

Modelování proudění v úzkých mezerách

Helena Mlynaříková¹, Ondřej Publík², Jan Vimmr³

1 Problematika úzkých mezer

Problematika proudění tekutin v úzkých mezerách šířky řádově jednotek milimetrů není na rozdíl od užších (mikro) a širších (makro) kanálů zcela prozkoumaná. Zatímco v mikrokanálech je proudění jednoznačně laminární a v makrokanálech (výšky v řádu centimetrů) lze přibližně usuzovat na režim proudění podle Reynoldsova čísla, v minikanálech může dojít k utlumení turbulentních fluktuací vlivem vazkosti tekutiny a proudění tak i při vyšších Reynoldsových číslech zůstává laminární.

V prezentované práci je zkoumáno proudění vzduchu v úzkém kanálku výšky 2 mm a délky 10 mm, za nímž následuje výtoku tekutiny do volného prostoru. Na vstupu do mezery je atmosférický tlak a proudění je vyvoláno snížením tlaku v prostoru za mezerou.

Experiment provedli Ing. Martin Luxa, Ph.D. a Bc. Jindřich Hála v Aerodynamické laboratoři Ústavu termomechaniky AV ČR v Novém Kníně. Výstupem z měření je především průběh tlaku podél osy mezery a interferogram celé oblasti včetně výtoku do volného prostoru. Numerická simulace je provedena jako dvourozměrná, volný prostor je představován dostatečně velkou oblastí tak, aby stěny neovlivňovaly výtoku z kanálku a simulace tak co nejvíce odpovídala podmínkám experimentu.

2 Numerická simulace

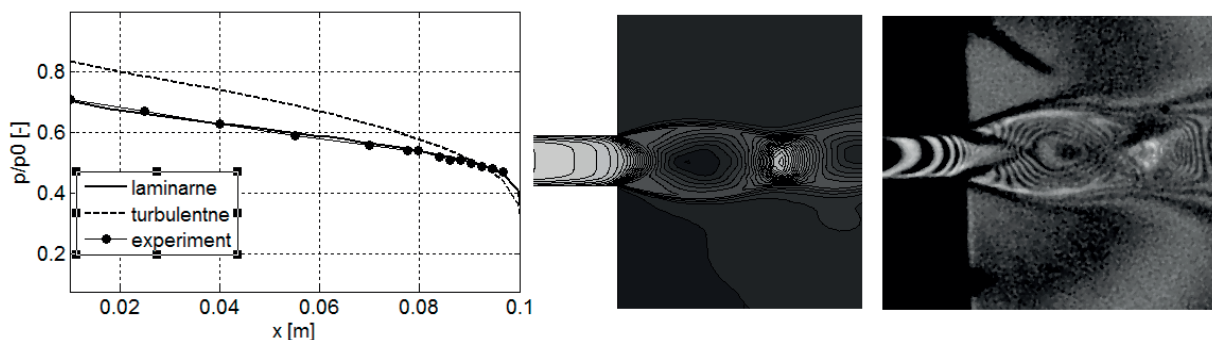
Hodnota Reynoldsova čísla založeného na rychlosti proudění v kanálu, výšce mezery a viskozitě vzduchu je přibližně 30000. Tato již poměrně vysoká hodnota napovídá, že by se v mezeře mělo jednat o proudění turbulentní, tedy první simulace byly provedeny s využitím turbulentního modelu, a to dvourovnicevého $k-\omega$ modelu s úpravou podle Wilcoxe (2006). Z porovnání s experimentálními daty je ale zřejmé, že tento přístup není zcela správný, vypočtený průběh tlaku podél osy mezery je podstatně vyšší. Dalším krokem bylo tedy vyřešení úlohy jako laminární, což dává v tlaku velice dobrou shodu s experimentem, viz obr. 1.

Proudění v úplavu za mezerou ale určitě bude turbulentní, tedy v oblasti okolo výtoku z mezery musí nutně dojít k přechodu laminárního režimu v turbulentní. Dalším krokem byl tedy výpočet s již uvedeným modelem turbulence, v němž byl ale v rovné části omezen člen produkce turbulentní energie, a tedy proudění v mezeře bylo modelováno v podstatě jako laminární. Ve volném prostoru za mezerou již nebyla produkce turbulentní energie nijak omežována a bylo tedy modelováno proudění turbulentní. Tento postup vede v mezeře na stejné rozložení tlaku jako v případě laminárního výpočtu uvedeného výše a porovnání izochar hustoty s interferogramem (obr. 1) ukazuje, že i za výtoku z mezery dává numerická simulace dobré

¹ studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: hmlynar@kme.zcu.cz

² student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: obublik@kme.zcu.cz

³ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky, e-mail: jvimmr@kme.zcu.cz



Obrázek 1: Poměr statického a stagnačního tlaku podél osy kanálu (vlevo), izočáry hustoty vypočtené numerickou simulací (uprostřed) a interferogram (vpravo); experimentální data: Ing. Martin Luxa, Ph.D., Ústav termomechaniky AV ČR; tlakový poměr 0.195

výsledky.

3 Závěr

K přechodu z laminárního režimu proudění do turbulentního ovšem dochází postupně a je potřeba tento přechod správně modelovat. Dalším krokem této práce je aplikovat na danou úlohu vhodný model přechodu, například podle Langtryho (2002), založený na takovém způsobu omezení produkce turbulentní energie, který umožní zachytit přechodovou oblast. Záměrem celé práce je prozkoumat mezery různých šířek (přibližně od 0.5 mm do 5 mm) jak experimentálně, tak numericky, a to pro různé nadkritické i podkritické tlakové spády, a na základě toho poté učinit obecnější závěry o chování tekutiny a režimu proudění v těchto minikanálech.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen studentským grantovým projektem SGS-2013-036.

Literatura

Langtry R. B.: *Prediction of Transition for Attached and Separated Shear Layers in Turbomachinery*. Diplomová práce, Carleton University, Ottawa, Canada, 2002.

Wilcox D. C.: *Turbulence Modeling for CFD*. DCW Industries, La Canada, California, 2006.