

ELIMINACE BAREVNÝCH ZMĚN NA SKLOVLÁKNOCEMENTOVÝCH DÍLCÍCH

Eva Přichystalová¹
René Čechmánek

Prvky z jemnozrnného betonu vyztuženého skleněnými vlákny (SVB) v sobě slučují řadu příznivých vlastností, a proto nacházejí takto koncipované výrobky stále širší uplatnění ve všech oblastech stavebnictví. Barevné změny neboli výkvěty na sklovláknocementových panelech nemají vedle dočasného negativního efektu na estetiku žádný další negativní vliv na užité vlastnosti výrobku. Cílem experimentálního výzkumu je omezení klíčového procesu vzniku barevných změn, čímž je karbonatace probíhající uvnitř hmoty, za pomoci účelně zvolených přísad a příměsí. Konkrétně se jednalo o použití kyseliny vinné a následně o náhradu mikrosiliky jinými puco lány, jako jsou popílek a metakaolín.

Úvod

Matrice jemnozrnného betonu je tvořena převážně vysokohodnotným portlandským cementem, dále křemičitým pískem a speciálními přísadami. Jako vyztužný prvek bývá zpravidla použito skleněných vláken se zvýšeným obsahem ZrO_2 a povrchovou lubrikací, jež chrání vlákna před agresivním alkalickým prostředím hydratujícího cementu. Prvky zhotovené z takto navržené směsi v sobě slučují řadu příznivých vlastností, jakými jsou např. nízká objemová hmotnost, vysoká odolnost v rázu atd., a proto nacházejí stále širší uplatnění v mnoha oblastech stavebnictví. Trendem posledních let se stalo uplatnění jemnozrnné směsi pro přípravu pohledového betonu.

¹PŘICHYSTALOVÁ Eva, Ing., tel: 543529262

Výzkumný ústav stavebních hmot a.s., Hněvkovského 65, Brno 617 00

ČECHMÁNEK René, Ing., cechmanek@vustah.cz

Výzkumný ústav stavebních hmot a.s., Hněvkovského 65, Brno 617 00

Pohledové plochy SVB architektonických prvků

VUSTAH realizoval v uplynulých letech řadu solitérních produktů z jemnozrnného betonu – zahradní altán, lavičky, fasádní obkladové dílce, květináče, kašnu apod. Problémem se ukázala být výroba fasádních obkladových prvků s výztužnými rámečky a žebry na rubové straně, která však jsou viditelná na straně lícové – pohledové.

Z toho důvodu se zkoušelo jejich odlehčení pomocí vložky z pěnového polystyrenu nebo probarvení hmoty pigmentem, ale ani jedna z možností nevyloučila vystoupení obrysu žebra na pohledové straně. Možnou variantou byla výroba vrstveného SVB, kdy se následující vrstva provádí až na zatuhlou vrstvu předchozí. I když se neprokázalo, že by nedošlo ke spojení jednotlivých vrstev, ani k jejich pozdějšímu oddělení, toto řešení je nevhodné z důvodu prodloužení výroby o nutné technologické pauzy. [1]

Příčiny barevných změn na pohledových plochách

Z předběžného zkoumání příčin vzniku barevných změn (výkvětů) na SVB panelech vyplývá, že při hydrataci cementu dochází ke vzniku C-S-H gelů (hydrátů Ca-silikátů alitu a belitu), z nichž při dostatečné vlhkosti matrice časem vzniká hydroxid vápenatý – portlandit. Kontaktem se vzdušným CO₂ dochází k reakci:



Jak ukázalo RTG – difrakční studium povrchové vrstvy SVB desek, je v této vrstvě přítomen nejen kalcit, ale ve významném množství i metastabilní forma CaCO₃ – vaterit. Tato reakce na rozdíl od „pravé“ tvorby výkvětů neprobíhá od povrchu tělesa (desky) do volného prostoru, ale uvnitř vlastní hmoty výrobku. Vzhledem k tomu, že produkt této reakce má o 11,1% (kalcit), resp. o 18,6% (vaterit) větší objem než je objem výchozí pevné fáze (portlandit), dochází při karbonataci k zaplňování pórů v připovrchové vrstvě, což má za následek uzavření části zbytkové vody z cementové kaše, snížení měrného povrchu a tudíž menší plochu, z níž dochází k odpařování vody. U výrobků s nestejnou tloušťkou stěny se pochopitelně chovají jinak části tenké, z nichž dochází k odparu prakticky veškeré vody rychle, zatímco tlustší části (rámečky) představují rezervoár zbytkové vody, která umožňuje pokračující hydrataci slínkových minerálů na C-S-H gel, jeho přeměnu na portlandit a do momentu, než se výrazněji omezí přístup CO₂ uzavřením povrchu produkty karbonatace, pokračující tvorbou karbonátů.

Dalším faktorem, který velmi ovlivňuje vznik barevných rozdílů, je měrný povrch. Význam tohoto faktoru se ukazuje už ve výrobě u různých druhů podkladního povrchu:

- > nejmenší tvorba map – fólie s drážkami
- > tvorba map – plastová fólie
- > výrazná tvorba map – vodovzdorná překližka
- > velmi výrazná tvorba map – odlévání na povrch skla

Souvislost čím vyšší měrný povrch, tím menší tvorba map je patrně odrazem vlivu nasákavosti podkladu na odvod, odpaření vody. [2]

Eliminace barevných změn na pohledových plochách

Varianty omezení výkvětů

- a) nátěry a chemické povrchové úpravy
- b) aplikace do hmoty
- c) použití kyseliny vinné
- d) pucolánová reakce

Cílem experimentálních prací na VUSTAH bylo vytvořit prvek s výztužnými rámečky a žebry na rubové straně, která však nebudou viditelná na straně lícové (pohledové). K získání co nejpřesnější představy o chování čerstvé betonové směsi a o následném vzhledu povrchu dílců byly nejprve odlity prvky malých rozměrů 260x260 mm. Složení jemnozrnných směsí vycházelo ze základní receptury na sklovláknobeton, která byla postupně obměňována.

a) nátěry a chemické povrchové úpravy

Nátěry a různé chemické povrchové úpravy jsou v tomto případě eliminace barevných změn na betonových panelech nevyhovující, protože ve většině případech překrývají původní pohledový povrch panelu.

b) aplikace do hmoty

Další možností omezení výkvětů jsou aplikace látek snižujících nebo bránících vzniku výkvětů do hmoty. Z rešerší patentových zahraničních výzkumů mohou být uvedeny dva příklady aplikace do betonu, :

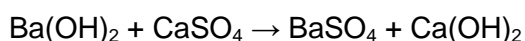
- přísada obsahující *talový olej*, *mastné kyseliny* a *nenasycenou mastnou kyselinu* s 8 – 28 atomy C (olejová, linoleová,..) v hmotnostním poměru talového oleje

mastné kyseliny ku nenasycené mastné kyselině 1:5 → 2:1, k efektivnějšímu vymizení primárních i sekundárních výkvětů v hmotnostním poměru 1:2 → 1,5 : 1. Další možností je, že se díl talového oleje mastné kyseliny a/nebo nenasycené mastné kyseliny nepovinně nahradí formovací solí za skupiny alkanolaminů nebo alkylaminů. U směsí obsahujících alkanolaminy a/nebo alkylaminy probíhá lepší dispergace složek při míšení s cementovými materiály, navíc byl u těchto směsí zaznamenán sklon ke zvýšení pevnosti v tlaku betonu oproti směsím, které neobsahují alkanolaminy nebo alkylaminy.

Praktické uplatnění je uvedeno na příkladu: z betonové směsi obsahující výše uvedenou přísadu byly zaformovány a zhotoveny architektonické dekorační desky, které byly uloženy v ošetřovací komoře. Po 7 dnech nebyl zaznamenán výskyt výkvětů na dekoračních deskách oproti referenčním, na kterých se výkvěty objevily již po 4 dnech. Vzorky s příměsí vykazovaly i velmi nízkou hodnotu nasákavosti. Desky byly dále podrobeny opakovanému smáčení a vysychání – po 20 dnech byly na povrchu jen nepatrně až skoro vůbec viditelné sekundární výkvěty. Značně viditelné mapy byly opět na referenčních deskách. [3]

- kompozice obsahující polyvinylalkohol smíchaný s hydroxidem barnatým nebo oxidem barnatým. Doporučené dávkování přísady do portlandského cementu je v rozmezí 0,75 - 5% polyvinylalkoholu na 100% cementu. Bylo zjištěno, že oxid barnatý nebo hydroxid barnatý reagují s polyvinylalkoholem ve formě sloučeniny známé jako chelaton.

Reakce oxidu barnatého se síranem vápenatým je popsána v následující rovnici:



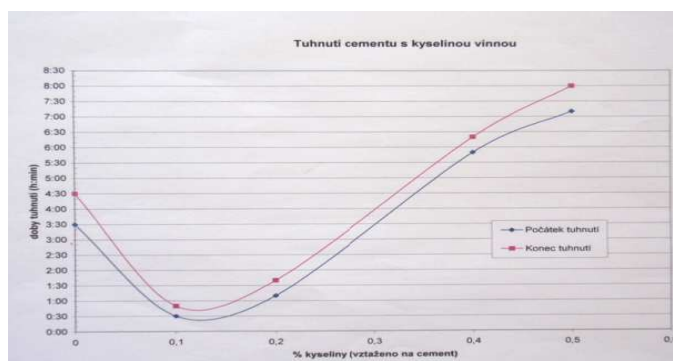
Vápník patří do stejné skupiny jako bárium a shodně oba hydroxidy reagují s polyvinylalkoholem. Tato formulace s polyvinylalkoholem jako činidlem snižujícím propustnost může být použita také ke zvýšení odolnosti proti migraci vody. Tato vlastnost je žádoucí především u betonových prvků, které se používají jako dekorační panely. [4]

c) použití kyseliny vinné

Kyselina vinná byla použita na základě předchozích prací, kdy se vliv kyseliny v betonové směsi projevil pozitivně – výsledná pohledová plocha fasádního panelu byla bez jakýchkoliv barevných změn. Bohužel tento stav se již neopakoval u všech následujících prvků. Na obr. 1 je znázorněn graf závislosti doby tuhnutí cementu na množství přídavku kyseliny vinné, ze kterého se vycházelo při dávkování kyseliny do směsi sklovláknobetonu.

V experimentálních pracích bylo použito množství 0,1% a 0,2% kyseliny na hmotnost cementu, vyšší dávky způsobovaly prodloužení technologického procesu o dlouhé časové úseky a s velkou pravděpodobností byly příčinou silné koroze vytvářecích forem.

Obr.1 – Tuhnutí cementu s kyselinou vinnou



d) pucolánová reakce

Důvodem použití přírodních i umělých pucolánů je pucolánová reakce, která vede ke snížení obsahu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v cementovém tmelu. Pucolány totiž reagují s hydroxidem vápenatým a vytvářejí křemičitany vápenaté a hlinitany vápenaté. Ve sklovláknobetonové směsi působí jako pucolán mikrosilika, která díky velkému měrnému povrchu amorfního SiO_2 reaguje s $\text{Ca}(\text{OH})_2$ velmi rychle, produktem jsou sloučeniny typu CSH. V experimentální části byla vyzkoušena náhrada mikrosiliky jemně mletým ložovým popílkem z elektrárny Hodonín a z Třince a metakaolínem MetaStar 402.

V tab.1 je uvedeno orientační složení vzorků. Jednotlivé úpravy standardní receptury SVB byly provedeny na základě chování betonové směsi při zpracování a podle vzhladu finální pohledové plochy. Všechny připravené směsi byly modifikovány 0,1% kyseliny vinné z hmotnosti cementu, která byla přidávána s druhou dávkou záměsové vody. Zhotovené finální líčové plochy zkušebních panelů jsou zobrazeny na obr.2.

Tab.1 – Orientační složení jednotlivých vzorků

Vzorek	Receptura
Ž1	SVB
Ž2	SVB - změna plastifikátoru
Ž3	SVB - 100% náhrada mikrosiliky popílkem Hodonín
Ž4	SVB - 100% náhrada mikrosiliky popílkem Třinec
Ž5	SVB - 100% náhrada mikrosiliky metakaolínem
Ž6	SVB - 50% náhrada mikrosiliky metakaolínem

Obr.2 – Pohledové (lícové) strany zkušebních panelů

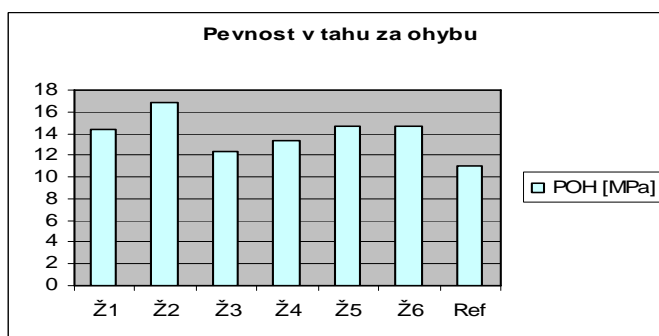


Dávkování kyseliny vinné jako urychlovače tuhnutí se neprojevilo v nijak významném měřítku, proto bude od tohoto přístupu upuštěno. Úplná nebo částečná náhrada mikrosiliky působí příznivě. Z dlouhodobého hlediska použití popílků

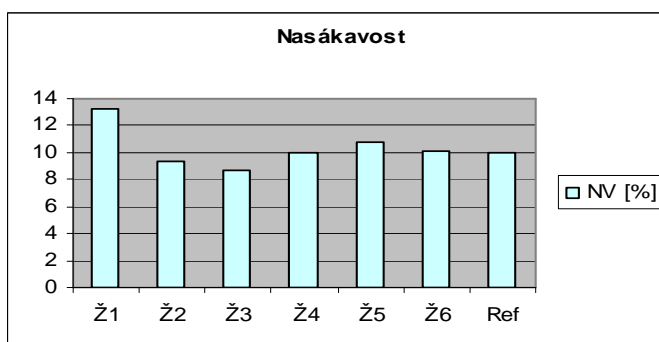
a metakaolínu zabraňuje vymývání alkalických složek z betonu, dochází tedy k potlačení tvorby map a výkvětů na pohledových betonových dílcích.

Na závěr byly odzkoušeny základní technologické vlastnosti jednotlivých modifikovaných vzorků a porovnány s referenčními hodnotami standardní receptury SVB. Výsledky jsou uvedeny v tab.2,3,4.

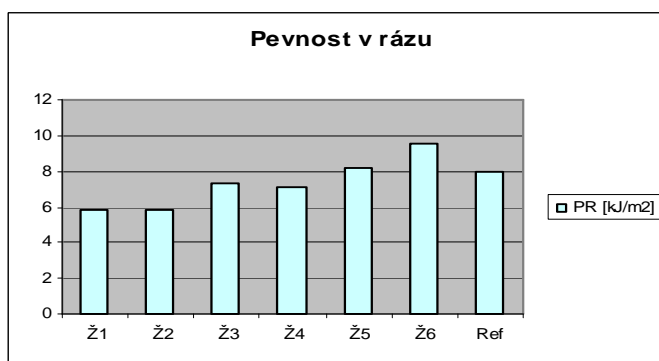
Tab.2 – Pevnost v tahu za ohybu po 28 dnech



Tab.3 - Nasákavost



Tab.4 – Pevnost v rázu po 28 dnech



Závěr

Cílem výzkumu je eliminace barevných změn na sklovláknobetonových dílcích. Z dosud dosažených výsledků vyplývá, že použití ložového popílku a metakaolínu v jemnozrnné směsi zmírňuje výskyt výkvětů na dílcích. V návaznosti na získané poznatky bude skladba surovinové směsi dále optimalizována. Možnou variantou bude i navázání na zahraniční výzkum – použití polyvinylalkoholu, který je charakteristický vysokou molekulovou hmotností, viskozitou a rozpustností ve vodě, smíchaného s hydroxidem barnatým nebo oxidem barnatým. Tato kompozice, podle výsledků ze zahraničí, se vyznačuje vysokou odolností proti vnikání vlhkosti při tuhnutí a tvrdnutí betonu, může být použita také ke zvýšení odolnosti proti migraci vody, což je vlastnost žádoucí u betonových prvků, které se používají jako dekorační panely.

Tento příspěvek vznikl za podpory MPO ČR na základě řešení projektu č.1M06005 CIVAK.

Použitá literatura

- [1] Čechmánek, R.; Architektonický beton odolný proti vlivům prostředí, Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky, VIII. Konference, Telč, 2004, s. 126 - 130
- [2] Sulovský, P.; Boháč, M.; Předběžné výsledky zkoumání příčin vzniku barevných změn na sklovláknocementových panelech, CIVAK 2006
- [3] Anti-efflorescence admixture for concrete products, United States Patent number: 5595594, 21.1.1997
- [4] Composition for eliminating efflorescence in Portland cement products; United States Patent number 3645763, 29.2.1972