EAN 93
31. konference o experimentální analýze napětí
25.–27.5.1993 Měřín ČESKÁ REPUBLIKA

INVESTIGATION OF DAMAGE GROWTH IN A PIPE WITH CORROSION PITS BY MEANS OF ACOUSTIC-EMISSION METHOD

AKUSTICKO-EMISNÍ SLEDOVÁNÍ VÝVOJE POŠKOZENÍ V TRUBCE S KOROZNÍMI DŮLKY

Gajdoš, Ľ.

The development of damage in a pipe with corrosion pits was monitored by the acoustic-emission method during monotonic and cyclic loading. Recording of AE signals made it possible to determine the number of stress cycles required for the crack to be initiated at the bottom of the largest pit and to study special features of the damage growth during the loading.

1. Úvod

V souvislosti s vyšetřováním procesu poškozování ve stěně spirálně svařovaného potrubí ϕ324/8mm na přepravu kalu byly uskutečněny monotonní i cyklické zkoušky trubního tělesa, odebraného z tohoto potrubí, s výrazným elektrochemickým poškozením povrchu ve formě hlubokých důlků. Důvodem studia podmínek porušování uvedeného potrubí byly jeho velmi časté havárie.

Kalovodní potrubí probíhá v úseku asi 2,5km podél elektrifikované železniční tratě v kolmé vzdálenosti ~250m. Není proto překvapujícím, že při nedokonalé izolaci povrchu potrubí probíhá intenzivní korozní napadení povrchu trub. Cyklický charakter namáhání kalovodního potrubí je dán pulzací vnitřního přetlaku kalu mezi hodnotou 1,9 a 2,2MPa s frekvencí f=1Hz, což při dostatečné hloubce korozních důlků vede k iniciaci a rozvoji únavových trhlin. Protože otázkám spojeným s provozními podmínkami potrubí a jeho životností je

věnován příspěvek Ing. Srnce, omezím se zde jenom na akusticko -emisní odezvu trubního tělesa při jeho cyklických zkouškách vnitřním přetlakem vody.

2. Popis experimentu

Návrh experimentálního programu byl odvozen z následujících požadovaných cílů: a) ověření pevnostní únosnosti potrubí s korozním narušením povrchu, b) určení vlivu přetížení na nosnost zbylého nosného můstku pod defekty. Kromě tenzometrického měření byla v experimentu použita i metoda akustické emise /AE/. Zkoušky se uskutečnily v Modřanských strojírnách pod vedením Ing. V. Svobody. Zkušební trubní těleso o délce 1,6m, zbavené izolace, bylo uzavřeno kulovými dny a opatřeno návarky pro přívod a měření tlaku. Cyklickému zatěžování trubního tělesa předcházelo zatěžování monotonní podle schématu $0-p_i-0$, kde p_i byla úroveň vnitřního přetlaku v i-tém kroku. Úrovně přetlaku p_i v jednotlivých zatěžovacích krocích byly následující /v jednotkách MPa/: p_1= 1,02; p_2= 1,86; p_3= 2,08; p_4= 3,08; p_5= 3,99; p_6= 4,07; p_7= 5,10; p_8= 6,21; p_9= 6,17; p_{10}= 6,09. Toto schéma statického zatěžování bylo voleno z toho důvodu, aby se využitím Kaiserova efektu prokázalo, že přetížením trubky na úroveň téměř trojnásobku provozního přetlaku v kalovodním potrubí nedošlo k nevratnému poškození ve stěně trubního tělesa. Následující cyklické zatěžování probíhalo v rozmezí tlaků p_{min} = 0,6MPa a p_{max} = 4,0MPa s celkovým počtem aplikovaných cyklů N=13000. Po ukončení cyklování bylo trubní těleso podrobeno monotonnímu zatěžování podle schématu: $0-p_i-0$ s následujícími úrovněmi tlaků p_i/MPa/: p_1= 4,01; p_2= 6,09; p_3= 6,91; p_4= 11,68 a p_5= p_{lom}. Zjištěná hodnota lomového tlaku byla p_{lom} = 13,94MPa.

3. Experimentální výsledky a diskuse

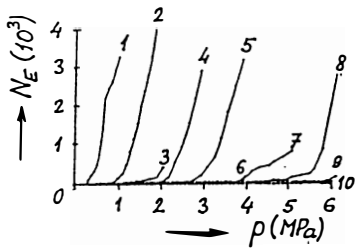
Akusticko-emisní odezva na úvodní monotonní zatěžování trubního tělesa je zachycena na obr.1 a 2. Jak průběhy počtu emisních událostí N_E, tak i průběhy počtu emisních překmitů N_C s narůstajícím vnitřním přetlakem ukazují, že k výraznému nárůstu obou AE parametrů dochází až po překročení úrovně tlaku z předchozího cyklu. Podle Kaiserova efektu to znamená,

že během úvodního monotonního zatěžování nedošlo k nevratným poškozujícím dějům /např. k iniciaci trhliny/.

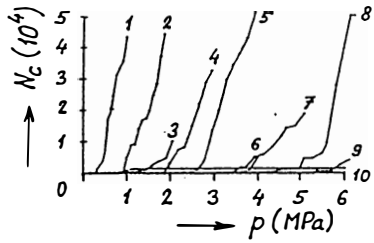
Při cyklickém zatěžování /obr.3/ byly první známky AE aktivity pozorovány až po 1650 cyklech, při časovém trvání asi 80 cyklů. Zhruba po 2000 cyklech se ukázala další AE aktivita, avšak s nepoměrně menší intenzitou. Je pravděpodobné, že zhruba po 1600 cyklech byla ve dně největšího důlku /o průměru 30mm a hloubce 7mm/ iniciována trhlina, která během zvýšené AE aktivity, odpovídající již zmíněným 80 cyklům, postupně rostla. Bohužel optickým pozorováním dna důlku nebylo možné výskyt trhliny v tomto stadiu potvrdit. Po konečné pevnostní zkoušce bylo však zjištěno, že únavová trhlina ve dně nejhlubšího důlku dosáhla v okamžiku proděravění stěny a úniku vody délku ~2mm. Z obr.3 je dále patrné, že intervaly mírné AE aktivity jsou v průběhu následného cyklického zatěžování prostřídány intervaly prakticky nulové AE aktivity. Zhruba po 2800 cyklech se AE aktivita stává trvalou, charakterizovanou nepravidelným kolísáním své intenzity. Lze předpokládat, že tomuto stadiu odpovídá porušování materiálu před čelem trhliny, postupné propojování těchto porušení a růst trhliny. I zde lze pozorovat intervaly nízkých intenzit AE aktivity. S rostoucím počtem aplikovaných cyklů se časový interval střídavého výskytu vysokých a nízkých intenzit AE aktivity zkracuje, což svědčí o zvyšování a zrychlování procesů únavového poškozování. Oblast před ukončením cyklování /1250 až 13000 cyklů/ se vyznačuje výraznou emisní aktivitou v každém cyklu. Toto ukazuje na to, že během cyklování dochází v tomto stadiu ke střídavému otevírání a zavírání trhliny.

Ze závěrečného monotonního zatěžování, následujícího po aplikaci 13000 cyklů, je na obr.4 zachycen časový průběh AE parametrů a tlaku p v posledním kroku, tedy během zatížení $0-p_{lom}$. Z průběhu nárůstu AE parametrů je zřejmé, že bezprostřední předchozí tlakový cykl do úrovně 11,68MPa vyvolal další zpevnění na čele defektu a potvrdil se Kaiserův efekt. Překročení tlaku nad tuto úroveň vyvolalo další zvýšení napětí v ligamentu a odpovídající poškození. Při dosažení lomového přetlaku p_{lom} = 13,94MPa došlo k protržení ligamentu, což se projevilo diskrétním /skokovým/ nárůstem

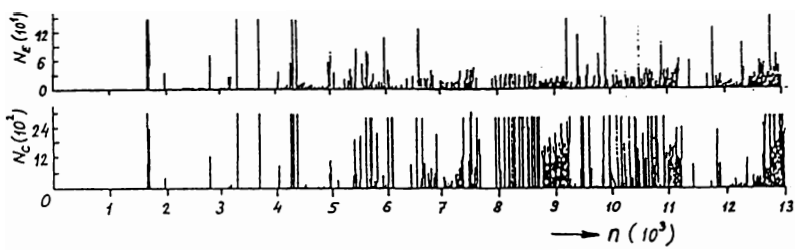
emisních událostí a malým přírůstkem emisních překmitů. Následný kontinuální únik vody je charakterizován lineárním nárůstem emisních překmitů N_c, jako důsledek kontinuální emise.



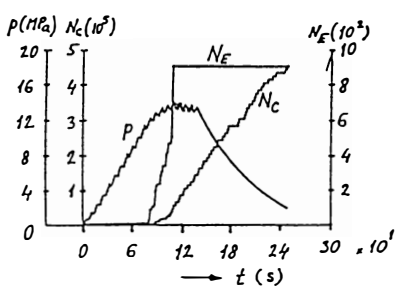
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Ľubomír Gajdoš, Ing., CSc.
ÚTAM AVČR, Vyšehradská 49, 128 00 Praha 2
Telefon: 29 64 51 / Fax: 29 59 03