



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

STRAIN MEASURING OF COMPRESSOR'S DISCHARGE PIPE BY MEANS OF THE STRAIN GAUGES

TENZOMETRICKÁ MĚŘENÍ NAMÁHÁNÍ VÝTLAČNÉHO POTRUBÍ TURBOKOMPRESORU

Křístek J.

The report refers about problems of practical analysis elastic combined stress pipe (outside diameter 1020 mm, thickness 22.5 mm) with help of bonded foil strain gauges measuring. The pipe was stresses tensile (compressive), torsional, bending, inner overpressure and thermal.

Keywords : Strain gauge measuring, strain, pipe

V technické praxi bývá nezřídka nastolen požadavek zjistit stav namáhání konstrukcí vnějšími silovými účinky. V tomto příspěvku je poukázáno na konkrétně řešeném případě, jak složitá a nejednoznačná může být cesta k získání hodnověrných výsledků. Popisován bude způsob vyšetření namáhání mezikruhového průřezu, tj. trubky, pomocí měření povrchových deformací odporovými tenzometry a problémy, které z této běžně používané metody vyplývají.

Poměr tloušťky stěny trubky k jejímu střednímu poloměru byl v tomto popisovaném případě 0,045 ($\varnothing D$ vnější = 1020 mm , $s = 22,5$ mm). S přihlédnutím k výsledkům měření zbytkových deformací odvrátací metodou, která ukázala na jistou nelinearitu rozložení napětí po tloušťce stěny, lze tedy trubku považovat za případ spadající mezi oblasti tlustostěnných a tenkostěnných skořepin. Z rozboru naměřených obvodových deformací je zřejmé nezanedbatelné geometrické přetvoření tvaru zatíženého mezikruhového průřezu, což by trubku zařadilo spíše mezi téměř nelineární tenkostěnné skořepiny.

Cílem měření v daném místě výtlačného potrubí radiálního turbokompresoru (dále RTK) bylo stanovit úroveň a vývoj namáhání (po stanovených dobách provozu 0 - 5900 hodin , tj. od 5/90 do 3/92) vnějšími silovými účinky v místě svarového spoje " výtlačné potrubí - hrdlo RTK ", k němuž jsou udány přípustné hodnoty zatížení výrobcem. Měřicí místo bylo nutno umístit až ve vzdálenosti 1000 mm od svarového spoje , kde by již neměla být napjatost ovlivněna výztužným účinkem samotného hrdla. Získané hodnoty ohybových momentů je tedy nutno dále přepočítat k místu svarového spoje na základě znalosti jejich průběhu mezi měřicím místem a hrdlem. Tím však dojde k vnesení další nepřesnosti. Průběhy ohybových momentů je v tomto případě možno vyšetřit pouze metodou konečných prvků, nebo se řešení přiblížit aplikací několika měřicích řezů podél osy potrubí, což je ekonomicky dosti náročné.

Pozn. : Zjištěný vývoj namáhání a jeho příčiny nebude možno v tomto příspěvku z prostorových důvodů popsat.

Výpočet namáhání z naměřených deformací byl prováděn celkem třemi způsoby :

První způsob sloužil pro první přiblížení k žádaným složkám namáhání. Jednotlivé složky byly vypočteny tak, že vliv ostatních složek na naměřené deformace byl zanedbán. Z rozboru výsledků bylo (podle očekávání) zřejmé, že tyto hodnoty jsou nepoužitelné. Například axiální síla, obvodové napětí a krouticí moment nebyly po obvodu konstantní, ohybové momenty neměly předpokládaný sinusový průběh, apod.. Jistá představa o stavu namáhání se však přeci jen získala a posloužila ke srovnání s dalšími postupy.

Druhý způsob vyšel z metodiky popsané ve výzkumné zprávě SVÚSS "Teoretické řešení transformace tenzoru povrchové napjatosti potrubí na silové účinky a jeho aplikace na zbytkovou napjatost stanovenou odvrtávací metodou na KS Jabloňov" Ing. Jaroše. Ukázalo se však, že v popisovaném případě nebyly splněny podmínky, za kterých je možno spolehlivě metodu použít. Jak bylo uvedeno, došlo k jisté deformaci mezikruhového profilu měřeného řezu (tj. ohybové momenty ve stěně). Neplatilo, že dojde v protilehlých měřicích místech při výpočtu jedné složky namáhání k eliminaci složek ostatních. Při zadávání různého počtu změřených míst do výpočtu (4,8,12), byly získané hodnoty a průběhy složek namáhání dosti odlišné. Pro daný objekt měření tedy byl aplikovaný počet měřicích míst (12) nedostatečný. Pro počty vyhodnocovaných míst 4,8 a 12 byly například vypočteny ohybové momenty 370, 290 a 140 kNm. Maxima ohybových momentů vypočtených tímto způsobem se lišila od hodnot

získaných prvním způsobem až o 100 % a též poloha maxim byla posunuta. Při rozmisťování tenzometrických snímačů je třeba jednu z dvojic umístit do předpokládaného maxima ohybového momentu. V budoucnu bude nutno možnosti a omezení této metodiky analyzovat, a to i na modelových případech.

Třetí způsob se od druhého lišil pouze započtením naměřených zbytkových (tj. podle předpokladu skutečných) napětí pomocí odvrtávací metody na z provozu odstaveném RTK. Měřicí řez pro odvrtávací metodu bylo nutno umístit o cca 340 mm blíže hrdlu RTK. Tato skutečnost a zřejmě i fakt, že vnitřní napjatost v měřených místech byla pravděpodobně vysoká (a pro výpočet neeliminovatelná), se projevil negativně ve výsledcích analýzy. Získané průběhy (zejména ohybových momentů) a hodnoty složek namáhání neodpovídaly zcela předpokládaným. Výsledky tohoto způsobu analýzy vyšetřovaného namáhání však bude ještě nutno prozkoumat podrobněji.

Při požadavku provádět měření a následné výpočty namáhání dlouhodobě, a zjistit tak jeho vývoj v prvních letech provozu, je otázkou i samotná měřicí přesnost tenzometrických snímačů namáhaných staticky, dynamicky a tepelně. Srovnáváním měřených deformací po jednotlivých etapách měření, v jednotlivých provozních režimech RTK, nebyla ztráta měřicí schopnosti foliových odporových tenzometrů zaznamenána (doba instalace 22 měsíců).

Jaroslav Krístek, Ing.

TRANS GAS, Vinohradská 8, 120 70 Praha 2
tel.: 02/ 68 46 473, fax.: 02/ 68 49 487