



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

THE EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF CRITICAL PLASTIC ZONES IN THE
CORROSION DEFECTS OF THE TRANSIT GAS PIPELINES

EXPERIMENTÁLNÍ IDENTIFIKACE KRITICKÉ PLASTICKÉ ZÓNY NA KOROZNÍCH VADÁCH
TRANZITNÍCH PLYNOVODŮ

VALENTA F., SOCHOR M.

The problem of the critical state of areal surface corrosion defects on the transit gas pipelines solved by means of the FEM and an analytical approach is verified experimentally. To determinate the plastic zone extent which characterizes the plastic limit load-carrying capacity of the pipe there are used the following appliances : 1/ strain-gauges (for normal and large deformation), 2/ a special device for radial displacement measurements, 3/for the measurement of acoustic emission signals.

Keywords : Gas pipelines, limit state of corrosion defects.

Zbytková únosnost dálkových plynovodů napadených korozi je tématem, které zaměstnává řadu provozovatelů i výzkumných pracovišť v celém světě. Odpověď na tuto otázku závisí na typu korozního napadení a na rozsahu poznatků, které jsou k dispozici pro její vyřešení. V tomto příspěvku se zaměříme na povrchovou plošnou korozi, kterou budeme uvažovat ve dvou základních skupinách podle tvaru :

- 1) Korozní zeslabení tloušťky stěny s převládajícím rozměrem v osovém směru trubky.
- 2) Plošné zeslabení se srovnatelnými rozměry ve směru osovém i tečném.

U prvního typu (při délkách vad větších než je poloměr trubky) je únosnost trubky v podstatě určena formou zesílení stěny trubky. Druhý typ vad však nemusí znamenat podstatné snížení únosnosti trubky, jestliže její hlavní délková dimenze je menší než poloměr trubky, i když její zbytková tloušťka se podstatně sníží. Výpočty únosnosti a experimentální vyšetření chování tohoto typu vad, které provádějí pracovníci KPP, ČVÚT - FSI v posledních třech letech ukazují, že rozhodujícím parametrem únosnosti je rozsah plastické zóny ve vadě.

Význačnou roli v tomto výzkumu má experiment, který verifikuje teoretické úvahy a následné výpočty únosnosti různých typů zesílení trubky prováděné jednak MKP a jednak též analytickým přístupem.

Experimenty se provádějí na zkušebních tělesech s determinovanými plošnými vadami. Tato tělesa jsou vyrobena ze zkorodovaných částí tranzitního plynovodu (trubka DN 800, nominální tloušťka stěny 10,6 mm, materiál X60) s navařenými dny. Umělé vady se podle návrhů pracovníků KPP, nejprve vyfrézují a pak pozvolna vybrousí do požadovaného tvaru. Pro dosažení determinovaného tvaru jsou vyhotoveny šablony dle sítě použité v metodě konečných prvků (MKP).

Deformace vad jsou měřeny tenzometricky. Pro přesnější cílení tohoto experimentu je nejprve teoreticky MKP vypočtena elasto-plastická napjatost v těchto vadách. Tlakové hladiny jsou voleny tak, aby co nejlépe odrážely kvalitativní změny v očekávaném charakteru závislosti napětí na zatěžujícím tlaku a zohledňovaly důležité tlakové stupně (provozní tlak, zkušební tlak na pevnost a těsnost, mezni tlak napětového testu a tlak odpovídající flow stress). První tlakový stupeň odpovídá zatížení trubky vnitřním přetlakem vyvolávajícím v determinovaných vadách mezni stav elasticity (počátky vzniku plastických deformací). Podle příslušných napětových polí, zjištěných výpočtem MKP, jsou instalovány tenzometry v napětově exponovaných místech a to nejen na samotné vadě (ve

směru tečném a osovém), nýbrž i v některých místech mimo vadu, pro ověření správnosti výpočtové metody.

Experiment probíhá jako hydrostatická zkouška. Tlakuje se v několika cyklech, které jsou voleny podle předem vypočtených stavů napjatosti pomocí MKP a respektují spektrum mezních stavů, které v různých částech zkušebního tělesa vzniká. Tyto mezní stavy jsou v podstatě trojiho charakteru :

- 1) mezní stavy elasticity (tj. počátek vzniku plasticity), které se budou postupně vznikat ve sledovaných vadách podle jejich únosností,
- 2) mezní stavy plastické únosnosti jednotlivých vad,
- 3) mezní stav pevnosti kritické vady.

První typ mezních stavů nemá z hlediska charakteru zatěžování potrubí, které je dáno cykly s velkým předpětím a malou amplitudou změn tlaku, větší vliv na snížení jeho únosnosti. Je však významný pro verifikaci výpočtové metody vypracované na katedře KPP, ČVUT-FSI, a určuje počátky vzniku plastické zóny ve vadě. Zásadní význam má druhý typ mezního stavu plastické únosnosti potrubí, při kterém vzniká makroplastické tečení části objemu materiálu vady. Třetí typ je konečný mezní stav, kdy dochází k destrukci v nejslabším místě kritické vady.

K experimentálnímu vyšetřování uvedených mezních stavů jsou používány následující prostředky :

- a) tenzometry fy Hottinger (pro deformace do 2%)
 - samokompenzační HBM 6/120 LY11, $k = 2,05$ 1%
 - křížové řetězce 6/120 KY 415, $k = 1,97$
 - růžice 6/120 RY 11, $k = 2,01$ 1% (samokompenzační)
 - 45°/6/120 RY 15, $k = 2,00$
- b) tenzometry fy Hottinger pro velké deformace :
 - HBM 6/120 LD 20
 - HBM 10/120 LD 20,
- c) planžetový snímač pro měření průhybu středů vad
- d) aparatura AES-120 pro měření signálů akustických emisí se čtveřicí čidel nastavených do režimu diskretní AE a čtveřicí čidel nastavených do režimu konti.

Pomocí tenzometrů lze zachytit počátek vzniku plastické zóny (mezní stav

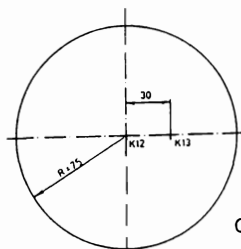
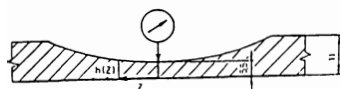
elasticity) a určit rozsah plastické zóny na povrchu vady při zvolené tlakové hladině. Ze závislosti průhybu na tlaku změřené planžetovým snímačem lze verifikovat počátek makroplastického tečení ve vadě, tj. určení mezního stavu plastické únosnosti. Signály AE podle charakteru jejich záznamů potvrzují počátek plastizování, rozvité plastické tečení i stav tělesa v těsné blízkosti destrukčního tlaku (mezní stav pevnosti). Dosažené výsledky v této problematice lze posoudit z následující ukázky : Na obr.1 je zobrazen profil kruhové umělé vady ($R = 75 \text{ mm}$, $h_{\min} = 5,5 \text{ mm}$) vybroušené na trubce DN 800, $s = 11 \text{ mm}$, materiál X60). Pomocí MKP byla vypočtena napjatost a deformace vady. Na obr. 2 jsou porovnány vypočtené (MKP) a experimentálně zjištěné deformace této vady. Analytickým řešením mezního stavu bylo zjištěno, že na této vadě nevznikne vůbec mezní plastický mechanismus, tzn. že vyšetřovaná vada nesnižuje únosnost zkorodované trubky (pokud je trubka elastická). Toto bylo potvrzeno destrukční zkouškou trubky, která praskla v jiném místě při tlaku $p =$

13,06 MPa, který převyšuje mezní plastický tlak trubky (11,95 MPa).

PISEK91: POROVNANI VADA 1 MISTO 12

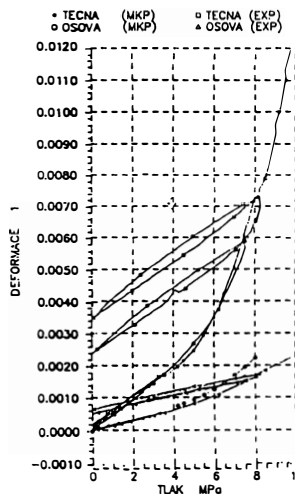
z	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
h(z)	5.5	5.6	5.09	6.31	7.06	7.94

z	60.0	70.0	75.0
h(z)	9.01	10.29	11.0



obr.1

PISEK91: POROVNANI VADA 1 MISTO 12



obr.2

Prof. Ing. František Valenta, CSc., Ing. Miroslav Šochor, CSc.

Katedra pružnosti a pevnosti, strojní fakulta ČVUT,

Technická 4, 166 07 Praha 6, Telefon : 332 2518, 332 2516 fax 311 27 68