

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Středorychlostní tunel, měření sekundárních ztrát

Jaroslav ŠTĚCH

Ing. Jaroslav Štěch, Katedra energetických strojů a zařízení, ZČU v Plzni, Univerzitní 8, 30614 Plzeň, jstech@kke.zcu.cz

Abstrakt: *This article contains summarize the issue of losses influenced by secondary flowing in a blade channel and ways of loss decreasing as well. The most common way to reduce secondary losses in turbine stage is 3D shaped blades. In aerodynamic wind tunnel will be used three kinds blades – prismatic, compound lean and controlled flow. The last type gets the best values of efficiency. The main goal of a measuring on a wind tunnel is complete measuring aerodynamic behaviour behind blade cascade and detailed analysis experimental and numerical data. The last goal will be to determine blade shapes influence on flowing and losses in a blade cascade.*

1. Úvod

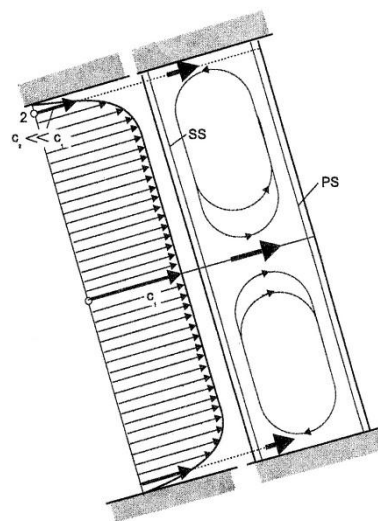
Během proudění reálné (vazké) tekutiny v lopatkových mřížích dochází ke složitým jevům, při nichž dochází k energetickým ztrátám. Pro jejich bližší pochopení se tyto celkové ztráty dělí na ztráty dílčí, např. profilové, okrajové, ztráty vznikající sekundárním prouděním, ztráty netěsností či vějířové.

2. Sekundární proudění

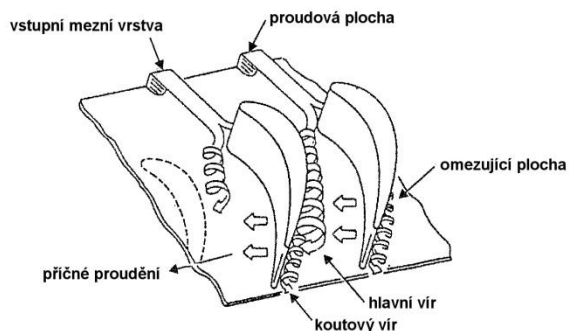
Za toto proudění se považuje prostorové proudové pole, které se vyskytuje v okrajových částech mezilopatkového kanálu. Díky proudění tekutiny skrz lopatkovou mříž vzniká napříč kanálem tlakový gradient. Toto rozdělení tlaku v kanálu má za následek rozložení tlaku po profilu lopatky a také vznik síly. V důsledku nestejného tlakového gradientu po výšce mezilopatkového kanálu dochází ke vzniku sekundárního proudění. V blízkosti omezujících ploch je rychlost tekutiny podstatně menší než uprostřed kanálu, je zde podstatně menší tlakový gradient. Proto v blízkosti okrajů kanálu dochází k příčnému proudění z přetlakové strany lopatky (PS) k sací (podtlakové) straně lopatky (SS), dochází

ke vzniku dvojice protisměrně se otáčejících vírů, tzv. kanálové víry (passage vortex), obr. 1.

Tato dvojice hlavních vírů vytváří sekundární proudění v mezilopatkovém kanálu. Takovéto proudění vytváří jak proudění napříč mezilopatkovým kanálem (obr. 2), ale také proudění po výšce lopatky – u přetlakové strany lopatky od jejího středu k okrajům a na podtlakové straně lopatky od okrajů ke středu. Právě toto proudění na podtlakové straně lopatky zhoršuje proudění v lopatkové řadě, protože vede k zesílení mezní vrstvy na okrajích lopatky.



Obrázek 1: Vznik sekundárního proudění



Obrázek 2: Proudění v mezilopatkovém kanálu

3. Snižování ztrát sekundárního proudění

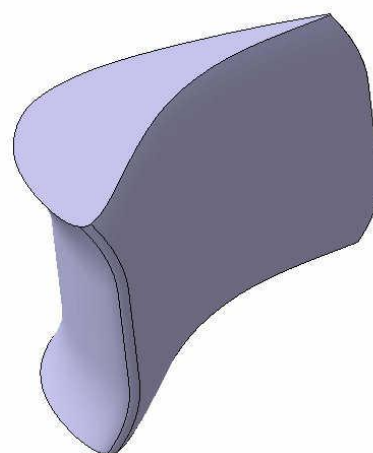
Ztráty lze snižovat několika způsoby, např. odsáváním mezní vrstvy u omezujících stěn. Tím se ovlivní vývoj kanálového víru a to má za následek snížení ztrát. Dalším způsobem, kterým se dají redukovat ztráty, je úprava náběžné hrany lopatky. Rozšířením náběžné hrany se vytvoří silnější podtlaková větev podkovovitého víru. Zmohutněním tohoto víru dojde k omezení intenzity kanálového víru, odtlačí se od podtlakové strany lopatky a tím dojde ke snížení ztrát. V praxi nejvíce použitelný způsob pro snižování sekundárních ztrát je prostorové tvarování lopatek. Touto metodou lze kontrolovat rozložení tlaku v mezilopatkovém kanálu, ovlivňovat výstupní úhel proudu apod.

4. Prostorové tvarování lopatek

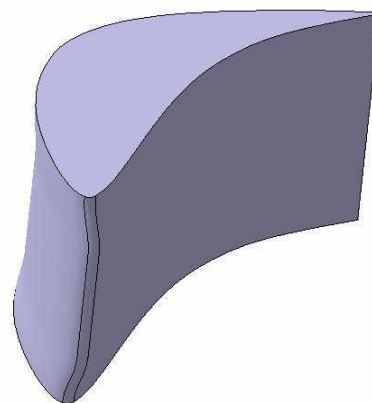
Pro účel měření a vyhodnocení sekundárních ztrát v rámci disertační práce byly navrženy dva typy prostorově tvarovaných lopatek, které vycházejí z rovinného profilu lopatky VS-33. První typ lopatky je tzv. compound lean – složený sklon, neboli lopatka „banánového typu I“, obr. 3. Tato lopatka má symetrické obvodové vysunutí profilů, mimo paty a špičky ve směru rotace oběžné lopatky. U paty a špičky jsou parabolické oblouky. Délka lopatky v rovinné mřížce je 150 mm, těživa má hodnotu 200 mm.

Druhý typ prostorově tvarované lopatky je controlled flow – řízený průtok, lopatka

„banánového typu II“, obr. 4. Tato lopatka není obvodově tvarována v porovnání s typem compound lean. Tvar profilu je konstantní po délce lopatky a je shodný s profilem válcové lopatky a profilem lopatky „banán I“. Úhel nastavení je v porovnání s válcovou, stejně jako s banánovou lopatkou prvního typu u paty a špičky lopatky zvětšen – profilový kanál je přivřený. Naopak ve střední části lopatky je kanál více otevřený. Průběh výstupního úhlu po délce rozváděcí lopatky sleduje uvedené rozložení úhlu nastavení. Rozváděcí lopatka typu „banán II“ je vzhledem ke střednímu řezu lopatky symetrická. Nejedná se tedy o obvodové tvarování listu lopatky, ale o řízený průtok omezením průtoku u okrajů lopatky a s jeho zvětšením ve střední části kanálu. Řízeným průtokem je převedeno průtokové množství pracovní látky od okrajů, kde jsou generovány vyšší ztráty do středu kanálu s menšími energetickými ztrátami.



Obrázek 3: Geometrie lopatky „compound lean“



Obrázek 4: Geometrie lopatky „controlled flow“

5. Středorychlostní tunel

Výše uvedené tvary lopatek budou podrobně proměřeny na středorychlostním tunelu, který se nachází v hale experimentální základny ve Škoda Power, a Doosan Company, s.r.o., obr. 5. Rychlost proudu vzduchu před lopatkovou mříží je 29 m/s. Proudové charakteristiky se budou zjišťovat pětiotvorovou sondou, která bude automaticky traverzovat za odtokovými hranami. Do dnešního dne probíhaly na tunelu přípravné práce a osvojení si funkcí ovládacího programu.



Obrázek 5: Středorychlostní tunel

6. Závěr

Cílem disertační práce bude především detailní proměření proudového pole za odtokovými hranami rozváděcích lopatek jak prismatického typu, tak i obou „banánových“ typů lopatek, jejich vliv na proudění v mezilopatkovém kanálu a tím i na sekundární ztráty. Měření bude probíhat na středorychlostním tunelu. Práce dále bude obsahovat numerickou CFD simulaci proudění v rozváděcí mříži a získané výsledky porovnat s experimentem. To by mělo objasnit důvěryhodnost vypočtených dat. Sloučením experimentálního měření a numerických simulací proudění lze dostat věrohodné výsledky pro návrh nového lopatkování.

7. Literatura

- [1] KADRNOŤKA, J. Tepelné turbíny a turbokompresory. Základy teorie a výpočtů /Vyd. 1.. Brno: 2004. ISBN 80-7204-346-3
- [2] KLEIN, A. Investigation of the effect of the entry boundary layer on the secondary flows in the blading of axial flow turbines. In. BHRA T 1004, 1966
- [3] LANGSTON, L.S.; NICE, M.L.; HOOPER, R.M. Three-Dimensional Flow Within a Turbine Cascade Passage. Journal of Engineering for Power, Transactions of the ASME, Vol. 99, January 1977, s. 21-28



30. Setkání kateder **Mechaniky tekutin** a **Termomechaniky**