

Oponentní posudek na doktorskou disertační práci Ing. Michala Kunce s názvem „Latexem modifikované cementové kompozity“

zpracované v rámci doktorského studia na Fakultě chemické VUT v Brně v doktorském studijním programu Chemie, technologie a vlastnosti materiálů. Vypracováním posudku na disertační práci jsem byla pověřena předsedou komise pro obhajobu disertační práce prof. Ing. Stanislavem Nešpůrkem, DrSc.

Aktuálnost tématu a cíle disertační práce

Téma předložené disertační práce přináší další posun ve výzkumu polymercementových kompozitů, zejména samonivelačních, používaných pro výrobu vrchních vrstev podlahových konstrukcí. Tyto vrstvy musí vyhovovat vysokým nárokům na ně kladeným, zejména odolnost proti obrusu, vysoká pevnost v tahu za ohybu a malé smrštění. Téma disertační práce je tedy vysoce aktuální, protože zkoumá možnosti zlepšení uvedených vlastností, která povedou k vyloučení poruch těchto vrstev při používání v praxi, zvláště u velkoplošných podlah při vyšších zatíženích v průmyslových objektech.

Cíle disertační práce jsou jasně definovány, práce je zaměřena na popis ternárního pojivového systému PC-CAC-CŠ, vývoj prototypu samonivelačního polymercementového kompozitu za použití modifikujících makromolekulárních látek a jeho charakterizace za využití moderních přístrojových fyzikálně-chemických metod. Cíle jsou směřovány také na dopad výsledků disertační práce do praxe.

Postup řešení problému a výsledky disertační práce

Disertační práce je sepsána na 129 stranách, v závěru jsou přiloženy některé protokoly z měření a technické listy použitých základních hmot. Práce je rozdělena na část teoretickou a část experimentální, která obsahuje kapitoly o studiu plniv, mikroplniv, redispergovatelných prášků a dalších aditiv.

Teoretická část je zpracována na 30 stranách, obsahuje složení a druhy křemičitanových a hlinitanových cementů, dále jsou uvedena síranová pojiva (nesprávně označená jako vápenosíranová) a jejich vlastnosti.

Hydratace složek ternárního systému, jehož studium je obsahem disertační práce, začíná popisem hydratace portlandského cementu. Trikalciomaluminát reaguje podle uvedených rovnic pouze v případě, že by se jednalo o portlandský slínek, nikoliv cement. V cementu je obsažen sádrovec, jako regulátor tuhnutí, který vytváří s aluminátovou složkou ettringit. Tvorba ettringitu je zmíněna až v kapitole Hydratace portlandského cementu se síranem vápenatých. Hydratace hlinitanového cementu je uvedena včetně konverze blokovým

schématem, jsou popsány jednotlivé kroky. Příčina zvýšení porozity v důsledku konverze hlinitanů vápenatých ve ztvrdlé pastě není uvedena správně. Stručně je uvedena hydratace ternárního systému, pozornost je věnována kinetice hydratace binární soustavy CA-C₃S.

Podrobně jsou popsány i možné modifikace hmot superplastifikátory, urychlovači a zpomalovači hydratačních reakcí, a také redispergovatelnými prášky, které zvyšují přídržnost k podkladu tenkovrstvého materiálu. Cement s polymerem představuje polymercementové pojivo, které se při vytváření pevné struktury chová zcela specifickým způsobem. Modely tvorby polymerních struktur jsou v práci uvedeny.

Pro tayloring (“šití na míru“) samonivelačních hmot je velmi důležité znát chování jednotlivých složek v souvislostech s ostatními, aby bylo možno upravit vlastnosti čerstvé i výsledné ztvrdlé hmoty na zakázku.

V disertační práci je uvedena metodika práce, včetně parametrů výsledné hmoty, ke kterým je modelový produkt směřován. Stručně jsou popsány i hlavní použité experimentální metody (není zmíněno kvantitativní vyhodnocení XRD).

Experimentální část je sepsána na 71 stranách. Zde je třeba vyzdvihnout podrobné studium ternárního systému PC-CAC-C₃S. Byly stanoveny pevnosti v tlaku po 24 hodinách, objemové změny a doba tuhnutí směsného pojiva v celém rozsahu ternárního diagramu. Na základě takto získaných vlastností bylo vybráno optimální složení pojivového systému PC-CAC-C₃S.

Autor k vybranému složení ternárního pojiva postupně přidával plnivo, mikroplnivo a přísady. Studoval výslednou hmotu systematicky, z výsledků lze odvozovat, jaký vliv mají na výsledný produkt jednotlivé složky. U každého kroku stanovil vlastnosti přidávané složky, a dále vlastnosti produktu v čerstvém i ztvrdlém stavu, včetně mikrostruktury. Pozornost věnoval tokovým vlastnostem čerstvé hmoty, pevnosti v tlaku, obsahu pórů a obsahu ettringitu ve ztvrdlém kompozitu. U některých kroků doplnil výsledky o kalorimetrická měření, dilatometrii, XRD analýzu a elektronovou mikroskopii. Každý krok je v závěru kapitoly diskutován a jsou učiněny relevantní závěry. Ke grafu 35, který vyjadřuje závislost pevnosti v tlaku na obsahu ettringitu a vodním součiniteli, není učiněn relevantní popis a závěr, graf 54, ukazující stejnou závislost, není diskutován.

V práci chybí souhrnná diskuse dosažených výsledků, nicméně, částečně ji nahrazuje kapitola Závěr.

Význam výsledků rozvoj vědního oboru a pro praxi

Předložená disertační práce rozvíjí vědní obor materiálové inženýrství o poznatky složení polymercementových kompozitů se složenou cementovou maticí z portlandského a hlinitanového cementu a síranu vápenatého. Na základě výsledků studia těchto hmot, získaných použitím nejmodernějších přístrojových technik, jsou vyvozeny závěry o složení fází, které v soustavě vznikají, a také o mikrostruktuře kompozitu. Hmoty je zkoumána jak ve stavu čerstvém, zejména její reologické vlastnosti, tak i po vytvoření pevné struktury materiálu vznikem nových fází.

Vývoj nově koncipovaného polymercementového kompozitního materiálu je významný pro technickou praxi. Vyvinutý prototyp splňuje požadavky praxe pro možnost využití při rekonstrukci stávajících průmyslových podlah. Navržený kompozit na bázi polymercementového pojivového systému bude možno využít jako základ pro řadu dalších průmyslově využitelných hmot, např. injektáže, zálivky, správkové hmoty apod.

Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň

Disertační práce má pěknou grafickou úpravu, výsledky jsou zpracovány do přehledných grafů a tabulek, snímky z REM mají dobrou kvalitu. Práce je napsána srozumitelným slohem, v některých případech jsou používány nevhodné výrazy, např. chemismus fungování, robustní hmota, redisperzní prášek, formování ettringitu apod.

Doktorand nepoužívá jednotně názvy v celé práci, střídá výrazy české a převzaté z angličtiny (např. samonivelační – samorozlivné). Některé literární odkazy nejsou uvedeny v souladu s platnou normou ČSN ISO 690:2011 (vydavatel, místo vydání, ISBN apod.).

Přílohy na konci práce nejsou číslovány a v textu na ně není uveden odkaz.

Připomínky a dotazy k disertační práci

Z připomínek vybírám:

Str. 10 – nelze uvést, že hlavními účinnými složkami cementu jsou sloučeniny CaO, SiO₂, Al₂O₃ a Fe₂O₃;

Str. 16 – nesprávně uveden hlinitanový anion;

Str. 19 - nesprávně uveden zkrácený vzorec ettringitu;

Str. 61 – chybí charakteristika mikromletého vápence - granulometrie; označení „velmi jemně mletý“ není technický údaj;

Str. 86 – nejsou uvedeny doby tuhnutí hmoty, přestože se o nich diskutuje.

Dotazy:

- Byla uvažována možnost vzniku thaumazitu v kompozitu s mikromletým vápencem a za jakých podmínek by vznikl?
- S jakou chybou byl stanoven obsah ettringitu?
- Nebylo by vhodnější volit jiný typ urychlovače tuhnutí cementu místo kombinace urychlovač-zpomalovač?

Závěr

Závěrem konstatuji, že doktorand ve své disertační práci prokázal systematický přístup k řešené problematice, svými poznatky přispěl k rozvoji vědní disciplíny v oboru materiálového inženýrství. Disertační práce splňuje obecné požadavky na obsah a formu. Získané výsledky mohou být s úspěchem využity v technické praxi.

Na základě uvedených skutečností doporučuji, aby Ing. Michal Kunc byl připuštěn k obhajobě disertační práce a po jejím úspěšném obhájení mu byl podle zákona č. 111/1998 Sb. a ve znění dalších předpisů přiznán titul Ph.D.

V Brně 16. 8. 2013