

Oponentní posudek disertační práce

Ústav: Středoevropský technologický institut VUT

Akademický rok: 2019/2020

Student (ka): Ing. Jakub Roleček

Doktorský studijní program: Pokročilé materiály a nanovědy

Studijní odbor: Pokročilé materiály

Vedoucí disertační práce: doc. Ing. David Salamon, Ph.D.

Oponent disertační práce: doc. Ing. Ondřej Jankovský, Ph.D.

Název pojednání práce: **Příprava hybridních keramických materiálů metodou ice-templating**

Aktuálnost tématu disertační práce:

Na základě dostupné literatury je zřejmé, že v posledním desetiletí výrazně vzrostl zájem o metodu *ice-templating*. Tato metoda byla aplikována na různé druhy materiálů, zejména na keramiku pro výrobu makroporézních vzorků. Je však velmi složité najít konkrétní vztahy mezi jednotlivými postupy a výslednými materiálovými vlastnostmi. Mezi aktuální témata patří i příprava a charakterizace hybridních keramických kompozitních materiálů, biokeramických scaffoldů i materiálů pro balistickou ochranu. Téma práce proto považuji velmi aktuální.

Splnění stanovených cílů:

Hlavním cílem této disertační práce bylo zvládnout techniku *ice-templating* (freeze-casting) pro vzorky větších rozměrů pro přípravu hybridních keramických kompozitů. Dalšími dílčími cíli byla příprava vhodných keramických suspenzí a popis jejich chování během procesu *ice-templating*, vyhodnocení mechanických vlastností vzorků připravených metodou *ice-templating* na základě mikrostruktury a příprava a charakterizace hybridních keramických / polymerních kompozitů. Všechny vytyčené cíle práce byly bez výhrady splněny.

Postup řešení problému a výsledky disertace:

Postup řešení:

Pro přípravu vzorků byla využita zejména metoda *ice-templating*, případně modifikovaná metoda nepřímého 3D tisku kombinovaná s *ice-templating*. Byly připraveny hybridní keramické kompozity na bázi oxidu hlinitého, hydroxyapatitu i kompozity na bázi keramika/polymer. Vzorky byly analyzovány širokým spektrem analytických metod: SEM, obrazová analýza, XRD, porozimetrie, dilatometrie. Dále byly stanoveny mechanické vlastnosti vzorků včetně balistického testování.

Výsledky práce:

- 1) Byl zkonstruován přístroj na *ice-templating* který umožnil přípravu velkých vzorků (scale-up)
- 2) Byly úspěšně připraveny suspenze s optimalizovaným složením pro *ice-templating*
- 3) Byly připraveny biokeramické scaffoldy na bázi hydroxyapatitu pro náhradu kostí
- 4) Byly připraveny hybridní kompozity na bázi oxid hlinitý/polymer a byly vyhodnoceny mechanické vlastnosti
- 5) Balistické testy kompozitů alumina/polymer odhalily, že většina kompozitů prezentovaných v této práci není schopna účinně zastavit střely s průbojným jádrem.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru:

Využitelnost výsledků práce pro praxi je zcela zřejmá, bylo dosaženo několika zajímavých výsledků. Ukázalo se, že kombinace procesu *ice-templating* a nepřímého 3D tisku umožňuje výrobu biokeramických scaffoldů na bázi hydroxyapatitu pro kostní náhrady. I když balistické testy pro kompozitní materiály nedopadly ideálně, snaha o přípravu nových lehkých kompozitních materiálů je velmi žádaná.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:

Grafická stránka: Práce je doplněna vhodným množstvím obrázků. Kvalita některých obrázků není nejlepší, doporučil bych použít fotoaparát s kvalitní optikou na místo mobilního telefonu. Naopak grafy jsou zpracovány kvalitně.

Jazyková stránka: Jazyková úroveň práce velmi dobrá.

Formální úprava: Po formální stránce splňuje práce veškeré požadavky. Vytknul bych pouze nejednotný formát citací.

Dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona.

Připomínky:

Experimentální část (zejména kapitola 4.5. Characterization) by mohla obsahovat více informací. U SEM by bylo dobré uvést urychlovací napětí, a zda byl povrch vzorků před měřením nějak upraven, aby nedocházelo k nabíjení. U XRD se obvyklé uvádět krok měření a vlnovou délka pro $K_{\alpha}(\text{Cu})$.

Obrázky 43 a 44 jsou dost nepřehledné. Přiřazené fáze na první pohled příliš neodpovídají naměřeným difraktogramům. Doporučil bych každý difraktogram nechat jako separátní obrázek a charakterizovat u něj veškeré přítomné fáze, případně i jejich poměr např. Rietveldovou analýzou. Zároveň je vhodné uvádět číslo reference ve formě (JCPDS resp. ICDD xx-xxx-xxxx).

Tyto nedostatky však významně nesnižují kvalitu práce, práce je velmi kvalitní. Níže uvádím další drobné nedostatky formálního charakteru:

- Obrázek 28 – chybějící popis b)
- Různý počet desetinných míst v tabulkách
- Nejednotný formát jednotek A/B vs. $A \cdot B^{-1}$
- Desetinné čárky místo desetinných teček v obr. 51 a 52
- Některé obrázky obsahují červené potržení – obr 24, 27, 32
- Nejednotný formát grafů – některé v excelu, jiné v originu

Dotazy:

Jaké jsou nejnovější trendy v oblasti balistické ochrany? Jaké je využití nanomateriálů (např. kompozity s grafenem)?

U oxidu hliníového uvádíte průměrnou velikost částic D50. Nebylo by výhodné pro přípravu vzorků použít směs dvou či více různých velikostních frakcí, jak se běžně používá např. pro žárovzdorné materiály na bázi $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$?

Kde vidíte hlavní důvod relativního neúspěchu hybridního kompozitu během balistických testů?

Celkové zhodnocení disertační práce:

Na základě nadprůměrné kvality disertační práce a množství publikovaných výsledků jednoznačně doporučuji disertační práci Ing. Jakuba Rolečka doporučuji k obhajobě pro udělení akademického titulu "doktor" (Ph.D.).

V Brně dne 21.10.2019

doc. Ing. Ondřej Jankovský, Ph.D.

