

Oponentský posudek k habilitační práci

Ing. Marka Brůny, PhD

„Filtrace hliníkových slitin- využití numerické simulace při získávání nových poznatků“

Habilitační práce ing. Marka Brůny shrnuje na celkem 88 stranách vědecko-výzkumnou činnost autora za zhruba posledních 5-8 let.

Práce je dělena do 6 kapitol, z nichž první tři mají charakter teoretické studie zaměřené na faktory ovlivňující kvalitu taveniny slitin Al (kap. 1), obecnou problematiku filtrace (kap. 2) a možnosti využití výpočetní techniky (simulací pochodů) ve slévárenství (kap. 3).

Další tři kapitoly jsou pak shrnutím experimentů autora při řešení problematiky vlivu filtrace na kvalitu taveniny při jejím několikanásobném přetavování (kap. 4), v kap. 5 je pak popisován vliv filtrů na hydraulické poměry ve vtokové soustavě a poslední kap. 6 je pak věnována zkoumání „přímých“ extrudovaných filtrů s kónickými otvory.

Nakonec práce v kap. 7 autor diskutuje – shrnuje dosažené výsledky a končí uvedením použité literatury pod kap. 8 (celkem 63 literárních odkazů).

Své připomínky/ komentář k předložené práci shrnuji/uvádím v členění podle výše uvedených kapitol.

Kapitola Úvod

Nejasné formulace:

„Turbulence v průběhu plnění se dá do určité míry snížit vhodně navrhnoutou geometrií jednotlivých komponent vtokové soustavy“

„Snížení rychlosti tekutého kovu lze dosáhnout aplikací filtrů do vtokové soustavy. *Není však dokázané že umístěním filtru dochází ke snížení míry turbulence.*“ – citace Campbell ?

Obecně velmi nešťastný/nepřehledný/nezvyklý styl citací v celé práci - prosím bližší vysvětlení

Kapitola 1 – Faktory ovlivňující kvalitu taveniny

Celá kapitola je založena především na citacích prací prof. Campbella včetně jeho známých teorií a obrázků demonstrujících vznik „bifilmů“ v průběhu ne-laminárního, tedy turbulentního, zaplňování dutiny formy taveninou. *Nicméně mě zaujala citace na str. 17 nahoře kde je uveden (Roučka 2004 a také Campbell 2015) – citoval tedy Roučka ve svých skriptech z roku 2004 Campbella 2015?*

Jak souvisí kap.2 – „Zvýšený obsah vodíku v tavenině“ s filtrací?- tj. jak odstranit plyny filtrací?

Kap. 1.3 - Přetavování

„Přetavování hliníkových slitin se stalo důležitou součástí průmyslové společnosti ...“ *formulace!* Přetavování „vratů“ (vtoky, nálitky, zmetky) byla vždy součástí výroby odlitků – využití tekutého kovu u odlitků – 30-50% - dle technologie a použité slitiny. *Ne, že je „přetavování výhodné“, jak dále konstatováno ale v praxi je nezbytné! Bohužel nemáme 100%-ní využití kovu!*

Kap. 1.4 – Zvýšený obsah exogenních vměstků

„Obsah exogenních vměstků (např. vyzdívka) je jedním z nejdůležitějších faktorů, protože představuje iniciační prostor pro difuzi vodíku a následný růst pórů na jejich povrchu.“ - *formulace – vyjadřování – nebo jde o citaci a překlad? Navíc toto je už popsáno v kap. 1.1.3 Campbell včetně obr. 1.3*

Kapitola 2 – Filtrace

Kap. 2.1.3 – Hloubková filtrace

*U hloubkové filtrace chybí vysvětlení mechanismu u **pěnového** filtru – nejpoužívanějšího typu ve slévárenské praxi! Tento typ filtru a jeho zkoumání chybí v celé práci.*

Dotaz: Má habilitant představu o podílu různých typů filtrů ve slévárenské praxi? Proč nebyl nejpoužívanější typ filtru, tedy pěnový do experimentů zahrnut?

Kap. 2.2 – Požadavky kladené na filtry

„Filtrační kapacita“ – (lépe by asi bylo „průtočnost filtru“) Nejasná formulace: „Kapacita mezi jednotlivými filtry by se neměla lišit a mělo by být vyloučené riziko zanesení filtru“ – citace z Andrews – Matthews 2014? Nejasná formulace.

„Pevnost filtrů“ – Citace Roučka 2000 – že je pevnost důležitá aby se jeho části neodlamovaly nebo neuvolňovaly, protože by mohly být později odplaveny do dutiny formy – to není moc objektivní zjištění... Podobně citace z Čech 2007 – skriptu „Slévárenská technologie II“ z 2007 – ten zdroj bych rád viděl s ohledem na problematiku filtrace...

Kapitola 3 – Využití výpočetní techniky ve slévárenství

*Velmi obecný, příliš obšírný a známý popis simulací ve slévárenství a naopak **velmi stručný ve vztahu k problematice jejich užití při filtraci kovů – jen malá kapitola 3.5.3 vycházející prakticky z jediného literárního zdroje a to bakalářské práce (Haluz 2010)***

Kapitola 4- Vliv přetavování na účinnost filtrů

Celkem zajímavá myšlenka zjistit experimentálně účinnost filtrace při stále větším „znečištění“ taveniny vlivem opakovaného přetavování vratného materiálu. Bohužel pro experimenty zvoleny typy filtrů, které nejsou nejvíce používány ve slévárnách, totiž filtry pěnové, u kterých se nejvíce díky jejich struktuře projevuje účinnost „hloubkové“ filtrace.

Experimentální uspořádání (obr. 4.8) by si vyžadovalo určitě lepší zobrazení (grafické, s tvarem odlitku, vtokové soustavy a umístěním filtru) než jak je uvedeno (foto). Podobně, tj. mnohem lépe šlo určitě vyjádřit přehled experimentálních taveb než jak je na obr. 4.9.

Kap. 4.8 - Numerická simulace

Kap. 4.9 – Závěr

Na jakém principu je založena simulace výskytu oxidů? Prosím také o bližší komentář k obr. 4.15- 20. a celé problematice této simulace včetně konstatování v Závěru, kde se uvádí ne vždy pozitivní dopad filtrace na konečnou kvalitu odlitku.

Kapitola 5 – Vliv filtrů na hydraulické poměry

Možná klíčová kapitola z hlediska přínosu ing. Brůny k problematice použití filtrů.

Kap. 5.1 – Analyzované filtry

Jak autor uvádí, cílem experimentů bylo určit vliv filtrů na proudění kovu ve vtokových soustavách (což je dosti obecné konstatování). Dále je zde konstatováno, že kromě jiného (?) bylo snahou stanovit vliv průtočnosti a tloušťky vybraných filtrů (bohužel mimo nejvíce používaných filtrů pěnových) na plnění formy z hlediska vzniku turbulence. Z obr. 5.1 a Tab. 5.1 není zcela zřejmé, podle jakých parametrů

byly filtry vybírány a do Tab seřazeny – průtočná plocha filtru 1 a 4 prakticky totožná totéž u 3 a 5. Navíc tloušťka filtrů u všech stejná (12mm), takže jak potom sledovat její vliv?

Kap. 5.2 – Použité zařízení

K použitému experimentálnímu zařízení: kladně hodnotím uspořádání a znázornění na obr. 5. 2, nicméně odkud jsou brány hodnoty $Sf : Sr$ v Tab. 5.2? Je to z vlastních experimentů (Brůna 2007 a 2008)? A kolik je tedy tato hodnota (rozmezí 4 až 8)?

Kap. 5.4 – Průběh měření

Nejasné konstatování, že „pro snížení rychlosti tuhnutí (?) byla kokila s už vloženým filtrem přehřívána na teplotu 150°C“. A také, „že se snížila intenzita tepelného namáhání filtru při vlastním odlévání „. Hlavní význam tohoto přehřevu je potřeba vidět v lepší schopnosti kovu protéct filtrem při prvním kontaktu s filtrem a zabránění „zamrznutí“ kovu (a tím i zablokování průtoku) ve filtru (tzv. „priming“ – zde druhým faktorem je počáteční metalostatická výška, tj. vzdálenost hladiny kovu v jamce a úroveň umístění filtru + orientace/naklonění filtru ve vtokové soustavě)

Kap. 5.5 – Průtočnost filtrů

Jak přesně zaznamenáván nárůst hmotnosti? A co první dynamický ráz? Filtry se moc neodlišovaly průtočnou plochou – viz jak už uvedeno -z Tab 5.1 je zřejmé, že filtry 1-4 a 3-5 prakticky totožné a jinak všechny velmi podobné. Proto i výsledky na obr. 5.5 jsou velmi blízké. Jinak k obr. 5.6 – na základě kolika měření byly vypočítány rovnice přímek?

Prosím bližší celkové vysvětlení ke konstatování, že s rostoucí průtočnou plochou zkoumaných filtrů roste i průtočnost. To se mě nezdá, vzhledem k předchozím poznámkám ohledně výběru a seřazení filtrů, kdy průtočná plocha je u všech filtrů téměř totožná a u některých dvojic přímo shodná.

Jak například vysvětlit rozdíl v přímkách pro 0735 a 0810, kdy průtočné plochy byly téměř stejné (1348 a 1351)?

Kap. 5.7 – Numerické simulace

Výpočetní čas 120 hod pro jeden model? Jak lze zkrátit? Nastavení vstupních podmínek: najednou použity údaje pro bentonitovou formu? Experimenty s kokilou. Výraz „turbulentní energie kovu“ – jak je definovaná a jak byla pomocí simulací analyzována, jak uvedeno v textu.

V podkapitole „Rychlost taveniny“ – Konstatování „Průtočná plocha ovlivňuje velikost metalostatického tlaku tak, že čím je větší, tím snadněji dochází k uvolňování tlaku. (? Prosím vysvětlení) – Jak může průtočná plocha ovlivňovat metalostatický tlak? (Ten je přece pro daný případ konstantní).

Také konstatování „ Zároveň na rychlost taveniny za filtrem má velký vliv i první nárazová vlna na filtr“ ... Jaký? Bližší vysvětlení.

Kap. 5.8 – Závěr

Zde především o přesné definování pojmu „průtočné plochy filtru“ a poté vysvětlení konstatování : „...při určování průtočnosti filtru je rozhodujícím faktorem průtočná plocha a ne velikost a množství otvorů“

Jinak tzv. efekt trysky ovlivňující rychlost taveniny za filtrem by zřejmě zcela odpadl u nejméně používaných (možná i z tohoto důvodu) filtrů pěnových. Chápu, že simulace by byla u těchto filtrů obtížnější, nicméně prokázaný efekt těchto filtrů na „laminarizaci“ proudění taveniny za filtrem byl

v literatuře vícekrát popsán. Navíc efektivita při zachycování i velmi malých vměstků díky systému filtrace („hloubkové“) je u filtrů pěnových mnohem vyšší než u filtrů „přímých“, kterým se tato práce bohužel pouze věnuje.

Kapitola 6 – Studium filtrů s kónickými otvory

Jistě z hlediska možností aplikací simulací se jedná o zajímavou studii, zajímal by mě praktický dopad na slévárenskou praxi, tj. zda byly tyto filtry, a pokud ano které a s jakým výsledkem ověřeny experimentálně nebo přímo v praxi.

Ze str. 74 není zcela jasné, kým byly simulace prováděny, proč najednou s formou bentonitovou a jaká je souvislost s uvedenými citacemi (Huang,2015), (Sturm, 2012) a (Jiang, 2011) ?

Kapitola 7 – Diskuze výsledků

Tato kapitola shrnuje všechny předchozí kapitoly, ke kterým už byly připomínky/komentáře uvedeny.

O některých zobecňujících závěrech/konstatováních autora by se jistě dalo ještě podrobněji diskutovat, většina připomínek už byla zmíněna výše.

Nicméně bych rád zmínil závěrečné konstatování autora, že svou interpretací výsledků z oblasti filtrace (kdy se zabýval výhradně filtry lisovanými/přímými u slitin Al) autor nechce zpochybnit úlohu filtrů ve slévárenském průmyslu a jako příklad uvádí překvapivě dvě aplikace, ovšem filtrů pěnových a navíc při lití oceli.

Shrnutí – závěrečné hodnocení

I přes výše uvedenou řadu připomínek/ komentářů bych rád konstatoval, že ing. Marek Brůna, PhD splňuje základní předpoklady (po úspěšném obhájení své habilitační práce) pro udělení titulu docenta a to především proto, že:

- 1/ Zaměření tématu práce je pro slévárenský obor stále vysoce aktuální a dosažené výsledky jsou prezentovány na potřebné vědecké úrovni s příslušným využitím bohatých literárních odkazů
- 2/ Z uvedených vlastních prací a pedagogické činnosti uchazeče je zřejmé, že se jedná o pracovníka s potřebnou vědecko- pedagogickou erudicí.
- 3/ Forma a zpracování celé habilitační práce také prokazuje dobré didaktické schopnosti, což autor dlouhodobě prokazuje i v četných prezentacích na mezinárodních konferencích (Např. cena v „kategorii mladých výzkumníků“ na Světové konferenci v Nagoya -Japonsku v roce 2016).

V Brně 8. 12. 2019

Prof. Ing. Milan Horáček, CSc.