výsledky – hodnoty některých sond se odchylovaly od zmíněné tendence). Typickým příkladem je měření v blízkosti zrna, které může výrazně ovlivnit naměřenou hodnotu kontaktního úhlu. Vliv na hodnotu kontaktního úhlu mají také velké kapilárně otevřené póry na povrchu, úprava povrchu aj. I přes tyto nedostatky lze ale konstatovat, že metoda založená na měření hodnoty kontaktního úhlu kapaliny v různých hloubkách pod povrchem betonu je vhodný způsob, kterým lze sledovat změny struktury v betonu způsobené krystalizačním nátěrem.

ZAVĚR

Výsledky experimentů provedených autorem článku jednoznačně prokázaly hloubkový účinek krystalizačního nátěru, tzn. jeho schopnost změnit charakter pórového systému v betonu do hloubky řádově několika desítek milimetrů pod povrchem, a tím významně snížit jeho propustnost pro vodu. Na základě prezentovaných výsledků a zároveň v kontextu s výsledky předchozího výzkumu prováděného autorem (např. zkoušky propustnosti prováděné dle [5], jejichž výsledky byly prezentovány v [1] a [2]) lze konstatovat, že sanační metody založené na použití krystalizačních nátěrů jsou účinnou formou ochrany betonových konstrukcí proti působení vody a vlhkosti a jejich používání lze (v případě odborně provedené aplikace) doporučit.

Článek byl vytvořen za podpory výzkumného záměru MSM 6840770001 – Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí.

Foto: autor

Text článku byl posouzen odborným lektorem.

Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Fakulta stavební ČVUT v Praze

e-mail: jiri.pazderka@fsv.cvut.cz

tel.: 224 354 708

Literatura:

- [1] Pazderka J., Burgetová E.: Krystalizační hydroizolace, časopis Stavitel 6/08, s. 12-14, Economia, a. s., Praha 2008, ISSN 1210-4825
- [2] Burgetová E., Pazderka J.: Betony s krystalizační příměsí a jejich odolnost proti tlakové vodě, časopis Stavební obzor 7/08, ČVUT Fakulta stavební, Praha 2008, ISSN 1210-4027
- [3] Pazderka J.: Strukturální změny v betonu vyvolané krystalizačními nátěrovými hydroizolacemi a jejich vliv na vodotěsnost sanované konstrukce, 8. konf. „Porucha a rekonštrukcie obvodových plášťov a striech“, sb. s. 77–81, TU Košice, Podbanské 2007, ISBN 978-80-232-0275-5
- [4] ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, ČSN, Praha 2001
- [5] ČSN EN 12390-8 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou, ČSN, Praha 2001
- [6] Xypex – technologie, Nekap, s. r. o., Praha 2005
- [7] Penetron – hydroizolační systém, ABF stavební katalog, CPM, spol. s r. o., Praha 2001
- [8] <http://www.penetron.com/en>

BETOSAN®
alternativa, kterou oceníte



**CERTIFIKOVANÉ
MATERIÁLY
NA BÁZI
SYNTECKÝCH
PRYSKYŘIC**



www.betosan.cz

ADHÉZNÍ MŮSTKY A PEČETÍČÍ VRSTVA

na bázi epoxidových pryskyřic
pro práci za normálních teplot – BETOLIT EP 0-1 DC
pro práci za teplot pod bodem mrazu –
BETOLIT EP 0-1 DC FR
aplikace na vlhké podklady – BETOLIT EP 0-1 DC W

INJEKTÁŽNÍ KOMPOZICE

dvousložkové na na EP bázi – BETOLIT EP 0-1

ZPEVNĚNÍ POVRCHU, PENETRACE

dvousložkové na na EP bázi – BETOLIT KP
na vlhké podklady – BETOLIT KP W

POJIVA PRO POLYMERBETONY

na EP bázi
pro práci za normálních teplot – BETOLIT EP 0-1 DC
pro práci za teplot pod bodem mrazu –
BETOLIT EP 0-1 DC FR
aplikace na vlhké podklady – BETOLIT EP 0-1 DC W

DRŽITEL CERTIFIKÁTU ČSN EN ISO 9001 A 14001



PLNIVA PRO POLYMERBETONY

žárově barvené křemenné plnivo – QUARZCOLOR
optimalizovaná granulometrie – BETOFIL FJ, FH, FH DSH

CHEMICKY ODOLNÉ PRUŽNÉ TMELNÍ PODLAHOVÝCH SPÁR

na bázi epoxidových pryskyřic – BETOLIT EP 0-1 DC flex

OCHRANA PROTI AGRESIVNÍM LÁTKÁM A CHEMICKÝM VLVIVŮM

mechanicky odolné PU báze – BETOLIT PU 0-1
emulzní systém na vlhký podklad EP báze – EPOLIT W

OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ

Na Dolinách 23
147 00 Praha 4

mobil: 602 121 617
tel./fax: 241 431 212
e-mail: praha@betosan.cz