

Napětové zkoušky na plynovodech

Ing. Jaromír Němeček, CSc. Flynoprojekt Praha

Úvod

Napětové zkoušky slouží ke zvyšování provozní spolehlivosti, bezpečnosti a provozní životnosti dálkových plynovodů. Jejich hlavním úkolem je zjišťování defektů na potrubí. Napětové zkoušky se provádějí v terénu na zasypaném potrubí tlakem vody, který vyvolá ve stěně zkoušeného potrubí napětí v oblasti meze kluzu materiálu potrubí. Tím se dosáhne plasticke deformace, při které se projeví všechny defekty v kritickém stavu. Růstu ostatních defektů se zabrání a potlačí jejich další případný vliv na provozní spolehlivost plynovodu. Problematika napětových testů není dosud uzavřena, neboť zvýšení provozní životnosti není dořešeno.

Dle dostupných pramenů, zkušenosti s prováděním těchto zkoušek jsou v USA a v NSR. V ČSSR napětové testy plynovodů nebyly dosud prováděny. V rámci státního úkolu "Hodnocení provozní spolehlivosti dálkových plynovodů" provedl Flynoprojekt napětovou zkoušku na zkušebním úseku tranzitního plynovodu DN 900 v lokalitě VPS Sviňomazy. Postup těchto zkoušek, způsob jejich vyhodnocení a základní požadavky na technické vybavení vycházely z poznatků výzkumu a z požadavků západoněmeckého předpisu Merkblatt 1060,

Teorie napětových zkoušek

Tlakování potrubí se při napětových zkouškách provádí ve dvou zatěžovacích cyklech. Mezní zkušební tlak druhého

cyklu je o 0,1 + 0,2 % nižší než mezní zkušební tlak prvního cyklu. Ten se určuje z hodnoty tlaku odpovídajícího 110 % meze kluzu a z hodnoty přípustné plastické deformace reprezentované objemem přičerpané vody. Při napěťových zkouškách se měří tlak vody v potrubí v závislosti na přičerpaném objemu vody. Na začátku tlakování závisí přírůstek přičerpaného objemu vody na elastické deformaci potrubí a stlačitelnosti vody. Tuto závislost při plně naplněném potrubí lze vyjádřit vztahem

$$V = F \left\{ \frac{2}{E} \left[\frac{r}{s} (1 - \nu^2) + \nu \right] + \frac{1}{k} \right\} \cdot V_0 \cdot p \quad (1)$$

F - korekční faktor, E - modul pružnosti oceli, r - vnitřní poloměr potrubí, s - tloušťka stěny, k - stlačitelnost vody, V_0 - objem zkoušeného úseku, ν - Poissonova konstanta.

V praxi je však třeba ještě uvažovat částečnou zavzdušněnost potrubí. Při dalším zatěžování potrubí do oblasti meze kluzu vzniká plastická deformace způsobující nelineární nárůst přičerpaného objemu. Aby mohlo být stanoveno při zkoušce dosažené hodnoty přípustné plastické deformace, je třeba v průběhu zkoušky vyhodnocovat plastickou deformaci.

Vyhodnocení se provádí ze závislosti $V = f(p)$ případně $\Delta V / \Delta p = F(p)$. Proložením přímkou lineární části této závislosti se získá teoretický průběh závislosti $V = f(p)$, který závisí pouze na elastické deformaci potrubí a stlačitelnosti vody. Rozdíl přičerpaného objemu $V - V_E$ představuje plastickou deformaci. Doporučená rychlost nárůstu tlaku je 1 - 2 % zkušební tlaku za minutu. Při přípravě, provádění

a vyhodnocování napěťových zkoušek musí být uvažovány ještě další faktory ovlivňující výsledky měření. Jsou jimi rozložení teploty, výškový profil potrubí, zbylé množství vzduchu v potrubí, rozdíl tloušťky stěn, případně materiálu potrubí zkoušeného úseku.

Příprava a provedení napěťových zkoušek.

Potrubí zkušebního úseku dimenzované na provozní tlak 6,3 MPa je ze spirálně svařovaných trub \varnothing 920 x 12 mm z materiálu X 52 (mez kluzu $K = 360$ MPa). Délka zkušebního úseku je 256 m, výškový rozdíl je 1,5 m. Hodnota mezního zkušebního tlaku vypočtená z meze kluzu činí 10,33 MPa. Hodnota přípustné plastické deformace byla stanovena z grafu na 336 l. Při čerpaný objem potřebný ke zvýšení zkušebního tlaku o 0,1 MPa při uvažovaném elastickém chování potrubí, vypočtený ze vztahu (1), činí 13,09 - 13,6 l. Tomu odpovídá při doporučené rychlosti nárůstu tlaku výkon čerpadla 0,22 - 0,44 l/sec.

Pro natlakování bylo použito vodorovné dvoučinné pístové čerpadlo, které je součástí cementačního agregátu umístěného na podvozku nákladního automobilu. Irvalý výkon čerpadla je 2,7 - 11,7 l/sec. Potřebné snížení výkonu čerpadla bylo dosaženo škrcením na sání čerpadla. Tlakovací potrubí bylo dimenzováno na tlak 16 MPa. Pro měření průtoku a přičerpaného objemu vody byl použit indukční průtokoměr s rozsahem 0-0,5 (1) l/sec a s přesností 0,5%. Stanovení cejchovací křivky měřidla prokázalo, že uvažovaný průtok 0,44 l/sec bude měřen s chybou 0,1 - 0,2 %. Současně bylo měřidlo upraveno tak, aby nejmenší odečitatelný dílek počítadla představoval 0,1 l. Pro měření

tlaku bylo použito měřidla s piezodoporovým snímačem tlaku. U tohoto měřidla byla provedena úprava rozsahu na 2 ± 10 MPa. Ověřování podle tlakových vah byla prokázána přesnost měřidla 0,01 %. Výstupy ze zesilovačů obou měřidel byly zavedeny do přístroje, který řídí odečet a tisk naměřených hodnot, vyvinutého v PNP. Schema obr. č. 1. Tisk těchto hodnot je možno nastavit podle potřeby s krokem 0,1 nebo 0,01 MPa. Schema potrubního rozvodu a zapojení měřidel při napětovém testu zkušebního úseku - Sviňomazy je uvedeno na obr. č. 1

V rámci přípravy bylo potrubí zkušebního úseku naplněno vodou a pokud možno co nejdokonaleji odvzdušněno. Vlastnímu testu předcházelo ověřovací tlakování zkušebního úseku, které sloužilo k nastavení požadovaného přičerpávaného množství vody (cca 0,44 l/sec), ověření funkce měřících přístrojů a posouzení, zda zbylé množství vzduchu v potrubí není příliš vysoké a negativně neovlivní vyhodnocení naměřených hodnot. Tlakování prvního zatěžovacího cyklu bylo ukončeno při maximální tlaku 10,33 MPa. Průběžně sledovaná velikost plastické deformace dosáhla při tomto tlaku hodnoty 309 l, které se prakticky shoduje s hodnotou přípustné plastické deformace - 360 l. V následující prodlevě byl měřen pokles tlaku v závislosti na čase. Pokles tlaku za 60 minut činil 0,46 MPa. Dále zkouška pokračovala odtlakováním a prodlevou na tlaku 0,0 MPa. Při druhém zatěžovacím cyklu bylo dosaženo tlaku 10,25 MPa a jemu odpovídající velikosti plastické deformace - 43,6 l. U obou zatěžovacích cyklů byl prováděn odečet a tisk naměřených veličin po 0,1 MPa do tlaku 8 MPa, od tlaku

8 MPa po 0,01 MPa. Nastavené množství přečerpávané vody bylo v průběhu obou zatěžovacích cyklů udržováno konstantní. To znamenalo v 1. cyklu pokles rychlosti nárůstu tlaku z počáteční hodnoty 0,2 MPa/min na hodnotu 0,1 MPa/min při tlaku 10 MPa a dále na 0,04 MPa/min při tlaku 10,33 MPa a u druhého cyklu pokles z 0,2 na 0,16 MPa/min. Napěťová zkouška byla ukončena odtlakováním potrubí zkušebního úseku.

Vyhodnocení výsledků zkoušek

Z naměřených hodnot byla sestrojena grafická závislost $V = f(p)$ uvedená na obr. č. 2. Nelineární průběh počátku této závislosti signalizuje přítomnost vzduchu. Další průběh závislosti prokázal, že se jedná o malé množství vzduchu, které neovlivní výsledky měření. Od tlaku cca 2 MPa byla sledovaná závislost lineární. Z grafického znázornění závislosti $V = f(p)$ je patrné posunutí zatěžovací křivky druhého cyklu směrem k nižším přečerpávaným objemům. Jednou z příčin posunutí křivky je právě přítomnost vzduchu, které snadno způsobí nepřesné nastavení počátku zatěžovacího cyklu, kdy přírůstek přečerpávaného objemu je provázen nepatrným nárůstem tlaku. Další příčinou posunutí křivky je snížení původního obsahu vzduchu při odtlakování únikem částí vzduchu rozpuštěného ve vytékající vodě nebo stržením vzduchové bubliny touto vodou. Z průběhu zatěžovací křivky 1. cyklu je patrné, že ke vzniku malých plastických deformací dochází při tlaku 6,0 MPa a k výraznému nárůstu plastické deformace až při 9,7 MPa. Do tohoto tlaku se plastické deformace druhého zatěžovacího cyklu prakticky shodný průběh. Při dalším zvyšování tlaku je nárůst této deformace téměř lineární. Na konci druhého cyklu je její hodnota 6-krát nižší než v cyklu prvním. Popsaný průběh plastic-

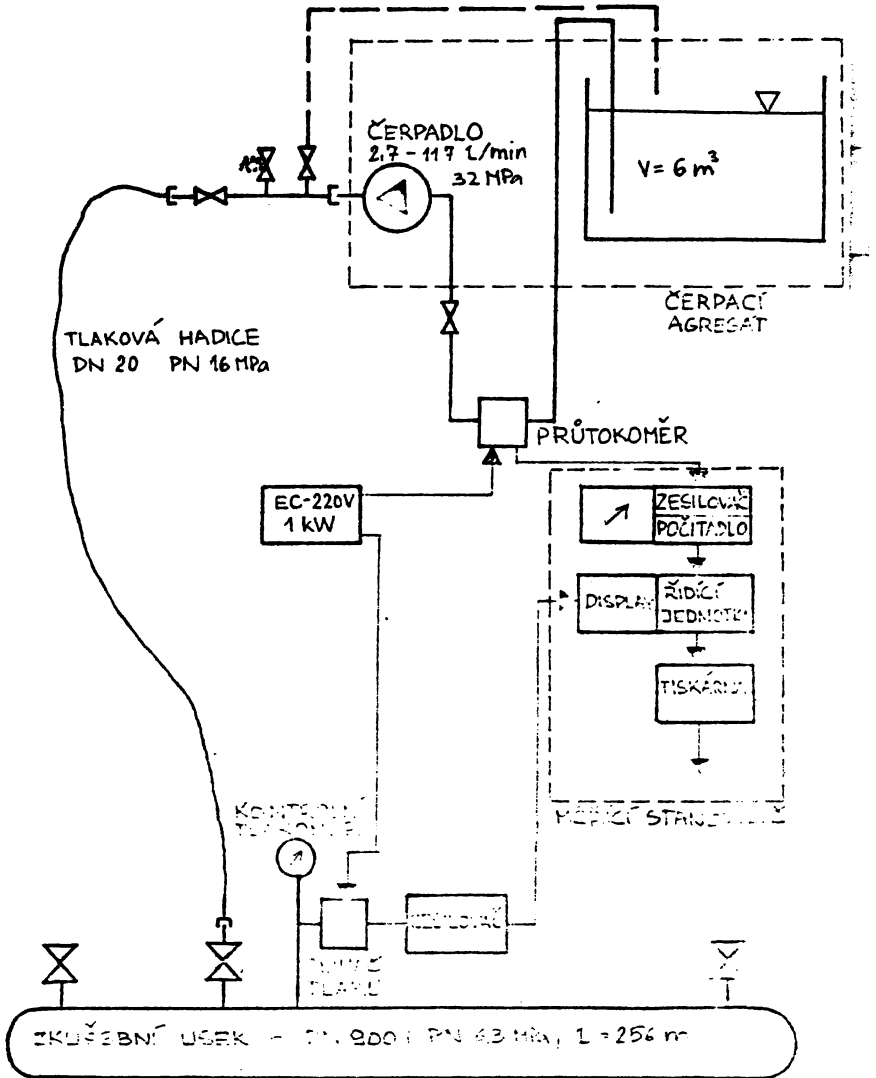
kých deformací je zároveň zřejmý z grafické závislosti

$\Delta V / \Delta p = f(p)$ viz obr. č. 3 a svědčí o skutečném zpevnění materiálu zkoušeného potrubí. Napětovými zkouškami nebyly zjištěny žádné defekty. Chování zatěžovaného potrubí odpovídalo teoretickým předpokladům.

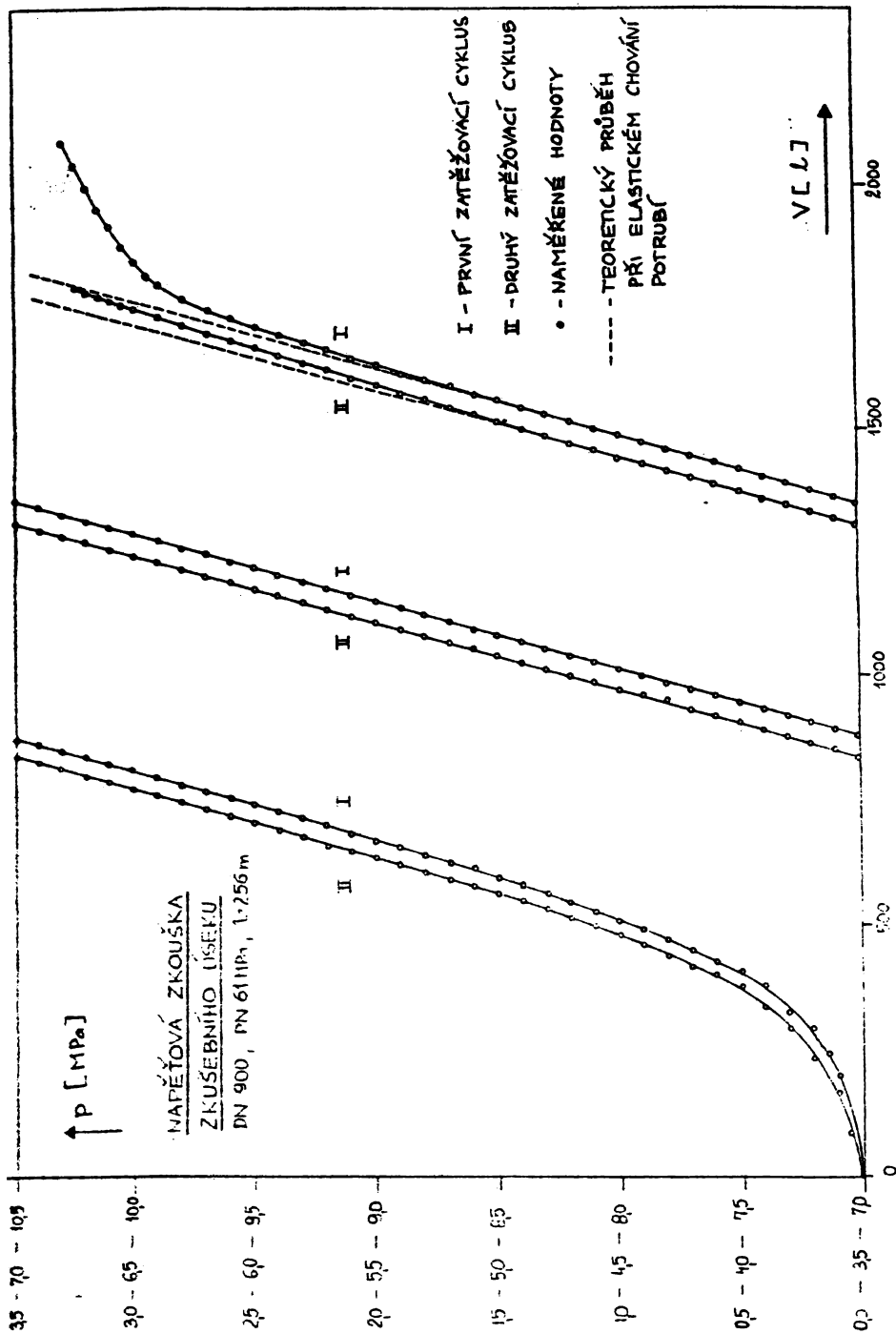
Závěr

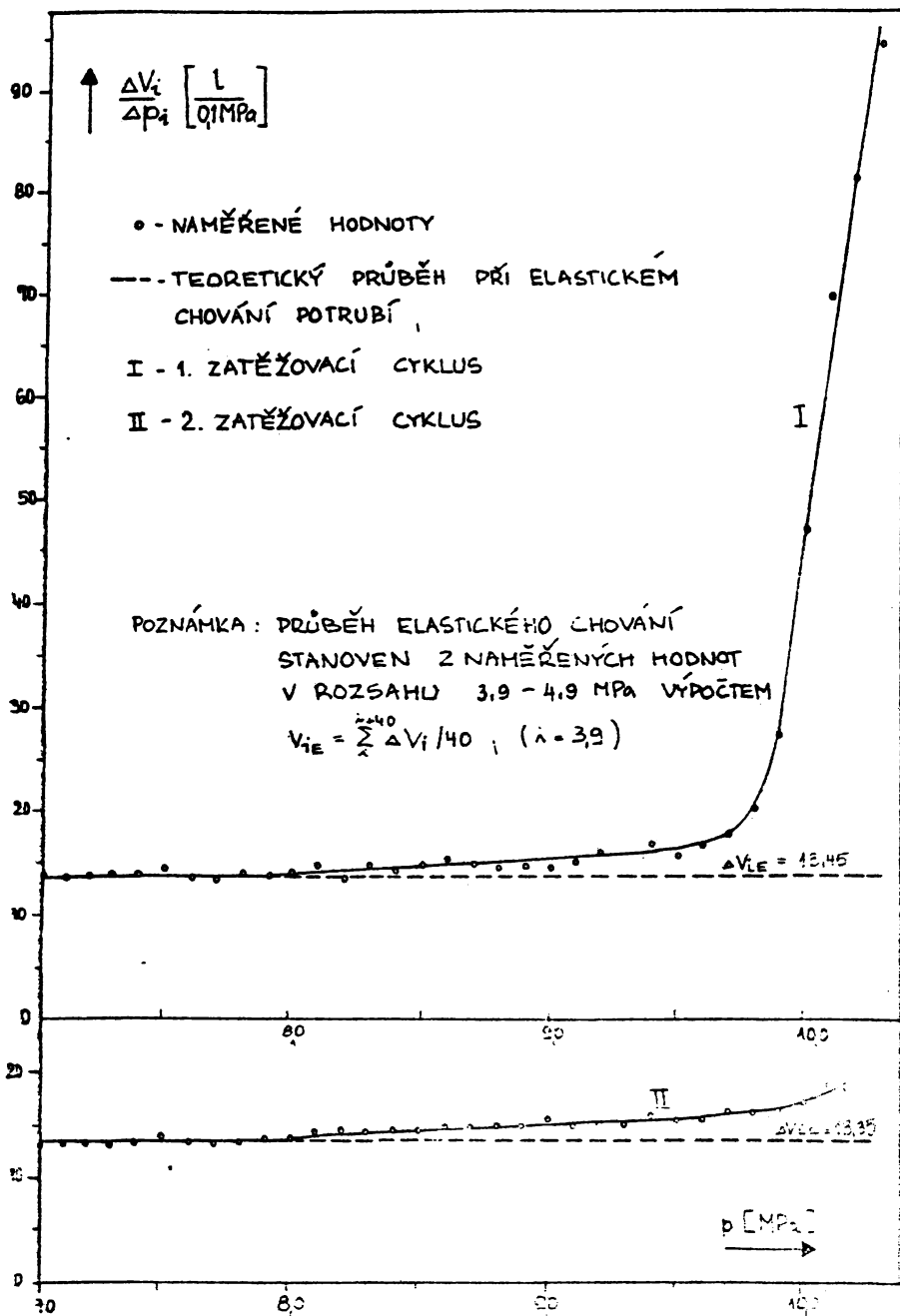
Závěrem je možné konstatovat, že provedené zkoušky splnily svůj účel. Dosažené výsledky zkoušek prokázaly dostatečnou přesnost přístrojového vybavení použitého při zkouškách, dostupného v ČSSR. Shoda teoretických předpokladů s naměřenými výsledky potvrdila dobré a přesné provedení napětových testů. Vyhodnocení plastické deformace prováděné průběžně z odečítaných hodnot je poměrně pracné, málo přehledné a nedostatečně operativní. Proto při dalších zkouškách tohoto druhu bude vyhodnocení prováděno automaticky včetně zobrazení průběhu sledovaných závislostí počítačem.

V současné době se připravují napětové zkoušky již na reálném plynovodu DN 700, kde úseky budou dlouhé cca 10 km. Využití těchto zkoušek povede ke zvýšení provozní bezpečnosti plynovodů.



Obr. 1 - SCHEMA PROVEDENÍ NAPĚŤOVÉHO TESTU ZKUŠEBNÍHO ÚSEKU - SVIŇOMAZY





NAPĚŤOVÁ ZKOUŠKA - VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU PLASTICKÉ DEFORMACE

