

NAAPJATOST V IZOLAČNÍ SPOJCE PLYNOVODU

1.0. Úvod

Pro použití nového typu izolační spojky v plynovodech a možnost exportu tohoto výrobku na západní trhy byla provedena analýza napětí včetně tlakových zkoušek podle předpisu TUV (NSR). Napětí v konstrukci byla řešena teoretickou metodou konečných prvků a experimentální modelovou metodou fotoelasticimetrie. Při tlakových zkouškách bylo použito tenzometrie.

Ověřovaná konstrukce je oproti dosavadním šroubovaným spojkám velmi jednoduchá, výrobně nenáročná, a proto levnější. Podle obr. 1 je izolační spojka tvořena dvěma do sebe zasunutými trubkami spojenými vrstvou epoxidové pryskyřice, která tvoří izolant. Izolační vrstva musí kromě své základní funkce splňovat požadavek přenosu mechanického zatížení od přetlaku media a od vnějších ohybových momentů.

Výpočet napjatosti této konstrukce za určitých zjednodušujících předpokladů je proveden v literatuře /1/. Odtud je patrné, že pro pevnost spojky je rozhodující smykové napětí ve styku kovu s izolantem a že jeho velikost je možné volit délkou izolačního spoje. Přibližný výpočet také ukázal, že smykové napětí je po délce spoje nerovnoměrně rozloženo. Na koncích spoje dosahuje přibližně čtyřnásobku hodnoty uprostřed.

Pro podrobnější výpočet byla použita matematická metoda konečných prvků s cílem určit podrobné rozložení napětí v jednotlivých částech spojky a orientačně stanovit vliv fyzikálních vlastností izolantu na jeho napjatost. V další etapě byl sledován vliv délky spoje na velikost a rozložení napětí.

Experimentální fotoelasticimetrický výzkum byl proveden na zjednodušeném rovinném modelu s cílem určení napětí v izolační epoxidové vrstvě v místech koncentrace a vlivu délky spoje na velikost maximálních napětí a nakonec najít tvar konstrukce vedoucí ke snížení špiček napětí. Měření elektrickými odporovými tenzometry bylo provedeno při tlakových zkouškách spojek.

2.0. Teoretická část

Matematickým výpočtem byl určován vliv modulu pružnosti izolantu na napjatost ve vrstvě. Pro tři používané hodnoty modulů pružnosti $E = 1600, 3000$ a 6000 MPa byly vypočteny složky napětí $\sigma_t, \sigma_r, \sigma_z$ a τ_{max} v jednotlivých částech spojky. Charakteristický průběh složek napětí v izolač-

ní vrstvě je uveden na obr. 2 (pro $E = 3000$ MPa). Z vypočítaných hodnot je patrné, že s růstem modulu pružnosti se zvyšuje maximální smykové napětí τ_{max} , které je rozhodující pro pevnost spoje. Složky σ_r a σ_z se prakticky nemění a obvodové napětí výrazně klesá s růstem modulu pružnosti.

Ve druhé etapě byl proveden výpočet napětí pro tři délky izolačního spoje $l = 210, 140$ a 70 mm. Zde byl dodržen skutečný tvar spojky se zachováním všech detailů. Ani v tomto případě se napětí σ_r , σ_t a σ_z s délkou spoje příliš nemění. Výrazná je však změna u τ_{max} (obr. 3) jehož velikost se ve střední části se zkracováním spoje výrazně zvyšuje. Detailní analýza konců spojů ukázala na některé nedostatky spoje. V nezalité části epoxidového spoje dosahuje τ_{max} hodnoty od 18 do 22 MPa a v zalité jsou maximální napětí $\sigma_z = 33,5 \div 38$ MPa. Těmto nejslabším článkům spoje byla věnována pozornost při experimentálním výzkumu.

3. Experimentální část

Experimentální ověření detailů konstrukce bylo prováděno na zjednodušených fotoelasticimetrických modelech, jejichž tvar odpovídal dvojnásobně zvětšenému osovému řezu spojky o průměru 150 mm (obr. 4). Byly proměřovány modely o délkách spoje 300 mm a 210 mm v původním tvaru a třech provedených úpravách. Výsledky experimentu jsou uvedeny na tab. 1.

Typ modelu	Zatížení P_{max} [kN]	Řád izochromat		Smykové napětí			
		m_{max}	m_{min} [i_s]	τ_{max}	τ_{min}	τ_{ser}	$\frac{\tau_{max}}{\tau_{ser}}$ [MPa]
L=300-p	7	8,70	0,75	20,0	1,7	3,9	5,1
L=210-p	6	7,05	1,26	18,2	2,9	4,8	3,4
L=210-2	10	9,55	3,20	21,9	7,3	7,4	3,0
L=210-3	11	7,00	2,00	20,2	4,6	8,2	2,5

Tab. 1: Výsledek fotoelasticimetrického měření

Z uvedených výsledků je patrné, že k porušení spoje dochází v místech kde τ_{max} dosáhne hodnoty ~ 20 MPa. Přitom jsou napětí uprostřed délky spoje podstatně nižší $\tau_{min} = 1,7 + 7,3$ MPa a také vypočtené τ_{ser} nedosahuje zdaleka kritické hodnoty. Provedenými konstrukčními úpravami se podařilo snížit špičku smykového napětí na okrajích spoje a tím výrazně zvýšit celkovou únosnost ze 3,9 MPa u původní konstrukce na 8,2 MPa na zkrácené upravené konstrukci.

V poslední etapě byly provedeny tlakové, ohybové a únavové zkoušky spolu se zkouškami elektrické odolnosti podle předpisu TUV (NSR) pro zařízení plynovodů. Tlakové zkoušky byly provedeny u izolačních spojek o průměrech 250, 300, 500 a 900 mm. Tenzometrické měření při tlakových zkouškách bylo provedeno na spojkách $\varnothing 300, 500$ a 900 mm. Výsledek pro spojku $\varnothing 500$ mm je uveden na obr. 5, kde jsou rovněž údaje matematického výpočtu pro daný případ. Je patrné, že průběh napětí je téměř shodný a rozdíl v absolutních hodnotách je způsoben pravděpodobně nesprávně odhadnutým modulem pružnosti izolantu ($E = 6000$ MPa). Všechny zkoušené spojky vyhověly požadavku zatížení čtyřnásobkem provozního tlaku bez porušení spoje a úniku tlaku. Zkouškám na roztržení byly podrobeny spojky o průměru 250 a 500 mm. Spojka $\varnothing 250$ byla tlakována do tlaku 52 MPa, spojka $\varnothing 500$ do tlaku 35 MPa. Při těchto

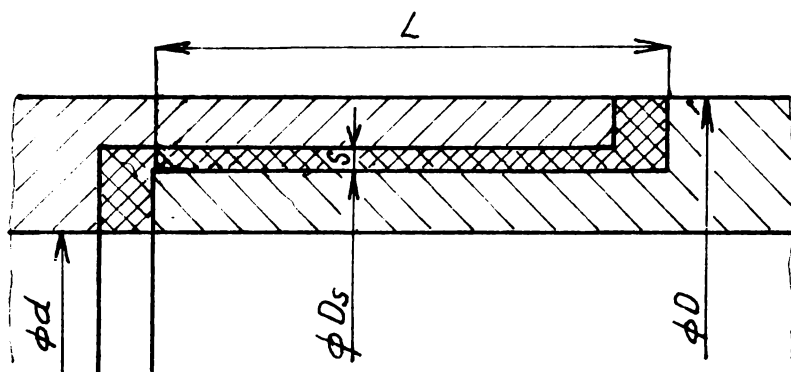
tlacích bylo již téměř na celé spojce dosaženo meze kluzu, vnější povrch spojky byl silně deformován a izolační vrstva se v radiální drážce odtrhla od povrchu kovu. Dokonce ani při osovém vzájemném posuvu částí spojky cca o 3 mm nedošlo k selhání spoje.

Zkouškám na ohyb byly podrobeny spojky \varnothing 250, 300 a 500 mm. I tento pokus byl úspěšný, protože ani při dosažení meze kluzu v ocelové části spojky nebyla těsnost spoje porušena.

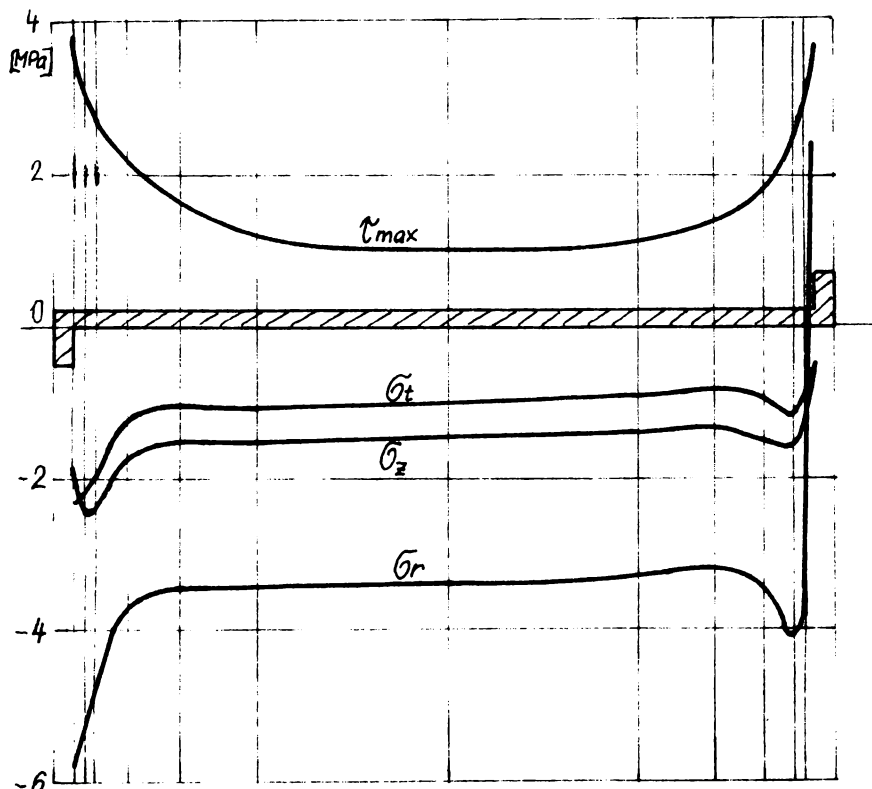
Literatura: /1/ J.Němeček: Pevnostní výpočet izolačních spojů DN80-500 PN 80 - Interní zpráva pro ZČP - říjen 1986

/2/ J.Vísner, V. Linhart: Napjatost v izolační vrstvě spojky plynovodu - Výzkumná zpráva č. Ae 6672/Dok Plzeň - leden 1988

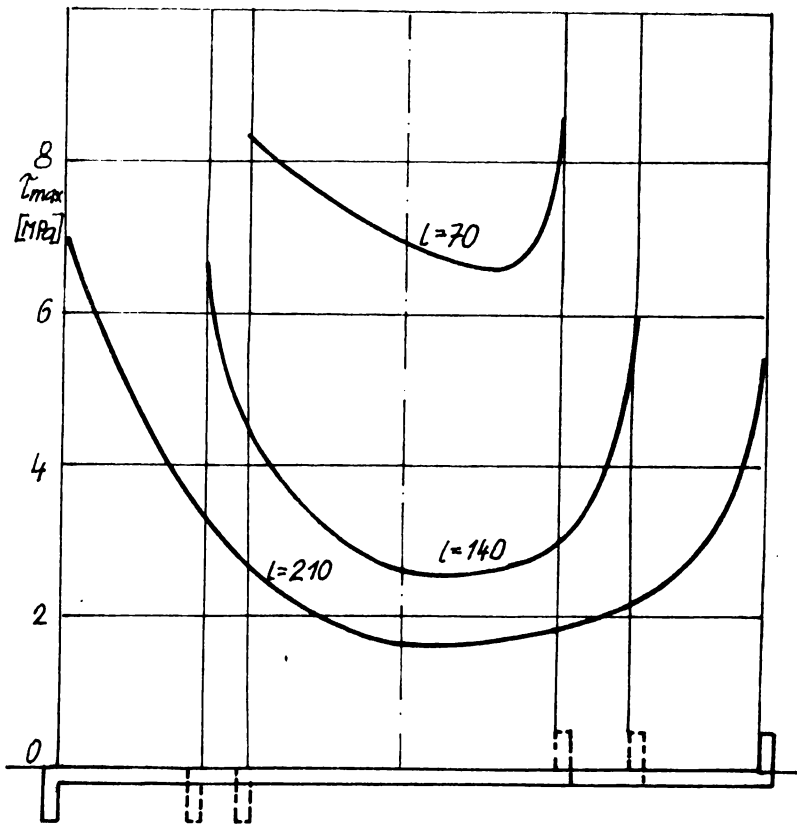
/3/ Zkušební zpráva č. T-03/89 a č. AN 001/90 z 8.8.1089 a 28.2.1990 k.p. Škoda-ZES Plzeň



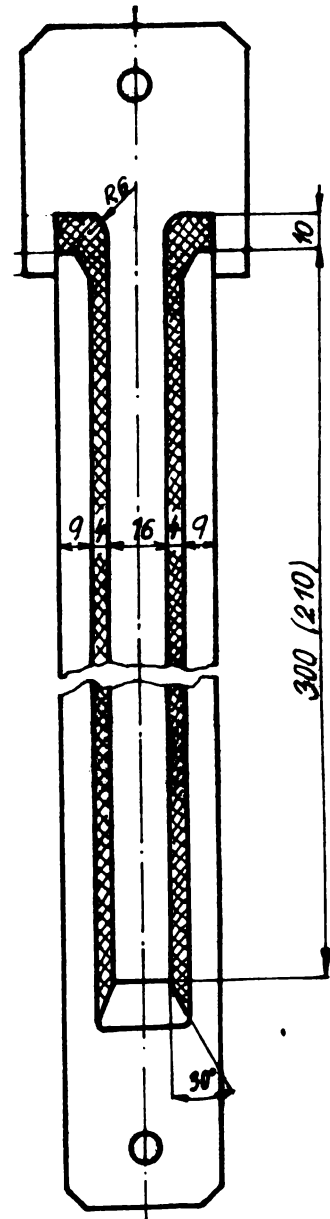
obr. 1



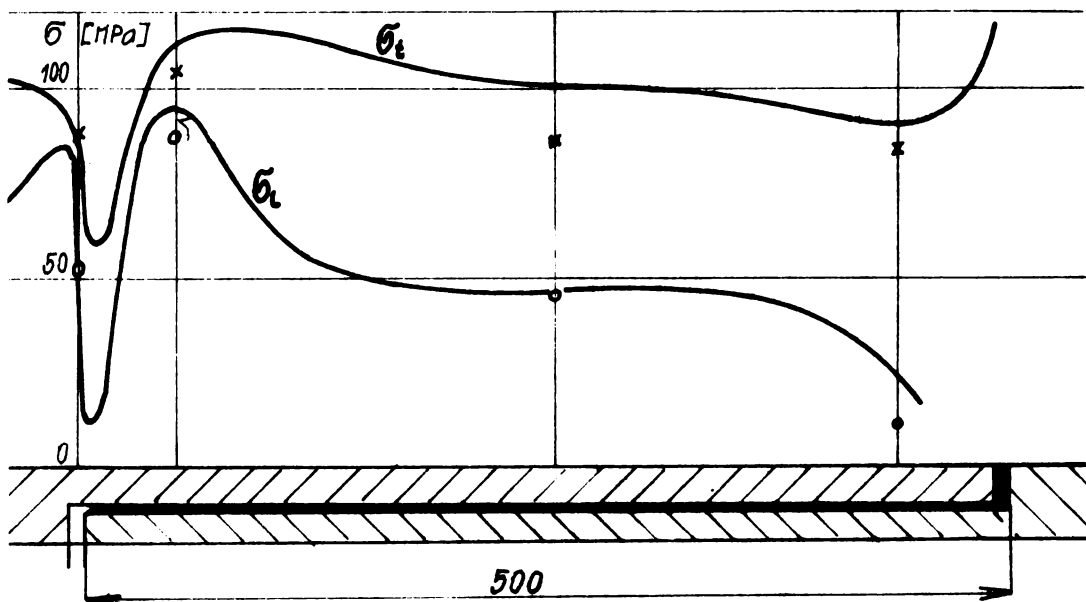
obr. 2



obr. 3



obr. 4



obr. 5