



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

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PIPELINE STRESS DISTRIBUTION

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA NAMÁHÁNÍ POTRUBNÍCH SYSTÉMŮ

Michalec Jiří

For pipeline stress determination first of all there are fixed inner force effects in choice sections by experimental way and than the result stress states and critical sections are determined. Some concrete results are presented.

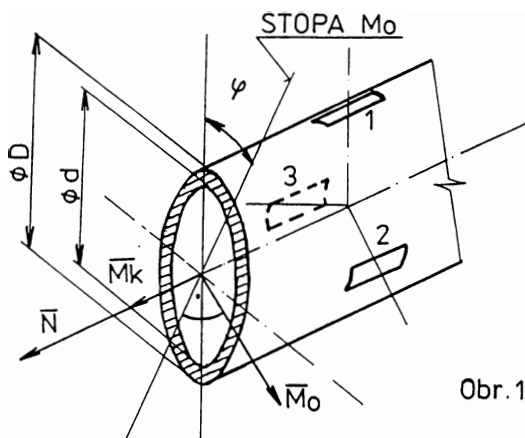
Keywords : Experimental analysis, pipeline system, inner force effects, critical sections.

Při posuzování bezpečnosti vysokotlakých potrubních systémů provozovaných za vysokých teplot vystává otázka, jaké je namáhání jednotlivých komponent tvořících systém. Výpočet tohoto namáhání lze bez problémů provést od vnitřního přetlaku, od účinků vlastní váhy i od vlivu zvýšené teploty za předpokladu známých podmínek uložení potrubního rozvodu. Ze zkušenosti víme, že skutečné podmínky uložení se někdy značně liší od předpokládaných a že se dále na výsledném stavu napjatosti podílejí ještě další složky, jako např. vliv montáže potrubí, vliv nerovnoměrného ohřívání při najiždění provozu a pod. K provedení výpočtu namáhání od poslední jmenovaných vlivů by bylo nutné mít k dispozici celou řadu dalších podkladů jako např. znalost teplotního pole potrubí a jeho funkce v závislosti na čase probíhajícího ohřevu a pod. Získání uvedených podkladů je většinou nereálné, takže výpočet namáhání, za těchto vyjimečných podmínek nelze provést. Odpověď na otázku namáhání může dát pouze experimentální analýza stavu napjatosti.

Pro její realizaci byla zvolena aplikace elektrických odporových tenzometrů. Klasický postup, při kterém se v kritických místech

objektu určuje stav deformace a z něho potom stav napjatosti není možno použít, neboť za uvedených výjimečných podmínek nelze předem určit kritická místa potrubí. Pro tento případ stanovíme proto experimentálně pro určité uzlové řezy potrubního systému nejdříve vnitřní silové a momentové účinky a potom na základě jejich znalosti můžeme definovat výsledný stav napjatosti a stanovit kritická místa.

Vnitřními účinky jsou pro každý řez osová síla N , ohybový moment M_o , jehož poloha v řezu je dána úhlem φ a krouticí moment M_k obr. 1. Při instalaci tenzometrů se využívá rotační symetrie a do jednotlivých řezů



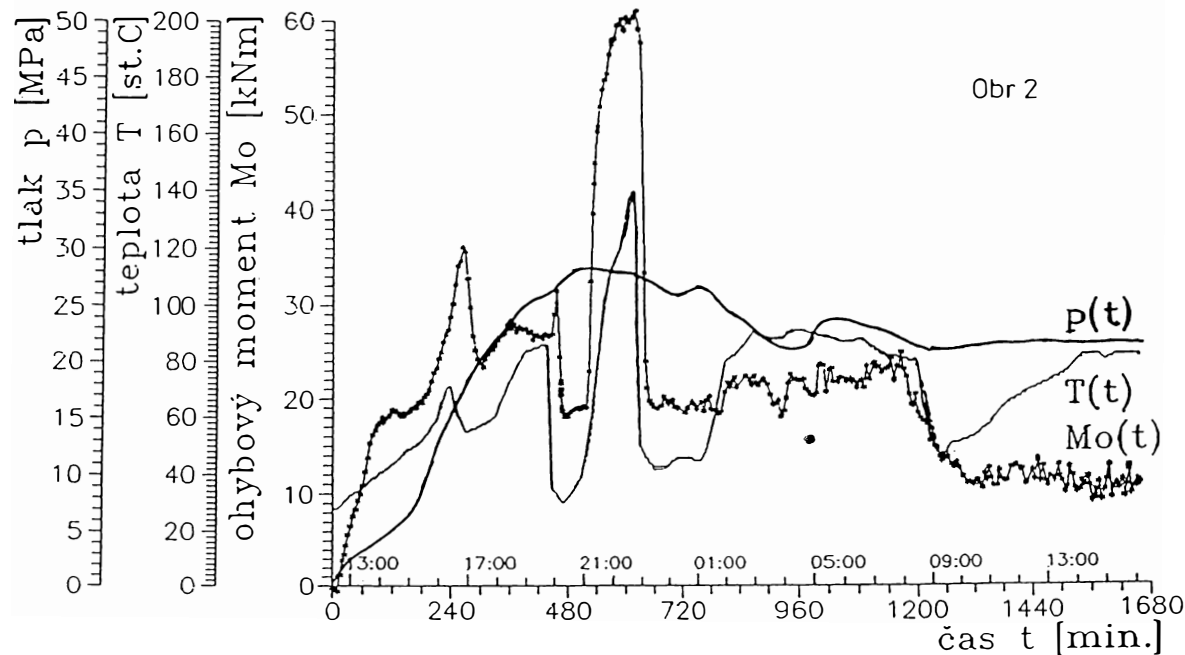
Obr.1

na potrubním systému se umístí vždy 3 osové tenzometry po 120° obr. 1. Z údajů poměrných deformací $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ naměřených na těchto tenzometrech lze stanovit osovou sílu N , ohybový moment M_o a polohu stopy tohoto momentu danou úhlem φ . Dále jsou v každém řezu proti sobě dva tenzometrické kříže orientované pod úhlem 45° k podélné ose potrubí, které umožňují stanovit známým způsobem krouticí moment M_k .

Pro stanovení ohybového momentu a osové síly musíme nejdříve eliminovat vliv tečného napětí v potrubí na naměřenou osovou deformaci. Pro modul pružnosti E , Poissonovo číslo μ , rozměry potrubí D, d (obr. 1) se pro vnitřní přetlak p k naměřeným poměrným deformacím přičte korekce ε_k stanovená ze vztahu

$$\varepsilon_k = \frac{\mu}{E} \frac{2pd^2}{D^2 - d^2} \cdot 10^6 [\mu_i]$$

Závislost ohyb.momentu, tlaku, teploty na čase



Pro úheli φ charakterizující polohu stopy ohybového momentu M_0 platí

$$\varphi = \arctg \left[\sqrt{3} \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{2\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3} \right]$$

Poměrná deformace odpovídající účinku ohybového momentu M_0 se určí

$$\xi = \frac{\varepsilon_2 + \varepsilon_3 - 2\varepsilon_1}{3 \cos \varphi} [\mu] \quad \text{pro } \varphi - 45^\circ < \varphi \leq 45^\circ$$

$$\xi = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3} \sin \varphi} [\mu] \quad \text{pro } \varphi 45^\circ < \varphi \leq -45^\circ$$

Poměrná deformace odpovídající osově síle N je průměrná hodnota z $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$

Ukázka aplikace metody je z měření na svařované potrubní větvi. Vnější průměr byl 316 mm a tloušťka stěny 28 mm. Celá větev měla pouze dva koncové přírubové spoje. Jeden konec byl fixován k reaktoru a druhý konec měl možnost vlnitého posuvu. Analýza namáhání byla prováděna v 10 řezech při různých podmínkách zatěžování. Zde ukážeme pouze výsledky získané v jednom řezu při tlakování a současném ohřevu.

Závislost ohybového momentu M_0 , vnitřního přetlaku a vnitřní teploty na čase zachycuje obr. 2. Z obrázku je zřejmé, že náhlá změna teploty výrazně ovlivňuje velikost ohybového momentu. Při ustálené teplotě po prohřátí celého systému dosahuje minimální hodnoty, která odpovídá velikosti ohybového momentu při tlakování za studena. Dále bylo zjištěno, že v důsledku rychlé změny teploty se mění i poloha stopy ohybového momentu, rovněž krouticí moment M_k je silně závislý na změně teploty. Pouze osová síla N je závislá na vnitřním přetlaku a změna teploty ji neovlivňuje.

Doc. Ing. Jiří Michálec, CSc.

Katedra pružnosti a pevnosti, strojní fakulta ČVUT

Technická 4, 166 07 Praha 6

Telefon : 332 2521 fax 311 27 68