

**Oponentní posudek**  
**na doktorskou disertační práci Ing. Ivy Kolářové s názvem**  
**„Vliv zinku přítomného ve vedlejších surovinách na hydrataci a vlastnosti**  
**portlandských směsných cementů“**

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 děkanem Fakulty chemické VUT v Brně prof. Ing. Martinem Weiterem, Ph.D.

**Cíle práce a aktuálnost tématu**

Cílem disertační práce bylo studium vlivu zinku na průběh hydratace a vlastnosti ztvrdlého betonu. Problém přítomnosti sloučenin zinku spočívá v jeho retardačním vlivu na hydrataci cementu. V literatuře není mnoho prací, které by se systematicky tomuto problému věnovaly. Z tohoto důvodu je práce vysoce aktuální, protože průmyslové odpady, které se používají jako reaktivní příměsi do betonů pro snížení celkové spotřeby energie a snížení emisí CO<sub>2</sub>, připadající na daný beton, mnohdy sloučeniny zinku obsahují.

**Postup řešení problému a výsledky disertační práce**

Disertační práce je sepsána na 218 stranách, přílohy obsahují záznamy RTG difrakční a granulometrické analýzy. Práce je rozdělena na část teoretickou (29 stran), rozdělenou do 4 kapitol a část experimentální (165 stran), rozdělenou do 8 kapitol. Na konci experimentální části je uveden obsáhlý závěr. Na konci práce je seznam použité literatury v počtu 108 položek, nechybí seznam použitých zkratk a symbolů. V teoretické části doktorandka uvádí přehled o výrobě portlandského slínku, jeho složení a hydrataci základních slínkových minerálů. Druhá kapitola je věnována směsným cementům, pucolanitě a hydraulicitě příměsí a jsou uvedeny charakteristiky nejčastěji používaných příměsí – vysokopecní strusky a popílků fluidních a z vysokoteplotního spalování. V experimentální části jsou na začátku uvedeny použité suroviny a jejich charakteristika a jsou popsány použité přístroje a metody. Zde bych uvítala podrobnější popis izoperibolického kalorimetru, zvláště měřicí cela je černá skříňka. Vliv zinečnatých iontů a ZnO na hydrataci cementu a vlastnosti ztvrdlého produktu je studován izoperibolickou a izotermickou kalorimetrií, RTG difrakční analýzou, IČ spektrometrií, pevnostmi, morfologie fází a prvková analýza vzniklých produktů jsou prezentovány na snímcích z elektronového mikroskopu. Pozornost je věnována rovněž stabilitě vzniklých fází, byly provedeny vodní výluhy, ve kterých byl stanoven obsah vyloužených prvků a hodnota pH. Zkoušky jsou doplněny o stanovení ekotoxicity.

Po stránce metodiky experimentů je práce zpracována logicky, ale chybí zde blokové schéma experimentů, které by čtenáři usnadnilo orientaci v práci. Je nutno poznamenat, že experimentální část je nezvykle rozsáhlá a někdy až zbytečně podrobně popisované skutečnosti pak vedou k tomu, že se čtenář v problematice ztrácí (mnohdy méně znamená více). Zatímco např. kapitola o kalorimetrických měřeních je zbytečně rozvláčná,

ekotoxikologii, která je z hlediska ochrany životního prostředí důležitá, je věnována minimální pozornost.

Jak je patrné z rozsahu práce, byl vykonán velký objem experimentů, které jsou v disertační práci prezentovány a hodnoceny. Nejrozsáhleji jsou popsány výsledky stanovení kalorimetrických křivek získané dvěma metodami. U obou měření není zachycen počátek hydratace, odpovídající reakci aluminátové složky a vzniku ettringitu. Na několika místech je však popisován aluminátový pík a vliv zinečnatých iontů na jeho výšku. Z čeho byla odvozena výška aluminátového píku, pokud je jím míněn pík v počátku hydratace, když nebyl změřen? Na několika místech je uvedeno, že rozdíly v dosažených výsledcích jsou způsobeny nehomogenitou vzorků. Jakou nehomogenitu má doktorandka na mysli?

Výsledky práce zmapovaly vliv zinečnatých iontů a ZnO na chování portlandského cementu bez příměsí a s příměsmi v průběhu hydratace a na vznik a na morfologii nových fází.

### **Význam výsledků pro rozvoj vědního oboru a pro praxi**

V předložené disertační práci je velmi podrobně prostudován vliv sloučenin zinku, vyskytujících se v reaktivních příměsích do betonu. Původní výsledky, získané při řešení disertační práce, obohatí dosud známé skutečnosti o vlivu zinečnatých iontů na hydrataci cementu a vlastnosti ztvrdlého cementového tmelu. Významné jsou zejména výsledky studia složení vzniklých fází a mikrostruktury. Výsledky řešení disertační práce jsou tedy významné pro rozvoj vědní disciplíny materiálového inženýrství v oboru stavebních poživ.

Výsledky řešení disertační práce mají rovněž význam pro stavební praxi, protože nastoupené tendence ve zvyšování výroby směsných cementů, především s vedlejšími produkty různých výrobních technologií, musí zohledňovat vlastnosti jak dané druhotné suroviny, tak i vlastnosti vzniklého stavebního materiálu.

Disertační práce má tedy význam jak z pohledu rozvoje vědní disciplíny materiálového inženýrství, tak i z pohledu stavební praxe.

### **Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň**

Osnova práce je v souladu se zvyklostmi zpracování disertační práce, výsledky jsou uvedeny v přehledných tabulkách a grafech. Práce je sepsána vcelku čtivým slohem, v textu je však použita řada cizích počeštěných výrazů, které by bylo lepší nahradit českými výrazy, např. inkorporace, formování, dopování apod., těmito výrazy práce na vědeckosti nic nezíská. Kvalita snímků z elektronového mikroskopu, a zejména pak z prvkové analýzy, není dobrá.

### **Vybrané připomínky a dotazy k disertační práci**

- V práci jsou chybně uvedeny některé vzorce, jako příklad lze uvést  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , nebo vzorce slínekových minerálů  $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , také rovnice nejsou správně uvedeny, za číselným koeficientem musí být mezera, naopak ve složených vzorcích mezera být nemá, např. str. 18, rovnice 1.
- Kap. 2.2.2.2 – první odstavec, nevyjadřuje, co je v grafu na obr. 51.
- Výsledky izoperibolické a izotermické kalorimetrie by se neměly výrazně lišit, např. grafy na obr. 54 a 57. Jak lze tak výrazné rozdíly vysvětlit?

- Na obr. 61 jsou na kalorimetrické křivce pro směs s přidavkem 1 % zinečnaté soli mezi aluminátovým a silikátovým píkem další dva píky, které nejsou v textu komentovány. Lze jejich přítomnost vysvětlit?
- Na str. 96 – dole – jsou popisovány kalorimetrické křivky z izotermického kalorimetru, kde se uvádí, že vzorek s 1 % hm. zinku vykázal nižší teplo o  $12 \text{ J g}^{-1}$ , ale dále se rozdíl  $20 \text{ J g}^{-1}$  přisuzuje nepřesnosti měření. Tento postoj je poněkud nezvyklý.
- Str. 118 – čím jsou způsobeny vlny na křivkách na obr. 81? Proč nebylo měření opakováno?
- V kap. o RTG difrakci jsou nesprávně označeny Larnit a Hartrurit.
- Jaký má doktorandka názor na použití fluidních popílků jako příměs do cementů, vezme-li v úvahu výsledky RTG difrakční analýzy uvedené v disertační práci.
- RTG difrakční analýzou nebyl v některých případech nalezen portlandit. Mohou hodnoty pH vyšší než 12 ve výluhu pocházet pouze z pórového roztoku? Jak byl prováděn výluh?
- Z jakých sloučenin pochází vápník ve vodním výluhu v případě přidavku  $\text{ZnO}$ ?
- Obr. 102 – co vede doktorandku k závěru, že na prostředním obrázku vpravo jsou krystaly portlanditu

- **Závěr**

Závěrem konstatuji, že doktorandka ve své disertační práci prokázala systematický přístup k řešení problematice, výsledky a závěry disertační práce přispěla k rozvoji studované vědní disciplíny, práce je významná i z hlediska stavební praxe. Přípomínky k disertační práci nejsou zásadního charakteru.

Na základě uvedených skutečností doporučuji, aby Ing. Iva Kolářová byla připuštěna k obhajobě disertační práce a po jejím úspěšném obhájení jí byl podle zákona č. 111/1998 Sb. a ve znění dalších předpisů **přiznán titul Ph.D.**

V Brně 4. 12. 2015