

VLIV OBVODOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI TEPLOT V PLAMENCI A TEPLOTNÍHO NAMÁHÁNÍ TĚLESA HOŘÁKU SPALOVACÍ TURBÍNY NA ŽIVOTNOST

INFLUENCE OF UNEVEN TEMPERATURES IN THE CIRCUMFERENTIAL DIRECTION IN THE COMBUSTION CHAMBER AND OF THERMAL STRESSES OF THE BURNER BODY OF THE GAS TURBINE ON THE SERVICE LIFE

Stanislav Veselý

EKOL, spol. s r.o., Brno

Abstrakt

Ve spalovací komoře mohou vznikat nerovnoměrnosti teplot v obvodovém směru. V příspěvku je analyzována spalovací komora plynové turbíny GT750-6 s mikrodifúzním kruhovým hořákem. Jsou prezentovány výsledky výpočtu teplotních napětí v plamenci a v kruhovém hořáku a z těchto údajů je pak vypočtena životnost těchto částí – odečtená z křivek nízkocyklové únavy materiálu. Je rovněž vysvětlen princip mikrodifúzního hořáku, jeho aerodynamické vlastnosti a jeho vliv na emisní charakteristiky.

Klíčová slova: spalovací komora, mikrodifúzní kruhový hořák

Abstract

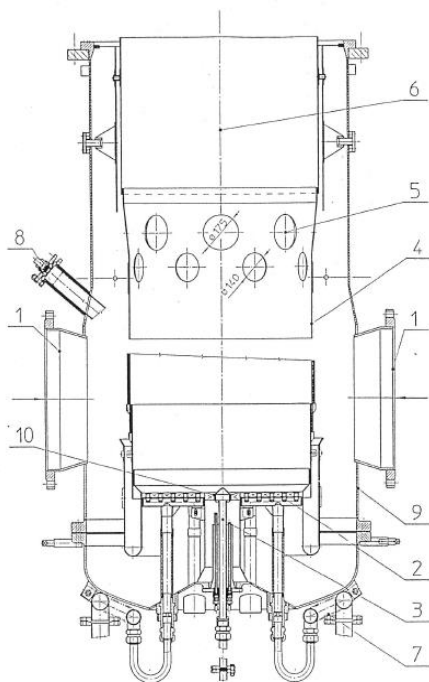
Uneven temperatures in the circumferential direction can occur in the combustion chamber. The combustion chamber of the GT750-6 gas turbine with a microdiffusion circular burner is analyzed. The results of the calculation of thermal stresses in the flame and in the circular burner is presented, and from these data the service life of these parts is calculated – subtracted from the low cycle fatigue curves of the material. The principle of a microdiffusion burner, its aerodynamic properties and its influence on emission characteristics are also explained.

Keywords: combustion chamber, microdiffusion circular burner

Úvod

Autor se dlouhodobě zabývá technologií snižování emisí ve spalovacích komorách spalovacích turbín [2], [4].

Jednou z metod, jak snížit emise NO_x a CO při provozu spalovacích turbín je použití mikrodifúzního hořáku, který je znázorněn na obr. 1 a jehož instalace ve spalovací komoře turbíny GT 750-6 je znázorněna na obr. 2. Naším úkolem bude řešit namáhání kruhového hořáku vlivem teplotních napětí.



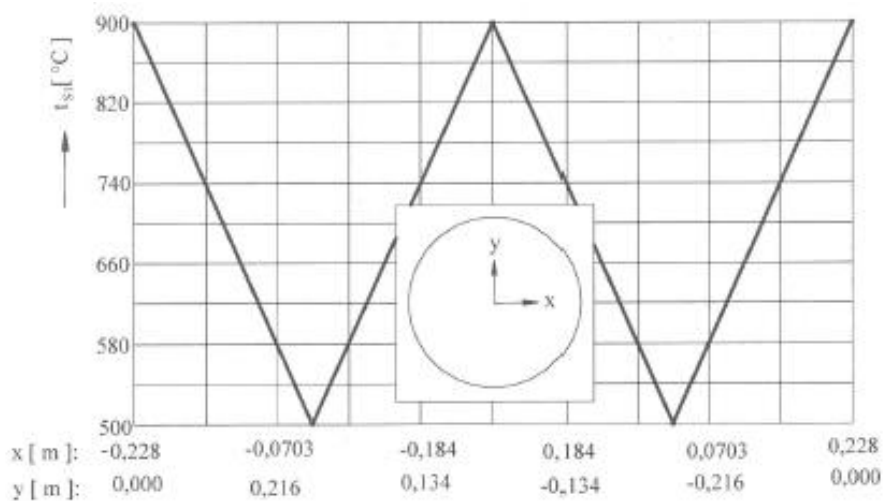
Obr. 1: Podélný řez spalovací komory s kruhovým hořákem



Obr. 2: Foto kruhového hořáku pro mikrodifúzní systém spalování

Vliv obvodové nerovnoměrnosti teplot v plamenci na teplotní napětí

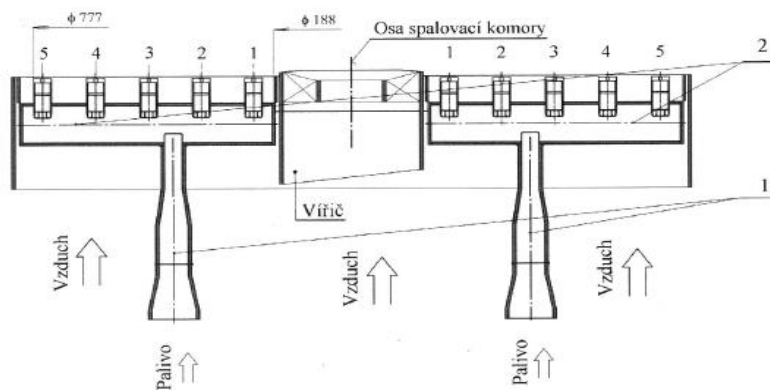
Pro účely tohoto rozboru byla definovaná osově symetrická obvodová nerovnoměrnost teplot spalin na spalovací komoře podle obr. 3. Zde je zřejmé, že byl zvolen rozdíl teplot stěny spalovací komory v obvodovém směru $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž tato nerovnoměrnost se opakuje střídavě po čtvrtině obvodu. Výpočet napětí v plamenci byl proveden programem RELAX 2002, který je popsán v [5]. Úloha je řešená jako rovinné, osově symetrické stacionární teplotní pole, na které navazuje výpočet teplotních napětí. Výsledkem výpočtu jsou teplotní napětí v místech zlomu teploty v hodnotách kolem 13 MPa a jsou tedy naprosto zanedbatelné. Závěrem je možné konstatovat, že obvodová nerovnoměrnost teploty plamence nemůže způsobit vznik napětí či deformace plamence, které by byly pro spolehlivost a životnost nebezpečné.



Obr. 3: Osově symetrická obvodová nerovnoměrnost teplot kovu plamence pro analýzu vlivu na vznik teplotních napětí a deformací. t_{s1} – teplota stěny

Teplotní namáhání tělesa hořáku spalovací komory

Podélný řez kruhovým hořákem je na obr. 4.



Obr. 4: Kruhový hořák. Hlavní rozměry. 1 – přívod paliva do šesti radiálních rozvaděčů, 2 – radiální rozvaděče paliva.

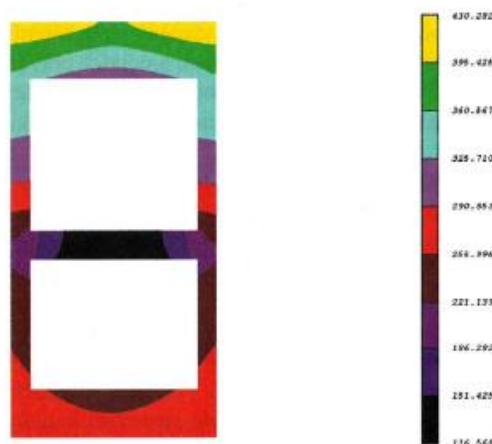
Palivo, které proudí uvnitř hořáku soustavou clon, tvoří zároveň chladící medium. Jedná se o zemní plyn, jehož fyzikální vlastnosti jsou známé. Z vnější strany je kruhový hořák chlazen primárním vzduchem, jehož fyzikální vlastnosti jsou rovněž známy.

Byl proveden hydraulický výpočet systému přívodu plynu do hořáku a hydraulický výpočet přívodu vzduchu s těmito parametry:

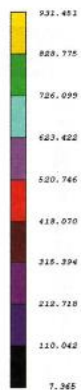
- $T_3 = 1673 \text{ K}$ – teplota plamene v primární části,
- $P_2 = 4,46 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ – tlak vzduchu na vstupu do spalovací komory,
- $C_2 = 35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ – rychlost proudění vzduchu kolem hořáku,
- $T_2 = 672 \text{ K}$ – teplota vzduchu na vstupu do hořáku,
- $t_B = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – teplota paliva na vstupu,
- $m_B = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ – hmotnostní průtok paliva.

Na hydraulický výpočet navazuje výpočet součinitelů přestupu tepla konvekcí na stěnách hořáku. Tím jsme schopni zadat na všech površích hořáku okrajovou podmínku 1. a 3. druhu.

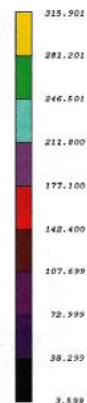
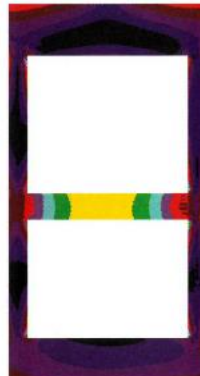
Úloha je opět řešena programem RELAX 2002 jako rotačně symetrická. Nejprve se řeší teplotní pole a z něho je pak odvozena úloha termoelastická. Výsledky výpočtu teplotního pole jsou na obr. 5, výsledky výpočtu pole ekvivalentního napětí HMM jsou na obr. 6 a obr. 7. Detaily jsou uvedeny v [1], [3].



Obr. 5: Stacionární pole kruhového hořáku chlazeného zemním plynem, který proudí uvnitř tělesa a vzduchem, který proudí vně. Teploty jsou uvedeny ve $^\circ\text{C}$.



Obr. 6: Pole ekvivalentních teplotních napětí HMH plynového hořáku chlazeného zemním plynem a vzduchem. Platí řez procházející otvorem pro výstup paliva do spalovacího prostoru. Napětí jsou uvedena v MPa.



Obr. 7: Pole ekvivalentních napětí HMH plynového hořáku chlazeného zemním plynem a vzduchem. Platí pro řez procházející můstkem mezi otvory pro výstup plynu. Napětí jsou uvedena v MPa.

Závěr

Výsledky prokazují, že maximální napětí jsou jednak ve stěně, která odděluje obě komory $\sigma_{\text{MAX}} = 316 \text{ MPa}$ a jednak v okolí otvorů pro výstup plynu z hořáku. Zde je napětí $\sigma_{\text{MAX}} = 938 \text{ MPa}$.

Obě napětí jsou tahová a jsou také v místě vrubu. Proto je nutné brát při hodnocení úrovně teplotních napětí z křivky nízkocyklové únavy Neuberovu křivku pro teplotní namáhání ve vrubech, ze které vyplývá, že životnost součástí je při zatížení 1000 MPa 500 cyklů, což může být hodnota, která u průmyslových spalovacích komor může být dosažena a lze očekávat problémy s praskáním částí hořáku.

Literatura

- [1] Veselý, S. (2007): *Spalovací komory spalovacích turbín*. Galant Brno, s.r.o., Brno. ISBN 80-239-6657
- [2] Veselý, S. (2004): Ekologická modernizace turbín GT 750-6 a GTK 10. *Mezinárodní konference Dny spalování 2004*, Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Brno, str. 47-59. ISBN 80-214-2650-0
- [3] Veselý, S. (2008): *Spalovací turbíny, termodynamika a základy konstrukce*. Galant Brno, s.r.o., Brno. ISBN 978-80-254-0418-8
- [4] Veselý, S. (2004): Possibilities of Reducing Emissions in Burning Natural Gas in Gas Turbine. *Second International Conference on Industrial Gas Turbine Technologies*, Bled.
- [5] Kolár, V., Němec, I., Kanický, V. (1977): *FEM – Principy a praxe metody konečných prvků*. Computer Press, Praha. ISBN 80-7226-021-9