

LOCAL SURFACE TEMPERATURE MONITORING ON STEAM-BOILER AND THERMAL FATIGUE ASSESSMENT

D. Vincour*

Summary: *Results from periodical inspections show the fatigue crack location in basic material of steam-boiler. Cracks were located on internal body surface on edge of the nozzle hole. Calculated results recognize the stress concentration in places with cracks. The possible degradation mechanisms and cause of fatigue defect rise was appointed the thermal fatigue subjected by temperature cycling during the boiler operation. But the temperature cycling was not recognized yet. For this reason it was arranged the short-time temperature measuring on the external nozzle surface near the weld and on the external surface of the boiler body.*

1. Popis měřícího řetězce

Na Obr. 1 je ukázán pohled z ochozu na kotlové těleso s vyznačením zvolených nátrubků pro osazení termočláanky. Na Obr. 2 je půdorys kotlového tělesa s vyznačením umístění autonomní měřící ústředny typu EMS 816 DV a průchodek stěnou pro kabelovou trasu.

Měření byly osazeny dva nátrubky č. 7 a č. 21 z vnější strany a také vnější stěna kotlového tělesa v blízkosti měřených nátrubků. Pro měření byly použity plášťové termočláanky typu K s měřícím rozsahem do 500 °C. Každý nátrubek byl osazen celkem osmi termočláanky. Schéma osazení je ukázáno na Obr. 3.

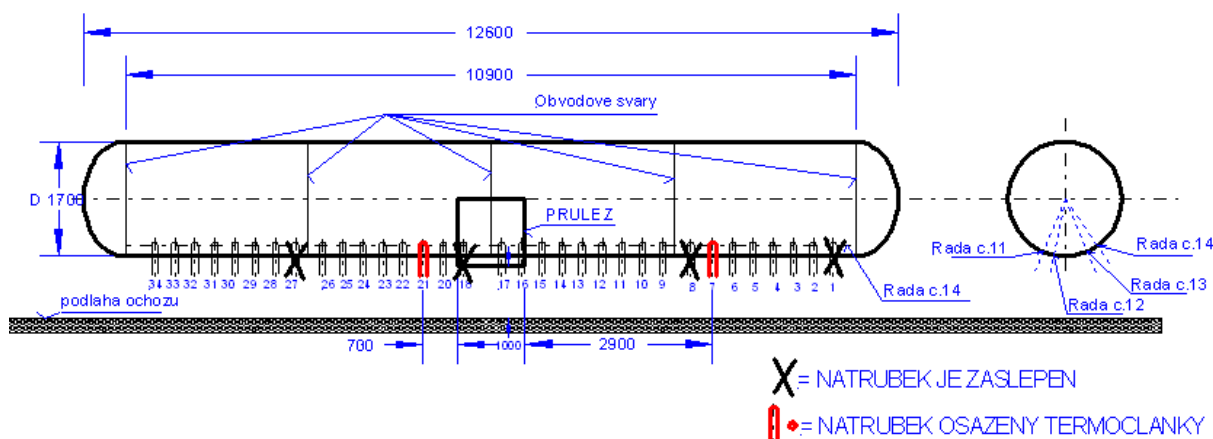
Na Obr. 4 je ukázán osazený nátrubek č. 7, který byl vyfocen z pravé části kotlového tělesa směrem k průlezu uprostřed kotlového tělesa.

Kalibrace byla provedena těsně před spuštěním měření dne 23.1.2009 v 15 hod. Teplota vnějšího povrchu kotlového tělesa i trubek v místech termočláanky byla 37 °C. Měření bylo provedeno dotykovým teploměrem.

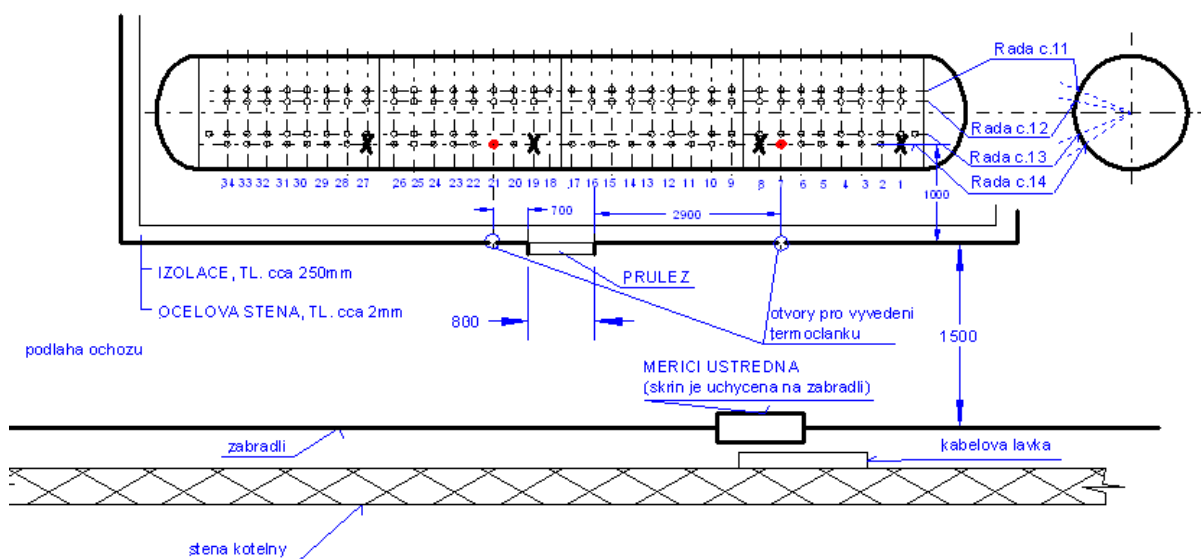
Měřené záznamy jsou trvale ukládány do paměti měřící ústředny s periodou 0,5 Hz (2× za sekundu). Přenos dat z ústředny do přenosného počítače je prováděn obsluhou podle potřeby prostřednictvím síťového kabelu typu Ethernet. Vykreslení a další zpracování dat se provádí aplikačním programem Monitor 45, což je speciální program pro ovládání měřící ústředny. Další zpracování dat je prováděno programem DIALIFE určeným pro vyhodnocování změřených dat a pro průběžné výpočty účinků degračních mechanismů v hodnocených místech zařízení.

* Ing. Dušan Vincour, Ph.D., Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o. Veverčí 95; 611 00 Brno; tel.: +420.541 321 291, fax: +420.541 211 189; e-mail: vincourd@uam.cz

V současnosti jsou k dispozici změřená data v období od 23.1. až 20.2.2009. Předpokládá se, že instalovaný měřicí řetězec by měl zaznamenávat teploty minimálně do dubna roku 2009. S provozovatelem kotlového tělesa je dohodnuto, že bude provádět změny výkonu a dosahovat ostatních přechodových stavů při práci bloku, pokud to provozní situace dovolí. Cílem je pokrýt měřením veškeré teplotní změny na nátrubcích, které nějak souvisí s přechodovými stavy na kotlovém tělese.



Obr. 1 Pohled z ochozu na kotlové těleso



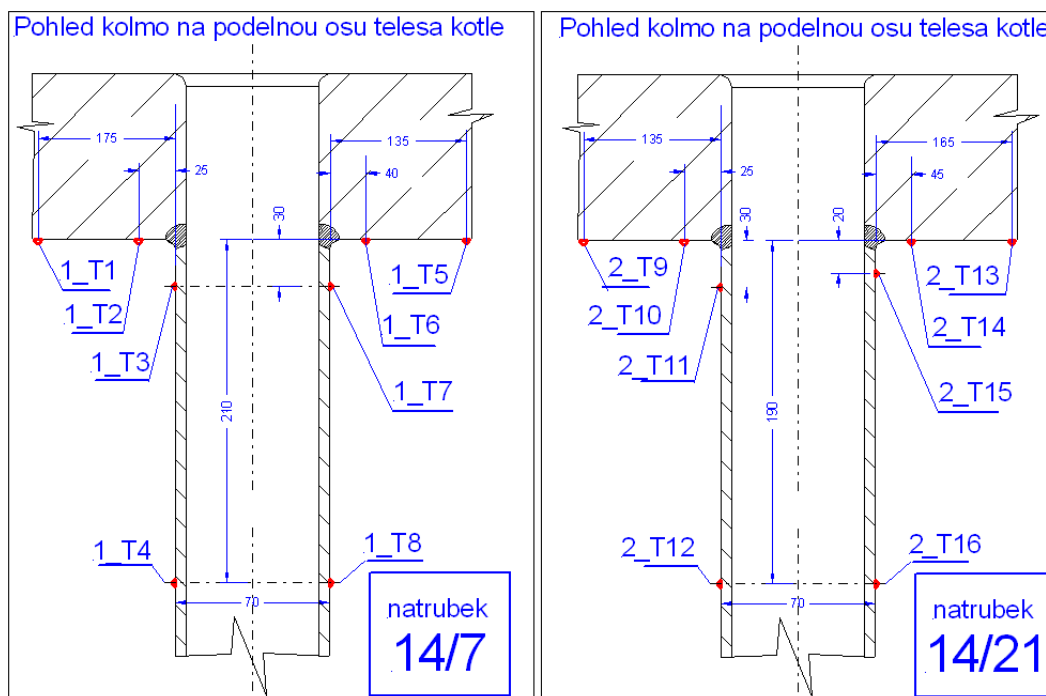
Obr. 2 Půdorys kotlového tělesa

2. Změřené teploty

Na Obr. 5 jsou ukázány změřené teploty na nátrubku č. 7 v celém období měření, kdy došlo ke dvěma nárůstům kotlového tělesa na 270 °C a ke dvěma nárůstům teplot na 85 °C a na 115 °C. Ze záznamu měření je patrné, že teploty na nominální hodnotě kolem 270 °C vykazují velké množství teplotních změn s výkmitem do 3 °C. Naopak při nižších teplotách je průběh ustálenější.

Na Obr. 6 je detailní záznam teplotní změny, která se odehrála dne 7.2.2009 v čase od 7:26 do 7:37. Z počáteční teploty 95 °C nastal relativně prudký nárůst teplot na přívodním potrubí

na 114 °C během 30 s. Pak následoval pokles na 75 °C během 120 s. Dále se teplota nátrubku i pláště po několika cyklech ustálila na 86 °C. Vzhledem k tomu, že teploty jsou měřeny na vnějším povrchu potrubí a pláště, lze předpokládat, že teplotní změny na vnitřním povrchu

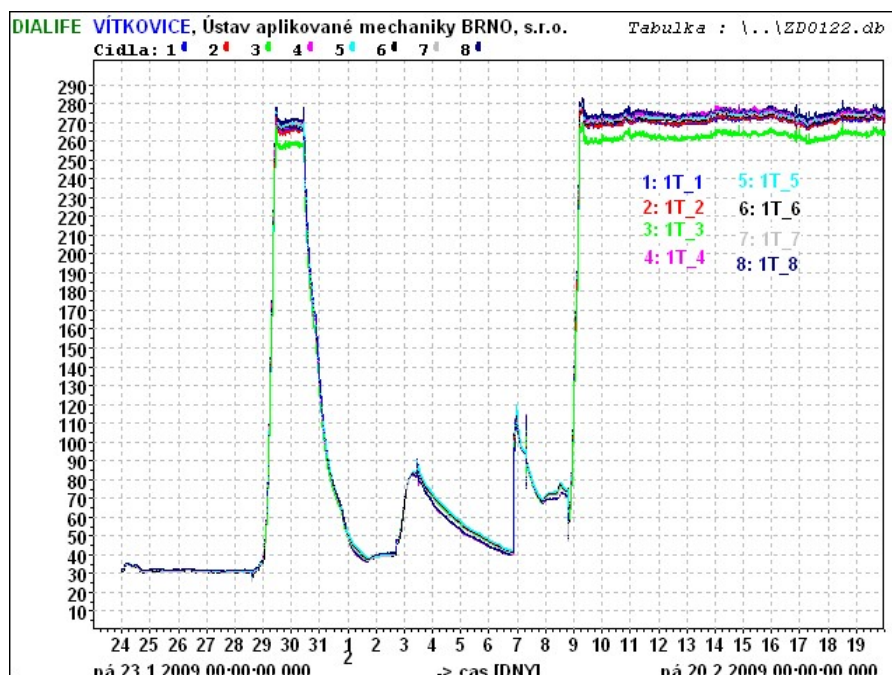


Obr. 3 Schéma osazení nátrubků termočlánky

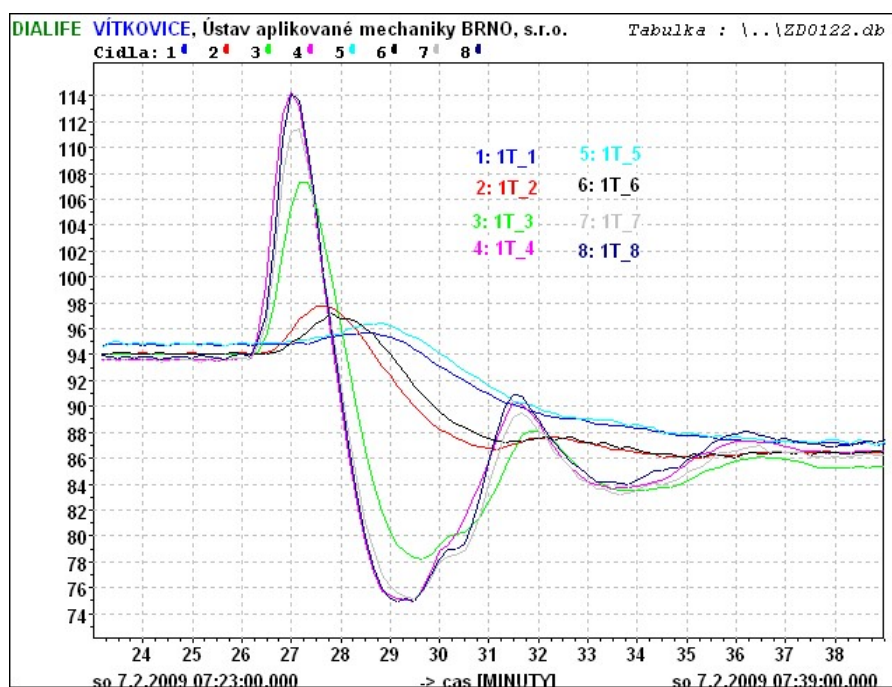
budou větší a prudší. Změřená teplotní změna bude analyzována pomocí MKP (metoda konečných prvků), nestacionární úloha, kde budou použity součinitelé přestupu tepla mezi kotlovou vodou a kovem tak, aby byl dosažen měřený průběh teplot na vnějším povrchu. Tím se vypočte teplotní změna na vnitřním povrchu vývrtnu pláště, která je potřebná pro výpočet napjatosti vlivem lokální teplotní změny.



Obr. 4 Osazený nátrubek č. 7, pohled k průřezu

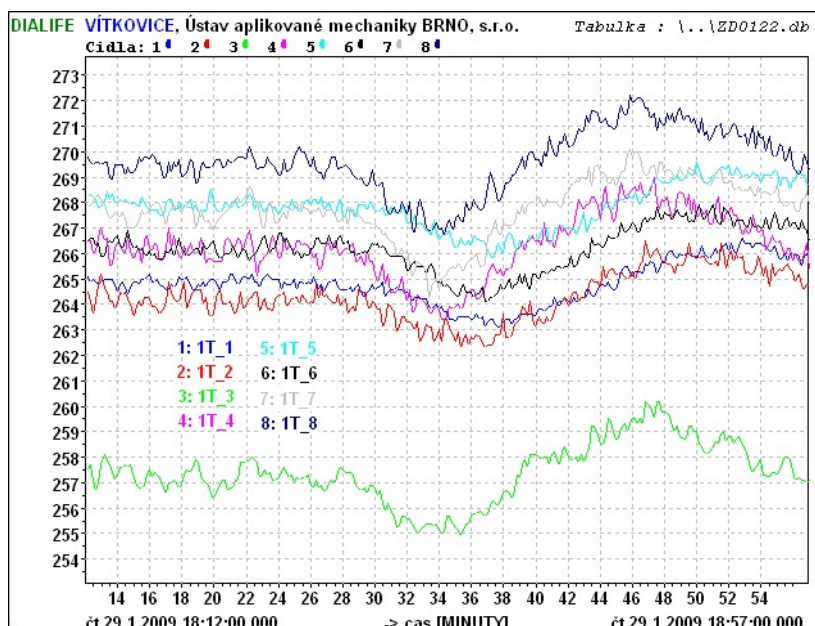


Obr. 5 Změřené teploty na nátrubku č. 7



Obr. 6 Změřené teploty na nátrubku č. 7, detail teplotní změny ze 7.2.2009

Na Obr. 7 je ukázán detail měřených teplot na nominální hodnotě ze dne 29.1.2009 v období 50 min. Ze záznamů je zřejmé, že na měřeném povrchu probíhají rozmanité teplotní změny.



Obr. 7 Změřené teploty na nátrubku č. 7, detail teplotních změn při nominální teplotě

V Tabulce 1 je uvedeno rozdělení počtu teplotních výkmitů během celého měřeného období, tedy přibližně během jednoho měsíce. Rozdělení bylo provedeno pomocí metody stékajícího deště systémem DIALIFE pro čidlo T_4 umístěné na potrubí podle Obr. 3. Teplotních změn do 3 °C bylo zaznamenáno téměř 55 tisíc, do 16 °C bylo teplotních změn 200. Ostatní teplotní změny nebyly příliš časté.

Tabulka 1

Třída	Rozsah od [°C]	Rozsah do [°C]	Počet výkmitů [-]
1	0	3	54651
2	3	16	200
3	16	29	1
4	42	55	1
5	55	68	1
6	237	250	1
7	276	289	1

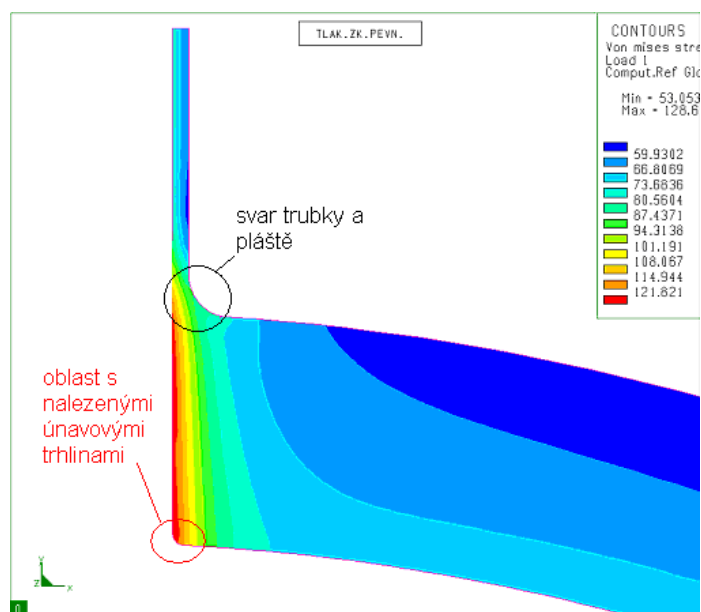
3. Předběžný výpočet

Výpočet napětí a posuvů modelu kotlového tělesa $\varnothing 1700 \times 80$ s nátrubkem $\varnothing 83 \times 6$ byl proveden metodou konečných prvků programem SYSTUS jako rotačně symetrická úloha Vincour a Hejčová (2008). Model nátrubku byl vetknut do koule o průměru rovnajícím se průměru válcového pláště kotlového tělesa. Výpočet byl proveden jako předběžný před realizací měřicího řetězce.

Výsledný detail s místem maximálního napětí podle teorie napjatosti Von Mises je na Obr. 7. Nalezené únavové trhliny se nacházely v základním materiálu na rádiu vývrtné stěny kotlového tělesa, jak je uvedeno na Obr. 8.

V tomto místě bylo také vypočteno zvýšené namáhání. Rovina trhlin byla většinou rovnoběžná s osou vývrtu Kocholatý(2008), což svědčí na obvodové namáhání v tahu.

Výsledky posouzení na únavu s uvažováním zátěžných cyklů „vychlazen – pevnostní zkouška – vychlazen“, „vychlazen – těsnostní zkouška – vychlazen“ a „vychlazen – provozní stav – vychlazen“ nepotvrdil vliv těchto cyklů na čerpání životnosti únavou. Objevené únavové defekty jsou pravděpodobně vyvolány teplotními cykly během provozu v součinnosti s vlivem vodního prostředí, jejichž charakter je zjišťován dočasným měřením Vincour (2009).



Obr. 8

3. Závěr

Výsledky kontrol Kocholatý (2008), Varga (2003) a provedeného předběžného výpočtu Vincour a Hejčová (2008) ukazují, že oblast na vnitřní stěně vývrtu v úrovni stěny kotlového tělesa (Obr. 8) je již ve stádiu růstu defektů. Jedná se o reprezentativní místa z pohledu únavové životnosti.

Pro upřesnění historie zatížení, zejména teplotních cyklů, byl instalován monitorovací systém na měření lokálních teplot v blízkosti míst s koncentrací napětí Vincour (2009).

Měřeními zjištěné teplotní změny budou analyzovány MKP, nestacionární úloha a budou posouzeny na únavu.

4. Literatura

Kocholatý, M.: Stanovení zbytkové životnosti kotlového tělesa K5, Podklady pro realizaci. United energy, a.s. Komořany. 07/2008.

Varga, L.: Korozní posouzení vestaveb bubnu a trubek kotle K5 v teplárně Komořany. VA-KUTEX s.r.o. Chomutov, září 2003, VK-836-United Energy-2-5.

Vincour, D., Hejčová, J: Posouzení životnosti kotlového tělesa K5 v teplárně Komořany
Zpráva arch. č.: 4337/08, ÚAM Brno, s.r.o., září 2008.

Vincour, D: Měření teplotních cyklů kotlového tělesa K5. Popis měřicího řetězce, podklady
pro instalaci. Zpráva arch. č.: 4446/09, ÚAM Brno, s.r.o., leden 2009.