

Oponentský posudek disertační práce

Název práce: Tailoring structure and behaviour of multiphase polymeric systems using layered silicates

Autor práce: Ing. Jakub Rotrekl

Školitel: Ing. Ivan Kelnar, CSc.

Formou disertační práce je soubor deseti relevantních publikací doktoranda opatřených úvodem a závěrem, vše v anglickém jazyce (pochopitelné s ohledem na tuto formu zpracování práce) což se v souladu s vnitřními předpisy Univerzity Pardubice. Samotný úvod specifikuje cíl práce, jímž jsou nové strategie k dosažení řady simultánních efektů mechanických i strukturních se zaměřením na nové morfologie, a to ve vybraných multifázových polymerních systémech a za využití vrstevnatých silikátů. Tento poměrně široký úkol je následně blíže upřesněn ve třech dílčích milnicích. Vlastní disertační práce v anglickém jazyce má přes 100 stran textu, z toho téměř 90 stran tvoří reprinty publikací čili vlastní tvůrčí část disertace. Citace doplňují samotné primární práce, je však souhrnně uveden seznam zkratk a symbolů. Porovnáním rozsahů jednotlivých kapitol je zřejmé, jaké pensum nových významných poznatků disertační práce přináší, přičemž publikované práce využitě v disertaci jsou tvořeny 8 články ve 4 časopisech s dobrými IF, 2 práce jsou pak citované postery ze zahraničních konferencí.

Zhodnocení významu pro obor a aktuálnost práce

Výzkum v oblasti nových multifázových polymerních systémů plněných i neplněných je s ohledem na vlastnosti studovaných nových materiálů vysoce aktuální. U plněných systémů (do této práce zahrnuty pouze organomontmorillonity) k tomu navíc významně přispívají i vlastnosti plniv a jejich kompatibilita s matricí. Výzkum v této oblasti nepochybně přispívá rozvoji nových materiálových struktur, je náročný s velkou mírou novosti.

Postup řešení problému, použité metody a splnění cíle práce

Disertační práce je tématicky rozdělena do dvou částí, z nichž první tvoří výzkum nanokompozitů s vícefázovou termoplastickou složkou modifikovanou elastomery při použití nanoplňiva a druhou studium řídicího efektu nanoplňiv na chování dynamické fáze u termosetických systémů, kde původně mísitelné a částečně mísitelné směsi podléhaly v průběhu třírozměrného síťování a narůstání své struktury separaci fází. Ačkoliv je disertační práce ve svém názvu věnována vrstevnatým silikátům jako plnivu, věnuje se ve všech případech pouze několika organomodifikacím montmorillonitu. Přitom vrstevnatých silikátů je mnoho (např. kaolinit, hektorit, vermikulit) s rozdílnou morfologií, strukturou a nepochybně i aplikovatelností v polymerních kompozitech. Nechápu tedy, proč v samotném názvu disertace nebylo zaměněno sousloví „layered silicates“ za termín „montmorillonite“. Otázkou však také mohlo být, že jiné smektity a obecně vrstevnaté silikáty aplikovány z nějakého důvodu být nemohou. Tím se dostávám k obecnému úvodu disertační práce, který je zpracován na necelých 1,5 stránce, přičemž obsahuje pouze komentář k uvedeným polymerním systémům a obecně vlivu nanoplňiv. Jelikož úvody všech článků se pochopitelně nezajímají detailně strukturou vrstevnatých silikátů, není nikde uvedeno, co je montmorillonit a jaká je jeho unikátní struktura umožňující výměnu iontů anorganických/organických. U publikací je to pochopitelné (u dvou z nich je přece jen v názvu MMT). Stejně tak se čtenář informativně nedozví, co je mikrokompozit a nanokompozit s interkalovaným a exfoliovaným minerálem. To je škoda a právě úvod disertace byl tím pravým místem, kde by se tyto pojmy mohly ukázat.

Totéž platí v menší míře i o kapitole Experimental. Konstatování, že k charakterizaci systémů byly využity rheometrie, DMA, SEM, TEM etc...se mně zdá pro účely tezí disertace opravdu

výrazně stručné a používané experimentální metody snad mohly být popsány na několika stránkách disertace podobně jako podmínky experimentů.

Síla práce je naopak ve zpracovaných tématech a získaných výsledcích, a to je nesporné. Cenné jsou např. výsledky u aplikací plniv na bázi organomontmorillonitů u matric s vícefázovou termoplast. složkou modifikovanou elastomery a výsledky studia preblendu organojílu s polymer. složkami a core/shell struktura jílu s inklusemi elastomeru. Výsledky ukázaly, že lze připravit nanokompozit s vyváženými mechanickými vlastnostmi při vhodné kombinaci rigidních a flexibilních inkluzí. U atraktivního tématu zlepšení mechanických vlastností recyklovaného PET se např. ukázalo, že organojíl působí podstatné zjemnění struktury materiálu. Velmi zajímavé výsledky byly získány i v oblasti termosetů, kde se např. významně projevoval vliv nanoplniva na fázovou separaci studovaného systému. Jednotlivé výsledky, které sloužily jako podklad publikací zhodnotil doktorand kriticky v kapitole Discussion of results. Z tohoto zhodnocení je zřejmé, že bylo postupováno systematicky a že doktorand odvedl u všech všech studovaných témat slušné pensum tvůrčí práce.

Vyjádření k závěrům práce a původního přínosu disertanta k dané problematice

V rámci disertační práce bylo dosaženo řady nových až unikátních výsledků v oblasti, kde je zřetelný potenciál využití v oblasti nových materiálů. Ing. Jakub Rotrekl dokázal, že je schopný samostatné vědecké práce, interpretace, třídění a vyhodnocení výsledků.

Vyjádření k systematickosti, přehlednosti, jazykové úrovni disertační práce

Práce je vystavěna na publikovaných článcích a témata jsou rozdělena systematicky. Recenzent v práci neshledal v doprovodném textu (Souhrn, úvod, ...) téměř žádné formální chyby a překlepy (snad jen s výjimkou str. 2/ ř. 2), ale to je při rozsahu něco přes 20 stran vlastně samozřejmé. Jazyková úroveň práce – zde angličtina - je dobrá, ale to opět samozřejmé v souvislosti s publikováním článků v uvedených zahr. časopisech. Takže jedinou otázkou zůstává, nakolik přispěl doktorand svým jazykovým vybavením k sepsání všech publikovaných příspěvků, které jsou základem disertace.

Vyjádření k publikacím autora

Disertant je spoluautorem 10 samostatných prací, tvořících kostru doktorské disertace, a to 8 článků ve 4 impaktovaných časopisech a dvou posterových příspěvků. Autorský tým je tvořen u každé publikace 3 – 6 spolupracovníky, většinou 5, což je zcela přirozené a jde tedy jen o podíl disertanta na uvedených výstupech

Vyjádření oponenta – závěrečná klausule

S ohledem na výše uvedený posudek, a současně s přihlédnutím k závažnosti a obtížnosti tématu a jeho významu konstatuji, že předložená disertační práce Ing. Jakuba Rotrekla splňuje odborné a formální požadavky kladené na doktorské disertační práce

a

doporučuji ji k obhajobě.

Současně žádám disertanta o zodpovězení následujících dotazů:

1. Jaký je podíl Váš autorský podíl v uvedených 10 dílech a jak jste se podílel na zpracování anglických textů publikací?
2. Proč byla studovaná nanoplniva omezena jen na montmorillonit, když téma disertace zahrnuje vrstevnaté silikáty?
3. Jsou v obdobných multifázových systémech obdobných Vámi studovaným aplikovány i jiná plniva?

V Plzni dne 17.4. 2015

Doc. Ing. Petr Duchek, CSc.
ZČU v Plzni, Fakulta strojní
Katedra materiálu
Odd. materiálůvé chemie a ekologie

Tailoring structure and behaviour of multiphase polymeric systems using layered silicates

Disertační práce je zaměřena na studium vlivu vrstevnatých křemičitanů (jílů) na strukturu a vlastnosti vícefázových polymerních systémů založených na termoplastech i reaktoplastech.

Práce má sice klasické členění („Introduction“, „Experimental“, „Discussion of results“ a „Conclusion“), ale jednotlivé části, kromě diskuse, jsou relativně stručné, komponované spíše jako vysvětlující či sumarizující komentář k přiloženému souboru deseti publikovaných článků. Články jsou v angličtině a tak je docela přirozené, že celá práce je též anglicky. Cíle práce jsou přehledné a reálné.

Nejsem angličtinář, ale občas vnímám skladbu věty a jazykové obraty jako nezvyklé. Některá souvětí mi připadala obtížně srozumitelná, např. str. 19: „At supercritical concentration of 20 % PCL the original continuous PCL rich matrix with large epoxy rich inclusions the increasing content of clay leads to transformation across the bicontinuous structure to even epoxy rich matrix with fine PCL inclusions.“ Nevím, jestli to je důsledek snahy autora o co nejstručnější vyjádření, ale doporučil bych volit kratší věty a srozumitelnější angličtinu.

Překlepů jsem objevil jen několik (např. již v české anotaci „inorganické“ místo „anorganické“ nebo na str. 15, kde místo „infectivity“ zřejmě má být „ineffectivity“). Drobné nepřesnosti však unikly i recenzentům přiloženého článku. V publikaci 1 na str. 1282 je „modulated co-rotation twin-screw extruder“ – místo „modular ...“; nebo na str. 1284 text „Figure 2: Effect of clay on the structure of PA6/PS 40/60“ asi má být bez 40/60, neboť legenda “(c) 50/50“, „(e) 60/40“, ... naznačuje i jiné poměry polymerních složek.

Na začátku práce uvedený seznam zkratk je pro čtenáře rozhodně užitečný. Zde bych jen rád upozornil, že použitá zkratka EPR je sice v literatuře dost často používaná, ale neodpovídá normě ISO 1043. Podle ní by měla být EPM, neboť písmeno R je vyhrazeno pro kaučuky s nenasyceným hlavním řetězcem (NR, SBR, ...). Pro kaučuky s nasyceným řetězcem je vyhrazeno písmeno M (EPM, EPDM, CSM, ...).

Použité materiály a podrobné výsledky jsou uvedeny v přiložených publikacích. Z nich i úvodní části je zřejmé, že doktorand je obeznámen s teoretickými základy dané vědní oblasti a ve složité zkoumané problematice se dobře orientuje. Využívá celou řadu moderních a pro daný účel vhodných instrumentálních technik.

Práce obsahuje značné množství experimentálních dat. Výsledky jsou podány přehledně, jejich diskuse je věcná. Zde si vážím toho, že pozorované jevy, přestože se jedná o systémy s komplikovaným chováním, jsou logicky vysvětlovány. Přiložené publikace sice již většinou prošly recenzním řízením, přesto mám k práci několik dotazů, připomínek či námětů k diskusi:

str. 16 – Advantage of this recycled bottle grade rPET (suffering of low toughness similarly to virgin PET) is expected higher affinity to nanosilicates. – Očekávaná vyšší afinita rPET (PET-M, viz publikace 3, str. 3622, Materials) k nanosilikátům je míněna vzhledem k „virgin“ PET nebo recyklovanému PET nemodifikovanému silany nebo jakým polymerům?

kap. 3.2.2 – Vznik ko-kontinuální struktury je z velké míry reologická záležitost a je obecně podmíněn viskoelastickými vlastnostmi fází. Zde je vliv nanopliva přes změnu viskozity vysvětlitelný a v případě potřeby snadno kvantifikovatelný. Rozpustnost/mísitelnost složek je záležitost spíše termodynamická a molekulová hmotnost je základním parametrem ovlivňujícím entropickou stránku těchto procesů. Proto vysvětlení účinku nanopliva přes zdánlivý nárůst mol. hmotnosti epoxidu je logické a snadno pochopitelné.

- Zkoušeli jste ověřit (nebo to popisuje literatura), jak hodně je tento nárůst mol. hmotnosti zdánlivý? Je např. myslitelná k interakce epoxy skupin s aminovými kationty v mezivrstvi jílů a tím vznik dostatečně stabilních agregátů pryskyřice-jíl s chováním výšemolekulární pryskyřice? Nebo existuje nějaký jiný ukazatel, který by mohl diskutovaný vliv kvantifikovat?
- Na separaci fází v daném případě má nepochybně vliv i krystalizace PCL. Je tento proces ovlivňován nanoplivy?

Závěr

Lze konstatovat, že vytyčené cíle byly splněny. Předložená disertační práce splňuje požadavky na disertační práce kladené. Práci proto **doporučuji** přijmout k obhajobě pro získání titulu „Ph.D.“.

V Praze dne 20.4.2015



Doc. Ing. Antonín Kuta, CSc.