

# 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

# Vliv kmitání topné trubky na sdílení tepla v kanálu mezikruhového průřezu

Petr KOVAŘÍK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ing. Petr Kovařík, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, [kovarikp@ntc.zcu.cz](mailto:kovarikp@ntc.zcu.cz)

**Abstrakt:** Článek se zabývá numerickou simulací proudění a sdílení tepla v kanálu mezikruhového průřezu. Pro danou hodnotu velikosti vstupní rychlosti je určen vliv kmitání topné trubky na velikost sdílení tepla v kanálu mezikruhového průřezu podél celé topné tyče. Dále je sledován vliv zjednodušené geometrie distančního kroužku na sdílení tepla v mezikruhovém kanálu.

## 1. Úvod

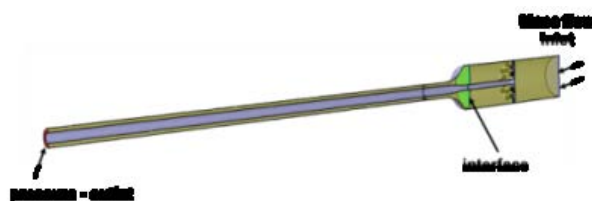
Turbulentní proudění a přestup tepla v zahříváných mezikruhových kanálech je velmi zajímavé téma, protože se vyskytuje v mnoha inženýrských systémech – např. výměníky tepla, svazky palivových tyčí jaderných reaktorů atd. Proud tekutiny vstupující do kanálu výměníku tepla může být v předchozích proudových elementech (v ohybech, regulačních orgánech apod.) do určité míry rozvířen. Změny rychlostních profilů mohou zapříčinit vibrace vyvolané prouděním, které mohou vést ke zničení trubek ve výměnících tepla nebo parogenerátorech. Vibrace mohou snížit účinnost, zapříčinit zničení vlivem únavy materiálu a vyvolat další formy poškození, včetně opotřebení. To může vyústit v nákladné odstávky, opravy a dokonce i výměnu celých trubek. Je dobré porozumět vlastnostem turbulence a sdílení tepla při takovémto proudění, vytvořit model popisující tyto děje a posléze využít tohoto modelu při vývoji těchto zařízení

## 2. Numerická simulace

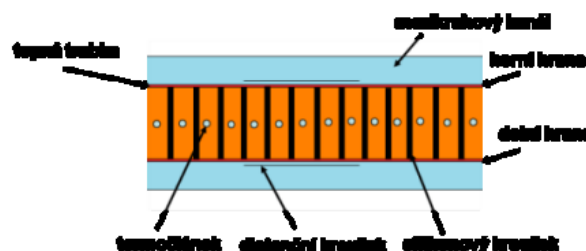
Model 3D geometrie vychází z původního 3D symetrického modelu [1]. Zrcadlením původní geometrie vznikla celá geometrie kanálu mezikruhového průřezu. Na vstupu je zadána okrajová podmínka „mass flow inlet“.

Před vstupem do konfuzoru, za uklidňovacím úsekem, je z důvodu použitého postupu síťování umístěna podmínka „interface“. Na výstupu z domény byla zadána okrajová

podmínka „pressure outlet“. Výkon generovaný průchodem elektrického proudu topnou trubkou (obr. 2) byl zadán jako objemový zdroj do objemu topné trubky. Vzduchové komory v topné trubce byly modelovány jako „solid“ s termofyzikálními vlastnostmi vzduchu. Tím je zamezeno promíchávání vzduchu uvnitř topné trubky vlivem zahřívání. Výpočtová síť celé domény měla velikost cca 10,5 milionu buněk. Výpočet byl nastaven jako nestacionární, stlačitelný, teplotně závislý s modelem turbulence RNG K- $\epsilon$ , řešič Pressure-base. Pohyb sítě byl řízen pomocí UDF makrem DEFINE\_GRID\_MOTION. Výpočtová geometrie modelu palivového článku byla připravena v programu Gambit 2.4.6. K numerické simulaci pak byl použit komerční CFD program Fluent 6.2.16.



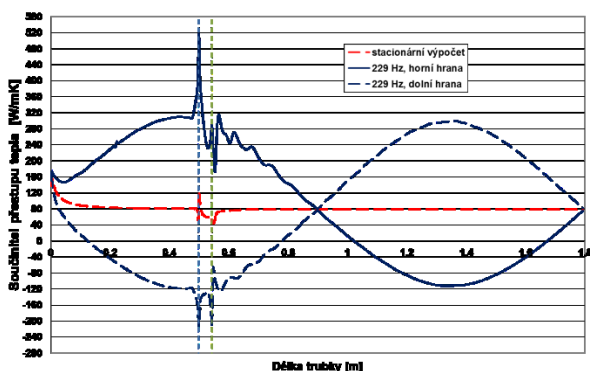
Obrázek 1: Okrajové podmínky



Obrázek 2: Geometrie – detail distančního kroužek

### 3. Výsledky

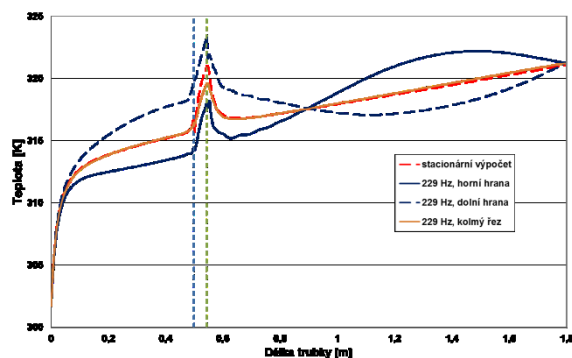
Byla uvažována geometrická varianta se zjednodušenou geometrií distančního kroužku délky 45 mm a vzdáleností 1,5 mm od stěny topné trubky. Pohyb topné trubky odpovídal druhému tvaru kmitu s maximální výchylkou 0,5 mm při výšce kanálu mezikruhového průřezu 11 mm. Frekvence u druhého tvaru kmitu byla 229 Hz. Což odpovídá vlastní frekvenci trubky uchycené na dvou podporách. Vstupní rychlost byla zvolena 15 m/s v kanálu mezikruhového průřezu. Topný výkon odpovídal průchodu proudu o velikosti 150 A.



Obrázek 3: Průběh okamžité součinitele přestupu tepla podél topné trubky

Na obrázku 3 je uveden průběh součinitele přestupu tepla podél topné tyče. Červená čárková hodnota představuje průběh součinitele přestupu tepla pro výchozí stacionární variantu bez kmitání trubky. Je patrné, že po počátečním poklesu součinitele přestupu tepla ve vstupní oblasti mezikruhového kanálu, je jeho velikost po délce trubky konstantní mimo oblast distančního kroužku, kde nejdříve dojde k poklesu a následnému zvýšení součinitele na začátku distančního kroužku a následně součinitel klesá po délce distančního kroužku a na jeho konci se vrací na původní hodnoty. Pro kmitající trubku je součinitel odečten v nulové poloze trubky, do které se trubka dostala z maximální spodní výchylky. Je zde patrné, že průběh součinitele přestupu tepla je ovlivněn tvarem kmitu trubky. Oproti variantě bez kmitání dochází ke zvýšení součinitele přestupu tepla cca 2x na dolní hraně a cca 4x na hraně horní. Na obrázku 4 je znázorněn

průběh teploty podél délky topné tyče je zde opět patrný vliv kmitání, kdy se na sledované hraně teplota zvyšuje a snižuje podle polohy trubky při daném kmitu. Odchytky v teplotách proti variantě bez kmitání dosahují cca 10%. Teplota v rovině kolmé na kmitání odpovídá teplotě trubky bez kmitání ze stacionárního výpočtu, ale dosahuje cca nižší maximální teploty v místě distančního kroužku.



Obrázek 4: Průběh okamžitých teplot podél topné trubky

### 4. Závěr

Byly provedeny numerické simulace proudění vzduchu a sdílení tepla v kanálu mezikruhového průřezu. Výsledky z numerické simulace nám ukazují vliv existence zjednodušené geometrie distančního kroužku, kdy dochází k lokálnímu zvýšení teploty v místě kroužku. Vzhledem k tomu, že na reálné tyči je umístěno několik distančních kroužků, dá se předpokládat, že pro větší teplotní rozdíly by mohlo docházet i k deformaci topné tyče. Při kmitání trubky je průběh součinitele ovlivněn tvarem kmitu, kdy roste a klesá dle vychýlení topné trubky.

### 5. Literatura

- [1] KOVAŘÍK P., NUMERICKÁ SIMULACE PROUDĚNÍ V KANÁLU MEZIKRUHOVÉHO PRŮŘEZU, APLIKÁCIA EXPERIMENTÁLNÝCH A NUMERICKÝCH METÓD V MECHANICE TEKUTÍN A ENERGETICE, 2010
- [2] LINHART J.: VLIV VSTUPNÍ TURBULENCE NA PROUDĚNÍ A SDÍLENÍ TEPLA V KANÁLU MEZIKRUHOVÉHO PRŮŘEZU. VÝZKUMNÁ ZPRÁVA, VŠSE, 1972
- [3] KLÁŠTERKA H.: VLIV KROUŽKU NA PROUDĚNÍ A SDÍLENÍ TEPLA V MEZIKRUHOVÉM KANÁLU, VÝZKUMNÁ ZPRÁVA, VŠSE, 1974
- [4] KOVAŘÍK, P. VLIV KMITÁNÍ TRUBKY NA PŘESTUP TEPLA V KANÁLU MEZIKRUHOVÉHO PRŮŘEZU. ANSYS 2010, 2010. ISBN: 978-80-254-8388-6.