



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

RESULTS OF EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STATES OF STRESS IN SHELLS AT HIGHER OPERATION TEMPERATURES

POZNATKY Z EXPERIMENTÁLNEJ ANALÝZY NAPÄTOSTI V ŠKRUPINÁCH PRI VYŠŠÍCH PREVÁDZKOVÝCH TEPLOTÁCH

Trebuňa F., Šimčák F., Jurica V.

The contribution presents a summary of the knowledge obtained in tensometric measurements of the state of stress in chimney jackets where the surface temperature in the points of application of tensometric sensors is up to 150 deg.C.

Keywords: Experimental analysis, shells, higher temperatures.

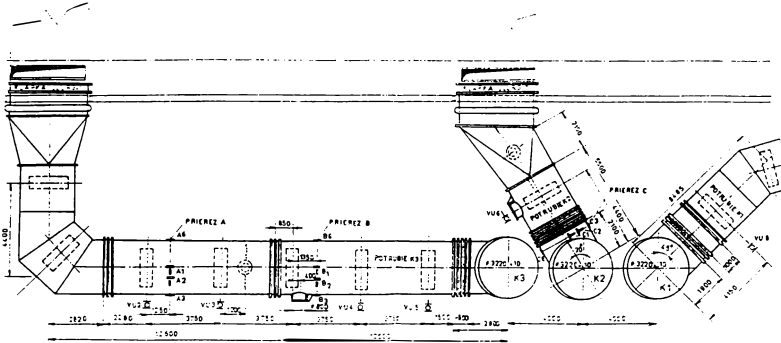
Súčasťou oceliarní sú zariadenia, ktoré odsávajú plynové látky z konvertora a transportujú ich pomocou dymovodov do zberných nádrží. Potrubie dymovodov vo VSŽ, a.s. Košice je vyrobené z rúry s vonkajším priemerom 2828mm, ktoré je z vnútornej strany chránené pred abrazívnym opotrebením a pred teplotou žiaruvzdornou betonovou zmesou ŽL08 o hrúbke 50mm. Dilatácie v osovom smere sú vyrovnávané vlnovcovými kompenzátormi. Teplota prepravovaných spalín dosahuje v rámci technologického cyklu krátkodobu až 500°C. Na plášti dymovodu boli zistené sporadicky sa vyskytujúce trhliny.

Návrh metodiky riešenia bral zreteľ na technické parametre, ktoré poskytol objednávateľ úlohy. Rozpätie prevádzkových teplôt plášťa dymovodu -20°C až 130°C.

Pri experimentálnom riešení sa ukázalo, že napätosť je funkciou viacerých parametrov. Povaha problému neumožňovala experimentálne určiť závislosť napätosti na jednotlivých vplyvoch. Preto bolo riešenie podporené analytickou metódou, na základe ktorej bola určená váha parametrov.

Tenzometrické merania boli vykonané v dvoch prierezoch na plášti dymovodu K3 a v jednom priereze na dymovode K2, pozri obr.1. Tenzometrické snímače boli aplikované počas od-

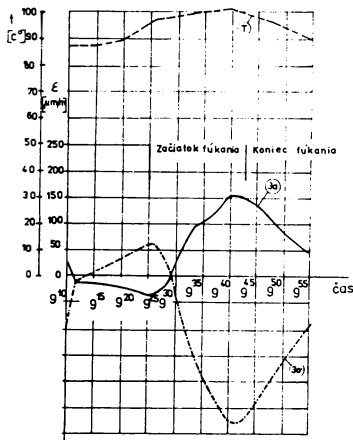
stávky zariadenia. Pri teplote povrchu plášťa dymovodu 19°C bolo vykonané prvé meranie. Merania boli opakované po určitých časových intervaloch pri nahrievaní plášťov a počas technologického cyklu po spustení zariadenia do prevádzky.



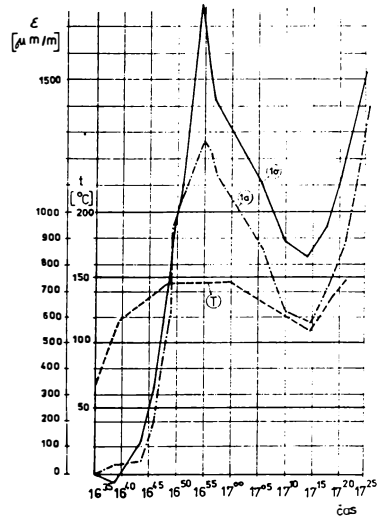
Obr.1 Situačný plán dymovodov.

Prierezy v ktorých boli vykonané tenzometrické merania.

Diagramy časových zmien pomerných deformácií v smere osovom (index a), v smere obvodovom (index σ) a teploty t pre vybrané miesta meraní sú na obr.2 a 3.



Obr.2 Namerané hodnoty
v priereze A



Obr.3 Namerané hodnoty
v priereze C

Vývoj napätostí v miestach meraní v priereze C pri temperovaní konvertoru a v prvom pracovnom cykle ilustrujú hodnoty v tabuľke č.1. Napätie prevyšujúce hranicu klzu (v tabuľke č.1 uvedené nerovnosťou $\sigma_a > \sigma_k$) možno určiť len na základe fyzikálnych závislostí, ktoré rešpektujú okrem okamžitej teploty aj históriu cyklických tepelných zaťažení.

Experimentálne určenie hodnoty napätí v priereze C boli vo všeobecnosti vyššie, ako v prierezoch A a B. Je to dôsledok vyšších prevádzkových teplôt dymovodu K2 a tiež uplatnenia okrajového efektu pripojenia dymovodu ku komínu.

V rámci analytického riešenia je pozornosť venovaná väzbám medzi fyzikálnymi podmienkami pri prevádzke a napä-

Tabuľka č.1

Por. číslo mer	Nap. [MPa]	Miesto merania					
		1	2	3	4	5	6
1	σ_a	-0.3	23.5	0.4	-0.4	23.5	0.7
	σ_g	0.9	8.3	1.4	-0.4	8.3	0.8
2	σ_a	$> \sigma_k$	113.5	122.3	180.0	41.8	149.1
	σ_g	$> \sigma_k$	108.5	90.9	122.8	-27.1	110.9
3	σ_a	$> \sigma_k$	155.9	191.2	$> \sigma_k$	41.7	198.3
	σ_g	$> \sigma_k$	149.8	137.6	$> \sigma_k$	10.0	150.1
4	σ_a	$> \sigma_k$	161.8	205.5	$> \sigma_k$	47.3	217.6
	σ_g	$> \sigma_k$	159.5	149.5	$> \sigma_k$	9.1	153.6
5	σ_a	$> \sigma_k$	218.0	171.4	$> \sigma_k$	55.0	168.9
	σ_g	$> \sigma_k$	210.8	$> \sigma_k$	$> \sigma_k$	66.0	162.1

tosťou v plášti dymovodu. Riešenie bolo vykonané pre prstenec s jednotkovou šírkou. Zmeny teploty po obvode v závislosti na uhle φ boli určené na základe [1] aproximáciou trigonometrickými funkciami. Vnútorne silové veličiny odpovedajúce uvedenej zmene teploty po obvode prstenca získané riešením podľa [2] sú $X_1=0.02N$, $X_2=27.5Nmm$, $X_3=0.04N$.

Pomerne posunutie bodu strednicovej plochy v radialnom smere je dané súčtom posunutia od zmeny teploty a membránovej napätosti.

$$\alpha \cdot t_s + \epsilon = v/R, \quad (1)$$

α je súčiniteľ teplotnej rozťažnosti.

Diferenciálnu podmienku rovnováhy so zreteľom na

vplyv osovej sily a zmeny teploty možno upraviť na tvar

$$v(1v) + 4\beta^4 v = P^*/K$$

kde značí $4\beta^4 = Eh/KR^2$

$$a \quad P = P^* - \mu N_x/R + Eh\alpha t_s/R + ((1+\mu)K\alpha/h)(d^2(\Delta t)/dx^2) \quad (2)$$

Zo vzťahu (2) možno určiť ako sa podieľa osová sila N_x , stredná teplota t_s a teplotný rozdiel Δt na radiálnej deformácii v .

Sila, ktorú prenáša vlnovcový kompenzátor na pevný bod potrubia je podľa [2] daná vzťahom

$$F_k = k \cdot \Delta + S \cdot p \quad (3)$$

kde je

k konštanta tuhosti vlnovca,

Δ stlačenie vlnovca,

S činná plocha vlnovca,

p vnútorný pretlak.

Konštanta tuhosti vlnovca podľa [3] pre jednu vlnu je rovná $k = 1.88 \text{ kNm}^{-1}$.

Cieľom experimentálnej analýzy napätosti vo vybraných miestach plášťov dymovodov bola identifikácia veľkosti napätí a ich zmien počas pracovného cyklu. Hodnoty napätí ako na dymovode K2, tak na dymovode K3 prekračujú hranicu klzu, takže v plášťoch vzniká plastická deformácia. Prírastok napätia pri ohreve dymovodu po odstávke na prevádzkovú teplotu činí približne dvojnásobok zmeny napätia v rámci technologického cyklu.

Na veľkosť experimentálne určených napätí vplyva rad technických a prevádzkových podmienok (poškodenie tepelnej izolácie dokumentované vysokou nameranou teplotou a sfarbením vybrúsenej plošky v okolí tenzometrov, činnosť kompenzátorov a pod).

Analytické riešenie berie na zreteľ veľkosť strednej teploty a rozdiel teploty pri hrúbke steny v závislosti na axialnej súradnici dymovodu, osovú silu a zmenu tuhosti v miestach prietokov. Na základe poznania obidvoch riešení možno konštatovať, že najväčším napätiam určeným experimentálne odpovedajú najväčšie napätia určené analyticky. Na základe analýzy členov v rovnici (2) možno konštatovať

a, rozdiely teplôt po obvode plášťa dymovodu bez uvažovania okrajových efektov nemajú výrazný

vplyv na veľkosť napätí

- b. vplyv tlaku prepravovaného plynu je malý
- c. stredná teplota v stene plášťa a teplotný rozdiel po hrúbke steny sa uplatňujú výrazne
- d. účinnosť tepelného rozdielu je zvýraznená v miestach zmeny tuhosti plášťa dymovodu

Meraním bolo zistené, že teploty na povrchu plášťa dymovodov sú v niektorých miestach v dôsledku poškodenia izolácie vyššie ako sú uvažované vo výpočte. Z hľadiska riešeného problému je dôležitá skutočnosť, že pri týchto teplotách mechanizmus uplatnenia jednotlivých vplyvov popísaných vyššie už vytvára podmienky pre vznik trhlín v plášti dymovodu.

Literatúra:

- [1] Meranie teplôt spalínovodov K3 VSŽ a.s. Košice. Diagnostika energetických zariadení. VSŽ Košice 1991.
- [2] Křupka V., Schneider P.: Stavba chemických zařízení I. Skořepiny tlakových nádob a nádrží. SNTL Praha 1987.
- [3] Černoch S.: Strojne technická příručka. SNTL Praha 1977.
- [4] Trebuňa F a kol.: Tenzometrické merania napätí v plášťoch dymovodov plynočistiarne OC I s návrhom opatrení na zamedzenie ich praskania. TU Košice 1991.

František Trebuňa Doc. Ing. CSc

Technická univerzita Košice Letná 9 , 04000.