Oponentní posudek disertační práce

Synthetic and continuous jets impinging on a circular cylinder: Flow field and heat transfer experimental study

Autor Ing. Zuzana Broučková

Formální popis práce

Posuzovaná práce je předkládána jako doktorská disertační práce Ing. Zuzany Broučkové na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakulta strojní, ke získání titulu Doktor (Ph.D.) v doktorském studijním programu oboru Termomechanika a mechanika tekutin. Školitelem Ing. Zuzany Broučkové je Prof. Ing. Pavel Šafařík, CSc., školitelem-specialistou je Doc. Ing. Zdeněk Trávníček, CSc.

Disertace je datována 2018. Práci v elektronické podobě jsem obdržel 18. 2. 2018.

Disertace má 131 číslovaných stránek, plus 15 stran formálních prohlášení, poděkování, seznamu symbolů a zkratek, včetně titulní strany, které jsou číslovány separátně římskými číslicemi. Disertace je psána v angličtině.

Práce se zabývá úlohou mechaniky tekutin a přenosu tepla, kdy kapalinový proud vytéká z malé štěrbiny a proudí na ohřátý válec. Vynucenou konvekcí pak dochází k ochlazovaní válce. Hlavní část práce se zaměřuje na případ syntetizovaného proudu, kdy nestacionární charakter proudění dává velmi dobré předpoklady pro dosažení vysokých hodnot součinitele přestupu tepla.

Úvodní části práce jsou věnovány současnému stavu problematiky. Jelikož komplexní případ dopadu syntetizovaného proudu na válec nebyl prozatím v literatuře zkoumán, je popis zaměřen na jednotlivé dílčí úlohy, kterými jsou tekutinové proudy z úzké štěrbiny bez ovlivnění stěnou, a to především pro malá Reynoldsova čísla, a dále pak přestup tepla z povrchu válce přirozenou nebo vynucenou konvekcí. Jako referenční případ byl použit proud kontinuální.

V úvodu jsou rovněž vysvětleny dvě hlavní stránky motivace práce – jednak badatelský záměr vyřešit úlohu základního výzkumu v neprobádané oblasti, jednak ukázat potenciální možnosti pro aplikace například při chlazení elektronických součástek. Po shromáždění nezbytných poznatků autorka formulovala tři základní cíle:

1. Popsat chování syntetizovaného proudu vytékajícího ze štěrbiny o šířce menší než 1 mm.
2. Rozšířit tento popis na případ, kdy syntetizovaný proud dopadá na obtékaný válec, včetně porovnání s obvyklejším případem dopadu kontinuálního proudu na válec. Přitom byla použita pracovní hypotéza o podobnosti obou případů pro vhodně definovaná Reynoldsova čísla obou proudů.
3. Kvantifikovat sdílení tepla a navrhnout kriteriální rovnici v podobě vztahu mezi Nusseltovým a Reynoldsovým číslem.

První a druhý cíl spadá do mechaniky tekutin, třetí cíl spadá do nauky o sdílení tepla. K řešení cílů bylo použito několika experimentálních metod. Především to byly optické experimentální metody vyšetřování proudového pole: kvalitativní vizualizace pomocí metody laserem indukované fluorescence (Laser-Induced Fluorescence, LIF), laserová dopplerovská vibrometrie (Laser Doppler Vibrometry, LDV) a planární laserová anemometrie (Particle Image Velocimetry, PIV). Většinou byla měření fázově synchronizována s budícím signálem, se zaměřením na osm významných částí pracovního cyklu.

Třetí cíl se zaměřil na vyhodnocení celkového přestupu tepla a vyhodnocení Nusseltova čísla. Navíc bylo uskutečněno měření v režimu přirozené konvekce, pomocí kterého byla provedena validace metody.

Hodnocení

Všechny formulované cíle práce byly splněny, včetně prokázání platnosti a užitečnosti pracovní hypotézy. Kontinuální a syntetizovaný proud jsou porovnatelné jak z pohledu mechaniky tekutin, tak sdílení tepla. Ovšem definice Reynoldsových čísel jsou vždy poplatná konkrétnímu případu a typu proudu. Rovněž kvantifikace sdílení tepla a tedy navržená kriteriální rovnice pro Nusseltovo číslo platí pro oba impaktní proudy, třebaže mají různou definici Reynoldsových čísel.

Autorka se vyrovnala, v rámci dostupného vybavení, s úskalím optických měření při malých rozměrech a malém Reynoldsově čísle. Přitom se vyrovnala i s nesnázemi, jak skloubit měření na několika pracovištích, včetně převozu experimentálního modelu na Tchajwan (Broučková a kol. [118, 119]). Nezávislé provedení experimentů zvyšuje hodnověrnost dosažených výsledků.

Výsledná práce má logickou stavbu. Výběr metod řešení byl proveden adekvátně. Složení z několika dílčích experimentálních úloh bylo popsáno přehledně. Formální zpracování je na vysoké úrovni. Rovněž oceňuji vypracování práce v dobré angličtině.

Autorka prokázala znalosti problematiky, schopnost samostatné vědecké práce i dovednost provádět kvalitní experimenty. Řešení přineslo řadu původních výsledků. Většina z nich byla průběžně prezentována na vědeckých konferencích, hlavní výsledky jsou publikovány v impaktovaném časopise (Broučková a kol. [134]). Za pozitivní zmínku na tomto místě stojí i sedm dalších článků v několika dalších impaktovaných časopisech, kdy byly syntetizované proudy zkoumány také v jiných souvislostech (str. 124). Taková publikační aktivita je nadprůměrná.

Připomínky a dotazy

Piezoelektrický generátor pracoval ve vodě. Co bylo příčinou volby takového prostředí? Je možno výsledky přenášet na případ chlazení vzduchem?

V práci jsou prezentovány výsledky získané metodou LIF v podobě kvalitativní vizualizace proudového pole. Bylo prováděno také vyhodnocení teplotního pole?

Na konci práce je zmínka o vhodnosti použití rychlého "Time-Resolved PIV" pro další pokračování výzkumu úlohy. Co je konkrétně možné očekávat od takového experimentu a jaké dílčí otázky by to mohlo objasnit?

Závěr a doporučení

Protože disertační práce podle mého názoru splňuje všechny požadavky stanovené v § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb., doporučuji ji k obhajobě na Českém vysokém učení v Praze. V případě úspěšné obhajoby disertační práce pak doporučuji udělit Ing. Zuzaně Broučkové vědeckou hodnost Doktor (Ph.D.).

V Praze dne 8. 3. 2018

Ing. Ladislav Klaboch, CSc., OPTEK, Slezská 97, 130 00 Praha 3
tel. 737 703 714, klaboch at optek dot cz