

**Prof. Ing. Marcela Pokusová, CSc.**

Ústav výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality  
Strojnícka fakulta STU v Bratislave  
Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava

## **Oponentský posudok habilitačnej práce**

Názov habilitačnej práce: **NUMERICKÉ SIMULÁCIE PRÚDENIA V METALURGICKÝCH PROCESOCH**

Autor habilitačnej práce: **Ing. Peter Demeter, PhD.**

Študijný odbor: **hutníctvo**

Oponentský posudok bol vypracovaný na základe vymenovania za oponenta listom č. 5677/2021 zo dňa 20. 04. 2021 v zmysle §1 ods. 8 Vyhlášky MŠVVaŠ SR č. 246/2019 Z. z. o postupe získavania vedecko-pedagogických titulov docent a profesor. Predmetom posúdenia bola habilitačná práca. Pri vypracovaní posudku som vychádzala z predloženej habilitačnej práce a z podkladov plnenia kritérií Technickej univerzity v Košiciach zverejnených na webovom sídle univerzity.

### **Aktuálnosť študovanej problematiky**

Plynulé odlievanie je dnes už štandardná technológia výroby, ktorou sa vyrába viac ako 95% celosvetovej produkcie oceľových polotovarov vrátane Slovenskej republiky. Rýchly vývoj nových typov ocelí a iných zliatin vhodných pre plynulé odlievanie, vysoké nároky na kvalitu produkcie, požiadavky na znižovanie nákladov a zlepšovanie efektívnosti vytvárajú široký priestor pre výskum a vývoj nielen v oblasti optimalizácie konštrukcie rozhodujúcich uzlov, ale aj riadenia samotného zariadenia pre plynulé odlievanie. Vzhľadom na technologickú náročnosť procesu plynulého odlievania a obmedzené možnosti experimentovania v reálnych prevádzkových podmienkach, má prepojenie numerickej simulácie, fyzikálneho modelovania a praxe zásadný význam pre získanie relevantných výsledkov využiteľných v praxi.

Predloženú habilitačnú prácu, ktorá sa venuje problematike numerickej simulácie prúdenia v metalurgických procesoch, preto považujem za vysoko aktuálnu. Práca sa špecificky orientuje na prúdenie tavenín vo vybraných uzloch zariadenia pre plynulé odlievanie (ZPO), medzipanva a kryštalizátor, ktorých funkčná charakteristika významným spôsobom ovplyvňuje výslednú kvalitu kontizliatkov. Habilitačná práca vzhľadom na jej obsahovú náplň dáva určitý ucelený obraz nielen o možnostiach numerickej simulácie v oblasti prúdenia tekutín, ale prináša aj konkrétne prípadové štúdie aplikácie nástrojov numerickej simulácie realizované na fyzikálnych modeloch uzlov zariadení na plynulé liatie nachádzajúcich sa na Ústave metalurgie.

### **Hodnotenie obsahu práce**

Predložená habilitačná práca je napísaná na 122 stranách, pozostáva z 11 kapitol, obsahuje 135 obrázkov, 16 tabuliek a 74 odkazov na literatúru, pričom autorom alebo spoluautorom 6 z nich je predkladateľ habilitačnej práce.

Koncepcne habilitačná práca pozostáva z troch okruhov. Prvé dve kapitoly obsahujú stručný opis zariadenia plynulého odlievania s poukazom na problémy, ktoré sa vyskytujú v procese kontinuálneho liatia a možnosti hľadania ich riešenia s využitím moderných metód numerickej simulácie.

Jadro práce tvoria kapitoly 3. až 8., pričom kapitoly 6. a 7. predstavujú teoretické východiská do problematiky numerickej simulácie prúdenia tekutín. V kapitole 6 autor definuje nevyhnutné základné vlastnosti tekutín, ktoré súvisia s ich pohybom vrátane matematického aparátu opisujúceho ich prúdenie. Metodika postupu pri riešení úloh numerickej simulácie je rozpracovaná v kapitole 7. Habilitant systematicky opisuje logiku procesu realizácie numerickej simulácie v prostredí softwaru ANSYS pozostávajúceho z 3 etáp, pričom detailne analyzuje a názorne vysvetľuje podstatu a cieľ dielčích krokov v jednotlivých etapách. Nevyhnutným predpokladom pre získanie relevantných výsledkov z numerickej simulácie je výber adekvátneho matematického modelu prúdenia v závislosti od riešeného problému, ktoré autor stručne analyzuje, ale bez poukázania na mieru aplikovateľnosti uvádzaných modelov na prúdenie tavenín v metalurgických procesoch.

Najrozsiahlejšou kapitolou práce je ôsma kapitola, ktorá sa venuje prípadovým štúdiám numerickej simulácie realizovaným v laboratóriu „SiMeT“ a je hlavným prínosom práce, pretože dokumentuje opodstatnenosť prepojenia numerickej simulácie a fyzikálneho modelu pre nastavenie, verifikáciu a následnú validáciu numerickej simulácie vybraného uzlu zariadenia plynulého odlievania, medzipanvy a kryštalizátora, ktorých funkčná charakteristika vyplývajúca z ich konfigurácie ovplyvňuje kvalitu materiálu finálneho kontizliatku. Ako nástroj na posúdenie miery zhody charakteru prúdenia medzi numerickej simuláciou a fyzikálnym modelom autor použil C- a F-krivky a metódu zafarbenia stopovacej látky, ktorú sú predmetom kapitoly 5. Osobitnú pozornosť si zaslúži tretia prípadová štúdia vlastného návrhu fyzikálneho vodného modelu zakriveného kryštalizátora s meniteľnou šírkou stien, v ktorej habilitant zužitkoval svoje dlhoročné skúsenosti, a využil možnosti numerickej simulácie pri posudzovaní rôznych variantov riešenia.

V záverečných kapitolách autor sumarizuje možnosti numerickej simulácie prúdenia v oblasti metalurgických procesov, hodnotí výsledky dosiahnuté v prezentovaných prípadových štúdiách a zároveň poukazuje na nevyhnutnosť prítomnosti fyzikálneho modelu, aby bolo možné korigovať slabé miesta simulácie akými sú vlastnosti zvolenej siete a výber vhodného matematického modelu. Oceňujem, že autor v práci zreteľne ukázal na výhody a možnosti živého prepojenia vedy, praxe a pedagogického procesu.

### **Prínos habilitačnej práce**

Habilitačná práca Ing. Petra Demetera, PhD. predstavuje ucelený rozbor teoretických poznatkov z numerickej simulácie prúdenia s ich následnou aplikáciou na analýzu charakteru prúdenia taveniny pri plynulom odlievaní ocelí vo vybraných častiach zariadenia – medzipanva a kryštalizátor. Opísaná metodika postupu pri realizácii numerickej simulácie v prepojení na prípadové štúdie realizované na fyzikálnych modeloch, ktoré sú k dispozícii na pracovisku autora, sú už v súčasnosti pre svoju názornosť intenzívne využívané aj v pedagogickom procese.

Zo spracovania predloženej habilitačnej práce a publikačnej činnosti vyplýva, že Ing. Peter Demeter, PhD. je vedecko-pedagogickou osobnosťou s dobrými didaktickými schopnosťami a vedeckou erudíciou a je medzinárodne uznávaným odborníkom v študijnom odbore hutníctvo.

## Formálna úroveň práce

Habilitačná práca svojím obsahom aj rozsahom, a tiež po formálnej a jazykovej stránke spĺňa požiadavky kladené na tento typ kvalifikačnej práce.

Práca má aj isté rezervy, a to:

1. v nejednotnej formálnej úprave odkazov v zozname použitej literatúry,
2. V nekonzistentnom zápise a použitom označovaní veličín (najmä kapitola 6 a 7.5) – vektory sa píše rezom písma bold alebo s označením šípkou (napr. rovnica 2, 10, ), premenné – rezom písma italic, špecifický merný objem a kinematická viskozita (rovnica 4 a 6) sú označené rovnakým symbolom, rôzne symboly pre označenie rýchlosti –  $v$ ,  $u$  (rovnice 5, 9 a 11), a pod.
3. v rovnici (2) je veličina  $m$  označená ako hmotnosť sily [kg].

Výsledok kontroly originality nebol k dispozícii, preto sa k nemu nemôžem vyjadriť. Vychádzam však z toho, že práca predstavuje vlastné výsledky autora (prípadne výsledky, na získaní ktorých sa priamo podieľal), dovoľm si predpokladať, že podiel zhody bol minimálny.

## Otázky na autora habilitačnej práce (námety do diskusie)

1. Ktoré matematické modely uvedené v kapitole 7.5 sú podľa autora najčastejšie aplikované v numerických simuláciách prúdenia v metalurgických procesoch s ohľadom na vízie do budúcnosti uvedené v Závere habilitačnej práce?
2. Boli výsledky numerických simulácií z prípadových štúdií prezentované v predloženej práci využité v reálnej praxi?
3. Aké sú podľa autora perspektívne smery aplikácie numerických simulácií v oblasti kontinuálneho liatia? Kde vidíte v tejto oblasti limity a výzvy pre vedeckú obec? Aké sú ďalšie plánované výskumné aktivity resp. vízie ďalšieho rozvoja laboratória „SiMet“?

## Záverečné zhodnotenie

Na základe faktov uvedených v predchádzajúcich častiach posudku si dovoľm konštatovať, že zvolená téma je v súlade s aktuálnymi celosvetovými trendami aplikácie metód numerickej simulácie prúdenia tekutín v oblasti metalurgických procesov a je v súlade s odborom habilitačného konania a inauguračného konania „hutníctvo“.

Predložená habilitačná práca a doterajšie výsledky vedeckej a pedagogickej činnosti preukazujú odborné schopnosti Ing. Petra Demetera, PhD. v oblasti teoretickej, experimentálnej a aplikáцnej, spĺňajú nároky kladené vyhláškou MŠVVaŠ SR č. 246/2019 Z. z. a preto **odporúčam** predloženú habilitačnú prácu prijať k obhajobe a v prípade úspešnej obhajoby pred Vedeckou radou Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach zároveň odporúčam, aby bol

Ing. Petrovi Demeterovi, PhD.

udelený vedecko-pedagogický titul **d o c e n t** v študijnom odbore hutníctvo.

V Bratislave, 17. 5. 2021

  
prof. Ing. Marcela Pokusová, CSc.  
oponentka