

Prof. Ing. Jan MELICHAR, CSc.¹⁾
Ing. Jaroslav VESELSKÝ²⁾
^{1), 2)} ČVUT v Praze, Strojní fakulta,
Ústav mechaniky tekutin
a energetiky,
Odbor mechaniky tekutin
a termodynamiky

Místní energetická ztráta spoje polypropylénového a polyetylénového potrubí, zhotoveného svařováním na tupo

Local Energy Loss of Polypropylene and Polyethylene Duct Connection, Made by Butt Welding

Recenzent
Dr. Ing. Petr Fischer

Článek pojednává o experimentálním stanovení místní energetické ztráty ve spoji zhotoveném svařováním polypropylénových a polyetylénových trub metodou na tupo. Obsahově navazuje na úvodní experimentální práce, jejichž výsledky byly publikovány v časopisu Vytápění, větrání instalace, 15, č. 1, 2006, s. 15–18. Jsou uvedeny zjištěné hodnoty součinitelů místní ztráty ve spoji konkrétních plastových trub řady vybraných rozměrů a velikosti součinitelů třecích ztrát v přímém plastovém potrubí kruhového průřezu při turbulentním proudění čisté vody, které jsou významné pro projektanty potrubních systémů z uvedených termoplastů.

Klíčová slova: místní ztráta, třecí ztráta, plastové potrubí

The article deals with an experimental determination of a local energy loss in a connection made by polypropylene and polyethylene duct butt welding. The content reassumes the preliminary experimental work, which results were published in Heating, Ventilation, Installation Journal, 15, no. 1, 2006, p. 15-18. There are determined local loss coefficients in a connection of concrete plastic tubes for series of selected dimensions and magnitude of friction loss coefficients for a straight plastic piping of a circular section for a turbulent flow of clear water, which are important for designers of piping systems from mentioned thermoplastics, presented in the paper.

Keywords: local loss, friction loss, plastic piping

ÚVOD

Termoplasty se stávají standardním potrubním materiálem. Používání trub z polypropylénu (dále PP) a polyetylénu (dále PE) pro tlakovou dopravu různých kapalin je v současnosti již běžné. Projektant plastových potrubních systémů však doposud nemá k dispozici dostatek komplexních a ověřených podkladů pro spolehlivý hydraulický výpočet. To se týká především součinitelů místních ztrát ve spojích potrubních komponentů, jejichž specifický tvar ovlivňuje v daném místě nepříznivě charakter proudění kapaliny. Zanedbání vlivu spojů na energetickou bilanci systému nebo kvantifikace místních ztrát neodpovídající skutečnosti, může být v některých případech příčinou nesplnění požadovaných parametrů kapaliny v realizovaném potrubním systému (průtok, tlak) a může výrazně negativně ovlivnit hospodárnost provozu systému. Při spojování trub z PP a PE v praxi obvykle používaným svařováním na tupo vzniká vnitřní svařek, který v potrubí představuje specifický typ místního odporu. Bližší informace o uvedeném způsobu svařování, tvaru vznikajících svařků a vlivu na ztráty energie jsou uvedeny v předchozím článku [1]. Přestože byla zjištěna relativně dobrá shoda hodnoty součinitele místní ztráty etalonového spoje ζ na potrubí 90 x 8,2 β PPH S5/SDR11 zjištěné měřením [1], [2] s hodnotou vypočtenou CFD metodou [3], má experimentální určení součinitelů místní ztráty uvedeného typu spoje prozatím nezastupitelnou úlohu. S cílem získat další údaje využitelné v projekční praxi, byla v návaznosti na počáteční experimentální práce [1] provedena další série měření na nové experimentální trase realizované na Fakultě strojní ČVUT v Praze, umožňující kvantifikovat místní ztráty ve spoji PP a PE trub různých průměrů.

EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ SOUČinitele MÍSTNÍ ZTRÁTY VNITŘNÍHO SVAŘKU VE SPOJI PP A PE POTRUBÍ

Ke stanovení velikosti místních ztrát na svařku potrubí byla realizována experimentální trasa, uvedená na obr. 1.

Průtok vody v potrubí, které tvoří vlastní zkušební úsek, lze měnit uzavíráním, případně otevíráním regulační armatury při konstantních otáčkách čerpadla. Vlastní vyměnitelné horizontální zkušební úseky byly zhotoveny z přímých PP a PE trub výrobce Georg Fischer. Konkrétně byly použity trouby z polypropylénu-homopolymery β modifikace (β PPH) a z lineárního vysokohustotního polyetylénu 3. generace (PE-HD). Rozměry trub byly voleny stejné pro oba materiály a to v následující rozměrové řadě:

DN50/PN16, 63x5,8 ($d = 51,4$ mm); DN40/PN16, 50x4,6 ($d = 40,8$ mm);
DN32/PN16, 40x3,7 ($d = 32,6$ mm); DN25/PN16, 32x2,9 ($d = 26,2$ mm).

Dovolené výrobní úchytky vnějšího průměru a tloušťky stěny jsou předepsány normou DIN 8077 a odpovídají též ISO 4065. Střední hodnota vnitřního průměru jednotlivých trubek v místech spoje (vzážný průměr) a odběrů statického tlaku d byla zjištěna měřením. Spoje trub byly zhotoveny strojním svařovacím zařízením podle DVS 2208/1, a to předepsaným technologickým postupem (směrnice DVS 2207/1).

Metodika měření a stanovení hodnot součinitelů místní ztráty ve spoji trub různých dimenzí byla stejná jako při dřívějším měření na potrubí 90 x 8,2 β PPH S5/SDR11 ($d = 72,5$ mm) a je popsána v [1]. Vzdálenosti mezi kru-



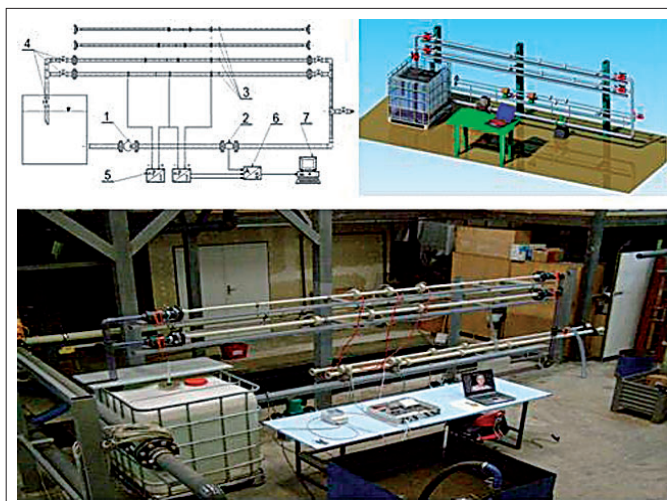
Prof. Ing. Jan Melichar, CSc. (1953)

Absolvent ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Katedra kompresorů, chladicích zařízení a hydraulických strojů (1980), odborná specializace hydraulické stroje a čerpací technika. Místo současného působení: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky tekutin a energetiky, Odbor mechaniky tekutin a termodynamiky, vysokoškolský profesor.



Ing. Jaroslav Veselský (1982)

Absolvent ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Katedra kompresorů, chladicích zařízení a hydraulických strojů (2006), odborná specializace hydraulické stroje a čerpací technika. Místo současného působení: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky tekutin a energetiky, Odbor mechaniky tekutin a termodynamiky, student postgraduálního studia.



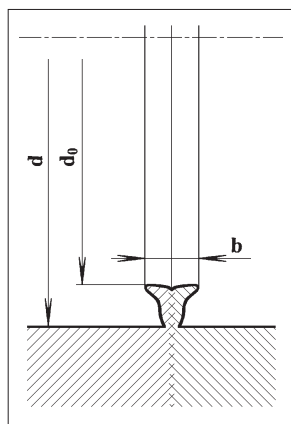
Obr. 1 Experimentální trasa pro měření místní tlakové ztráty ve spoji plastových trub z PE a PP

1 – oběhové čerpadlo, 2 – indukční průtokoměr, 3 – vyměnitelné zkušební úseky PE a PP potrubí určitého vnitřního průměru se svarovým spojem a kruhovými odběry tlaku, 4 – regulační armatura, 5 – diferenční snímače tlaku, 6 – A/D převodník, 7 – PC

hovými odběry statického tlaku v příčných průřezích (měrných místech) zkušební úseku potrubí byly pro všechna potrubí stejné $l \approx 15 d$. Délka horizontálního přímého potrubí mezi odběrem statického tlaku umístěným před spojem s vnitřním svalkem spoje byla vždy $l_1 \approx 5 d$, délka potrubí mezi svalkem spoje a tlakovým odběrem umístěným za spojem pak byla vždy $l_2 \approx 10 d$.

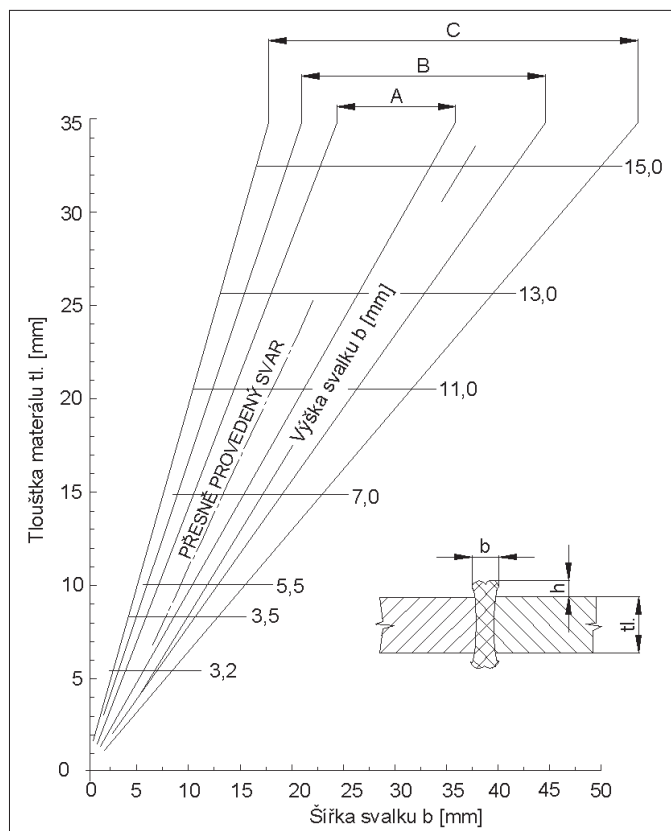
Rozdíly statických tlaků Δp byly měřeny kalibrovanými diferenčními snímači tlaku s rozsahem $0 \div 16 \text{ kPa} / 4 \div 20 \text{ mA}$. Odhadovaná přesnost měření tlakových diferencí je do 0,25 % měřicího rozsahu, drift nuly byl však prakticky zanedbatelný. Průtok vody Q byl měřen oceicheným magneticko-indukčním průtokoměrem typ MQI 99 SMART, přesnost měření 0,5 % z měřené hodnoty v rozsahu 10 až 100 % hodnoty $Q_{\max}$. Teplota vody byla měřena rtuťovým teploměrem. Analogové výstupní signály z indukčního průtokoměru a diferenčních manometrů byly zpracovány v A/D převodníku UDAQ – 1208 a převedeny do PC programem Měřicí ústředna k UDAQ – 1208, který umožňuje zobrazení naměřených dat a jejich ukládání do souboru.

Geometrie vnitřních svalků, vznikajících při svařování PP a PE trub metodou na tupo, se v praxi liší a závisí jednak na materiálu trub, na vnějším a vnitřním průměru spojovaných trub a zejména pak na dodržení správného technologického postupu svařování. Na idealizovaném obr. 2 jsou obecně znázorněny vybrané charakteristické rozměry vnitřního svalku spoje svařovaných termoplastových trub. Přípustná šířka svalku b závisí především na tloušťce stěny.



Obr. 2 Základní rozměry vnitřního svalku spoje plastových trubek svařovaných metodou na tupo

Na obr. 3 jsou zobrazena rozmezí přípustných šířek svalku PP a PE trub v závislosti na tloušťce stěny svařovaného materiálu daná směrnicí DVS 2207, díl 1. a 2. Rozmezí tlouštěk v intervalu označeném A přísluší potrubním systémům, na které jsou kladeny vysoké specifické požadavky (chemický, farmaceutický a potravinářský průmysl). Systémům, na které nejsou kladeny zvláštní nároky (např. vedlejší okruhy technologických provozů, rozvody plynů, vzduchu a vody), pak přísluší intervaly B a C.

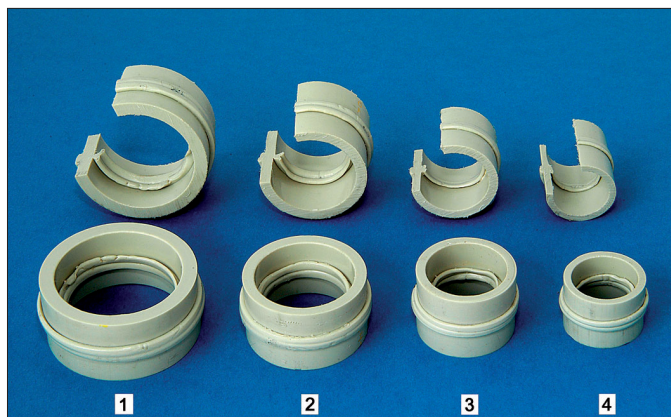


Obr. 3 Přípustné šířky vnitřního svalku spoje PP a PE trub podle směrnice DVS 2207

Závislost vyznačená čerchovaně odpovídá etalonovému spoji vyrobenému dle směrnice DVS 2207 v laboratorních podmínkách.

Na obr. 4 jsou ve spodní řadě výřezy ze zkušebních úseků PP potrubí experimentální trasy s etalonovými spoji, v horní řadě pak výřezy se spoji zhotovenými jako srovnávací vzorky. Odpovídající si spoje byly vyrobeny na stejném svařovacím zařízení, stejnou obsluhou a podle předepsaného technologického postupu, tj. byly dodrženy předepsané časy, teploty ohřevu i přítlačné síly. Přesto je patrný různý tvar vnitřních svalků.

Na obr. 5 jsou výřezy s vnitřními svalky spoju na potrubí z PE, zhotovených rovněž stejnou obsluhou, na stejném svařovacím stroji a postupem předepsaným směrnicemi pro svařování PE. Tvar vnitřních svalků na PE potrubí stejné dimenze je rovněž různý, rozdíly však nejsou tak výrazné jako u trub z PP. Na základě zkušeností z praxe lze konstatovat, že se zvětšujícím se vnitřním průměrem trub je tvar vnitřního svalku pravidelnější, přičemž u trub z PE je vnitřní svalek obléjší než u trub z PP.



Obr. 4 Tvary vnitřních svalků ve spoji PP trub
1–63 x 5,8 ; 2–50 x 4,6 ; 3–40 x 3,7 ; 4–32 x 2,9



Obr. 5 Tvary vnitřních svalků ve spojích PE trub
1–63 x 5,8 ; 2–50 x 4,6 ; 3–40 x 3,7 ; 4–32 x 2,9

Vztažným rozměrem je vnitřní průměr trub d , pro obecnější platnost experimentálně zjištěných hodnot součinitelů ζ je pak významný poměr průměrů d_0/d a velikost šířky svalku b . Střední hodnoty vybraných rozměrů etalonových spojů a hodnoty poměru d_0/d jsou uvedeny v tab. 1. Vnitřní průměr potrubí označený d^* byl zjištěn měřením ve vzdálenosti cca 10 mm od vnitřního svalku, tedy v zóně pravděpodobně již ovlivněné svařovacím procesem. V tab. 1 jsou rovněž uvedena rozmezí Reynoldsových čísel a jim odpovídající rozmezí středních rychlostí proudění c , při kterých probíhalo vlastní měření. Tyto hodnoty jsou vztaženy k průměru d . Rozsah Reynoldsových čísel byl volen zejména s ohledem na v praxi obvyklé střední rychlosti proudění kapalin v plastových potrubních systémech, s omezením pro oblast vysokých rychlostí proudění, kdy by mohlo eventuelně za vlastním spojem docházet ke kavitaci.

Tab. 1 Vybrané rozměry etalonových spojů PP a PE trub

PN	16							
DN	50		40		32		25	
Trouba	63 x 5,8		50 x 4,6		40 x 3,7		32 x 2,9	
Číslo vzorku	1		2		3		4	
Materiál	PP	PE	PP	PE	PP	PE	PP	PE
d [mm]	51,4		40,8		32,6		26,2	
d^* [mm]	50,6	51,4	40,3	40,5	32,3	32,6	26,1	26,1
d_0 [mm]	44,3	43,9	33,6	34,4	25,6	24,6	22,5	21,5
d_0/d [1]	0,862	0,854	0,823	0,843	0,785	0,754	0,858	0,820
d_0/d^* [1]	0,875	0,854	0,834	0,849	0,792	0,754	0,846	0,823
b [mm]	8,5	8,0	7,6	5,8	6,4	4,8	5,0	3,9
Re [1]	53 000 až 225 000		45 000 až 225 000		30 000 až 200 000		50 000 až 150 000	
c [m.s ⁻¹]	1,04 až 4,42		1,11 až 5,57		0,95 až 6,20		1,92 až 5,78	

Ze vzájemného porovnání spojů plyne, že tvary vnitřních svalků na PE potrubí jsou pravidelnější než u trub z PP, obtékané hrany jsou oblejší a charakteristické rozměry uvedené na obr. 2 jednoznačnější a lépe měřitelné. Příčinou pravidelnějšího tvaru svalků u PE trub je příznivější hodnota indexu toku taveniny než u PP. Z hlediska tokových vlastností taveniny je materiál PPH nejhorší (má nejvyšší hodnotu indexu toku) ze tří vyráběných PP (PPB, PPR, PPH). Predikce tvaru vnitřních svalků v potrubí různých dimenzí potrubí z daného materiálu nemůže být přesná, protože vzhledem k působení náhodných vlivů při svařovacím procesu v podmínkách praxe není reálné zajištění naprosto stejných podmínek (zejména tepelných) svařování. Dalším faktem omezujícím zobecnění, je v praxi poměrně často vznikající nesouosost svarem spojených trub, jejíž velikost závisí na řadě faktorů. Vytvoření stochastického modelu by pak vyžadovalo značné časové a finanční náklady, přičemž spolehlivost výstupů by byla pravděpodobně nejistá. Je proto třeba mít na zřeteli, že pro popis geometrie vnitřních svalků, potřebné jak pro zobecnění získaných výsledků měření, tak zejména pro eventuelní využití možností poskytovaných metodami CFD (Computational Fluid Dynamics), je třeba přijmout určitá zjednodušení.

Hydraulické ztráty při proudění kapaliny potrubím rychlostí c (m.s⁻¹) mohou být vyjádřeny ve formě měrné energie kapaliny Y_z (J.kg⁻¹), která se spotřebuje v dané části systému třením v přímých úsecích potrubí a místními vlivy. Konkrétní hodnoty Y_z lze určit výpočtem z naměřených hodnot rozdílů tlaků (tlakových ztrát) mezi ve směru toku kapaliny po sobě následujícími odběry tlaku Δp_1 (Pa) a Δp_2 (Pa). Pro měrnou energii $Y_{z\text{tr}}$, resp. energii kapaliny o měrné hmotnosti ρ (kg.m⁻³) ztracenou v důsledku tření v přímém potrubí délky l (m) bez vnitřního svalku, platí vztah Darcy-Weisbachův

$$Y_{z\text{tr}} = \frac{\Delta p_1}{\rho} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \quad (1)$$

Součinitel třecí ztráty λ (1) je v případě ustáleného tlakového turbulentního proudění Newtonské kapaliny v hydraulicky hladkém přímém potrubí závislý pouze na Reynoldsově čísle Re (1) a může být vypočten z následujících vztahů, obvykle označovaných podle autorů.

Z řady publikovaných vztahů v odborné literatuře zde uvedme vztah Blasiovův

$$\lambda = 0,3164 \cdot \text{Re}^{-0,25} \quad (2)$$

vztah Advaniho

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 \cdot \text{Re}^{-0,237} \quad (3)$$

vztah Macha, publikovaný v [5]

$$\lambda = 0,738 \cdot \frac{d^{0,068}}{\text{Re}^{0,3}} \quad (4)$$

vztah podle Ševeleva

$$\lambda = \frac{0,288}{\text{Re}^{0,226}} \quad (5)$$

Reynoldsovo číslo při proudění kapaliny kinematické viskozity ν (m².s⁻¹) zcela zaplněným potrubím kruhového průřezu o vnitřním průměru d (m) se vypočte ze vztahu

$$\text{Re} = \frac{c \cdot d}{\nu} \quad (6)$$

Střední rychlosti proudění c (m.s⁻¹) byly vypočteny z měřených hodnot průtoků Q (m³.s⁻¹) rovnicí kontinuity pro ustálené proudění. V rámci prováděných měření byla při výpočtech uvažována pouze závislost měrné hmotnosti a kinematické viskozity vody na teplotě t (°C).

Platnost vztahu (2) bývá v literatuře udávána pro rozsah Reynoldsových čísel $2300 < \text{Re} \leq 100\,000$, ale také pro $4000 < \text{Re} \leq 200\,000$. Pro vztah (3) pak bývá udávána platnost v rozsahu $20\,000 < \text{Re} < 80\,000$, ale i v intervalu $60\,000 < \text{Re} < 10^8$, pro vztah (4) až do $\text{Re} = 200\,000$.

Tlakovou ztrátu způsobenou vnitřním svalkem můžeme vyjádřit vztahem

$$\Delta p_s = \Delta p_2 - \Delta p_1 \quad (7)$$

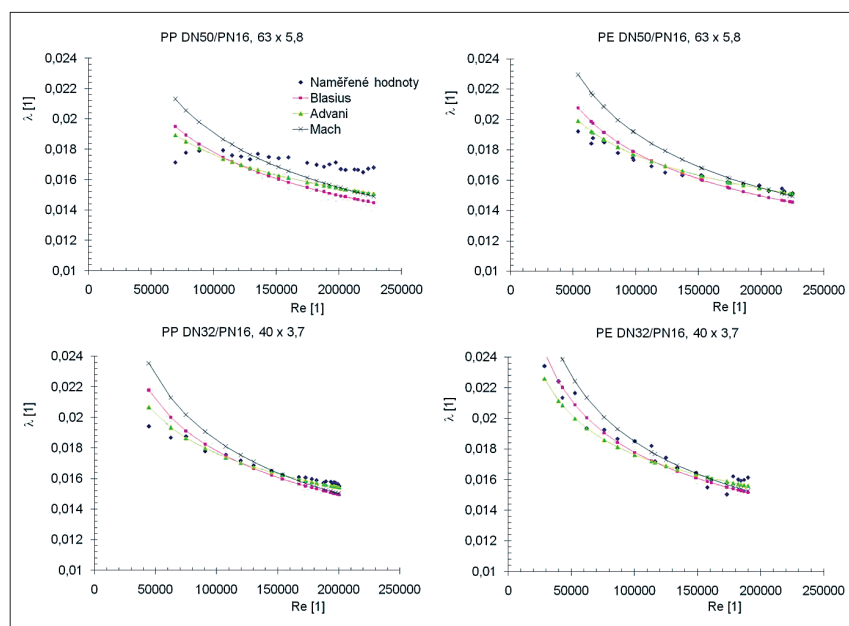
Pro výpočet ztrát místních příslušných spoji potrubí s vnitřním svalkem Y_{zs} , lze použít obvyklý vztah

$$Y_{zs} = \zeta \cdot \frac{c^2}{2} = \frac{\Delta p_s}{\rho} \quad (8)$$

ze kterého plyne vztah pro výpočet součinitele místní ztráty spoje ζ (1)

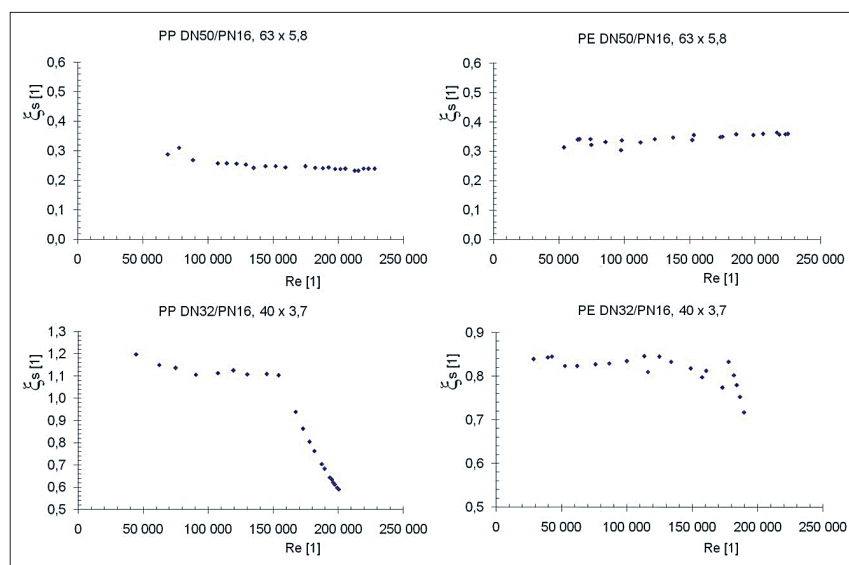
$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta p_s}{\rho \cdot c^2} \quad (9)$$

Porovnání hodnot součinitele třecích ztrát λ určených ze vztahů (2), (3) a (4) pro vybrané dimenze potrubí s hodnotami λ vypočtenými ze vztahu



Obr. 6 Porovnání závislosti součinitele tření na Reynoldsově čísle $\lambda = f(Re)$ vypočtených podle vztahů Blasius, Advaniho a Macha se závislostí $\lambda = f(Re)$, vypočtenou ze vztahu Darcy-Weisbachova

PP – vlevo, PE – vpravo



Obr. 7 Hodnoty součinitele místní ztráty spoje trub ζ v závislosti na Reynoldsově čísle

PP – vlevo, PE – vpravo

(1) naměřenými hodnotami rozdílu tlaků Δp_i na zkušební úseku potrubí délky l , je pro konkrétní Reynoldsova čísla uvedeno na obr. 6.

Experimentálně zjištěné hodnoty základního součinitele místní ztráty spoje ζ vybraných dimenzí PP a PE potrubí, vypočtené ze vztahu (9), jsou v obr. 7 uvedeny v závislosti na Reynoldsově čísle.

Jednotlivým bodům v obr. 6 a obr. 7 přísluší střední hodnoty měřených a vypočtených veličin. Obr. 6 dokládá relativně dobrou shodu experimentálně určených hodnot součinitele tření λ s hodnotami vypočtených podle Advaniho vztahu. V uvedeném rozmezí Reynoldsových čísel pak nevykazují trouby z PP i PE stejné hydraulické vlastnosti jako potrubí hydraulicky hladké (ve smyslu Blasiova vztahu).

U trub 63 x 5,8 a 50 x 4,6 byla zjištěna prakticky konstantní hodnota součinitele spoje potrubí ζ v příslušných rozmezích Reynoldsových čísel (omezených možnostmi zkušební trasy). U trub menších světlostí pak od určité hodnoty Reynoldsových čísel docházelo k prudkému poklesu součinitele ζ . Tato sku-

tečnost může být zapříčiněna změnou proudového pole v okolí svalku při vyšších rychlostech proudění, případně kavitací. V tab.2 jsou uvedeny zjištěné orientační hodnoty součinitelů ζ pro spoje v potrubí jednotlivých dimenzí Reynoldsových čísel, kde je $\zeta \approx \text{konst.}$ SMAZAT

ZÁVĚR

Již dříve bylo experimentálně prokázáno [5], že např. trouby z PE nevykazují při nižších Reynoldsových číslech stejné hydraulické vlastnosti jako potrubí hydraulicky hladké ve smyslu Blasiova vztahu. Toto je v souladu s poznatkem zjištěným i u PE trub 32 x 2,9, kdy se zjištěné hodnoty součinitele λ v rozmezí Reynoldsových čísel $Re = 50\,000$ až $100\,000$ shodovaly s hodnotami určenými ze vztahu (4). V současnosti i při dříve prováděných měření [1], [2] na zvolených dimenzích potrubí byla zjištěna relativně dobrá shoda experimentálně určených hodnot součinitele tření λ s hodnotami vypočtených podle Advaniho vztahu. Příčinou odlišnosti průběhu naměřené závislosti $\lambda = f(Re)$ od závislosti vypočtené podle Blasiova vztahu (2) může být rozdílná smáčivost kapaliny vůči povrchu trub plastových a měděných, resp. různými adhesními silami, způsobujícími přilnavost tekutiny k povrchu trub [6].

V článku jsou dále uvedeny experimentálně zjištěné hodnoty ztrátového součinitele vnitřního svalku, vznikajícího při svařování PP a PE trub metodou na tupo. Vzhledem k možnému rozpětí šířky vnitřního svalku b při $d = \text{konst}$ a $d_0/d = \text{konst}$ nelze prozatím stanovit obecnou závislost velikosti součinitele ζ na rozměrech svalku pro širokou řadu dimenzí PP a PE trub. U spojů potrubí svařovaného metodou na tupo obecně klesá hodnota poměru d_0/d s rostoucím vnitřním průměrem d , avšak tato tendence u potrubí menších dimenzí nemusí být tak jednoznačná z důvodu velkého ovlivnění rozměrů kvalitou svařovacího procesu. Předpoklad, že s rostoucím průměrem d klesá součinitel ζ u PP a PE trub, až na výjimky není v rozporu s výsledky provedených měření. Se zvětšujícím se průměrem d roste hodnota ζ a zároveň se zvětšuje rozdíl mezi hodnotami součinitele ζ příslušejících danému materiálu trub, přičemž u trub z PP až na jednu výjimku jsou naměřené hodnoty součinitele ζ větší než u trub z PE. V rámci provedených měření byly poprvé kvantifikovány hodnoty součinitelů místní ztráty

na konkrétních spojkách PP a PE trub uvedených v tab. 2. Velikost součinitelů ζ je směrná, protože v praxi se tvar vnitřního svalku spoje může lišit od měřeného, i když oba spoje vyhovují směrnici DVS 2207.

Pro predikci ztrát energie a vytvoření modelu proudění potrubím v místě vnitřního svalku PP a PE trub lze v současnosti využít prostředky CFD, tj. programy Fluent a Gambit. Tyto prostředky umožňují grafické vyhodnocení proudění v místě zúžení průtočného průřezu a to na základě vložené geometrie svalku, zasíťování a určení okrajových podmínek. Součinitel ζ stano-

Tab. 2 Součinitel místní ztráty spoju PP a PE trub

PN	16							
	50		40		32		25	
DN	63 x 5,8		50 x 4,6		40 x 3,7		32 x 2,9	
Trouba	63 x 5,8		50 x 4,6		40 x 3,7		32 x 2,9	
Materiál	PP	PE	PP	PE	PP	PE	PP	PE
d_0/d [1]	0,862	0,854	0,823	0,843	0,785	0,754	0,858	0,820
b [mm]	8,5	8,0	7,6	5,8	6,4	4,8	5,0	3,9
ζ [1]	0,25	0,35	0,54	0,41	1,12	0,84	0,98	0,85
Re [1]	53 000 až 225 000		45 000 až 225 000		30 000 až 200 000		50 000 až 150 000	

vený matematickou simulací proudění v místě vnitřního svalu na potrubí 90 x 8,2 BPPH S5/SDR11 odpovídal hodnotě zjištěné experimentálně [3], [4].

Poděkování

Práce vznikla za podpory výzkumného centra 1 M 06059 "Progresivní technologie a systémy pro energetiku", v rámci programu MŠMT ČR.

Kontakt na autory: jarošlav.veselsky@fs.cvut.cz, jan.melichar@fs.cvut.cz,

Použité zdroje:

- [1] Melichar, J., Háková, J., Veselský, J., Michlík, L. Místní energetická ztráta spoje plastového potrubí, zhotoveného svařováním na tupo. *Vytápění, větrání, instalace*, 2006, roč. 15, č. 1, s. 15–18.
- [2] Melichar, J., Háková, J., Veselský, J., Michlík, L. Local Head Loss of Plastic Pipeline Joint Welded by Butt Fusion. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2006, roč. 54, č. 3, s. 299–308.
- [3] Veselský, J., Local loss of plastic pipeline joint welded by butt fusion. In: *Power system engineering ES 2007*, Plzeň 2007
- [4] Veselský, J., Melichar, J., Místní ztráta spoje plastového potrubí, spojovaného svařováním na tupo. In: *Strojné inženýrství 2007 – mezinárodní konference*. Bratislava: STU, 2007, CD
- [5] Mach, V. Tlakové ztráty třením v polyetylenových trubkách. *Zdravotní technika a vzduchotechnika*, Praha: ČSAV, 1964, č. 6, s. 250–259.
- [6] Pochylý, F., aj.: Smáčivost kapalin vůči pevným povrchům. Brno: VUT v Brně, 2006, Výzkumná zpráva. ■

Připomínka recenzenta

Doporučuji dopracovat naměřené hodnoty do formy matematicky vyjádřené závislosti tak, aby se nechaly odpory spojů implementovat do výpočetních programů.

Stanovisko autorů k připomínce recenzenta

Záměrem článku bylo seznámit čtenáře se současnou úrovní poznatků získaných ve specifické, ale z hlediska úspor energií významné problematice stanovení místních ztrát na vnitřním svalu spoje plastových trub svařovaných metodou na tupo.

Dalším cílem bylo poskytnout projektantům trubních systémů směrné údaje, využitelné v jejich praxi.

Z dostupných informací a odborných podkladů je zřejmé, že Fakulta strojní ČVUT v Praze je doposud jediným pracovištěm v ČR i v zahraničí, na kterém byly experimentálně stanoveny konkrétní hodnoty součinitelů místních ztrát uvedených spojů plastových trub. Tyto hodnoty je třeba prozatím chápat jako směrné, sloužící uživateli, k jeho orientaci v problematice a predikci podílu místních ztrát na vnitřních svalcích v celkové energetické bilanci potrubního systému. Důvodem je skutečnost, že vzhledem ke specifické geometrii svalu (např. kruhová nesymetrie a proměnná šířka i zakřivení hran svalu) prozatím nelze jednoznačně vyjádřit závislost součinitele místní ztráty svalu na Reynoldsově číslu a geometrii svalu exaktním matematickým vztahem. Matematické vyjádření je problematické, protože geometrii vnitřního svalu významně ovlivňuje kvalita a podmínky svařovacího procesu. Vazba geometrie a podmínek svařování je stochastická. Pokus o vyjádření souvislosti pro disipaci podstatných veličin a rozměrů by eventuelně mohl být učiněn až na základě dlouhodobých, finančně i personálně velmi náročných měření.

V článku uváděné kvantitativní údaje v současnosti umožňují projektantům plastových potrubních systémů volbu hodnot součinitele místní ztráty ve spojích trub vybrané řady menších dimenzí s přijatelnou mírou bezpečnosti. Na potrubí větší dimenze byla experimentálně potvrzena relativně dobrá shoda naměřených hodnot součinitele místní ztráty na vnitřním svalu s hodnotami stanovenými CFD. I takto získané výsledky je však třeba chápat jako přibližné, protože zadání geometrie vnitřního svalu je oproti skutečnosti zjednodušená a nepostihuje stochastickou povahu svařovacího procesu.

Redakční poznámky:

Z grafů si může každý projektant analyticky vyjádřit potřebný vztah a počítat s jeho chybou v odhadnutém rozsahu technické nepřesnosti, např. $\pm 20\%$. Podrobné měření v širším rozsahu průměrů a dalších okrajových podmínek by přineslo statisticky střední hodnoty a směrodatnou odchylku.

Praktické poznatky publikoval Ing. V. Háček ve VVI 4/2002 (s. 142–146) a ve VVI 4/2001 (s. 168–170) (Hz)

* Proudové ventilátory pro hloubkové garáže

Proudové ventilátory (Jet Fans) jsou ideálním řešením pro hloubkové garáže, protože odpadají šachty, které jsou jinak zapotřebí pro běžné větrací a odkuňovací systémy (v případě požáru). Bez těchto šachet lze snížit odpor systému, přičemž jsou možné nižší otáčky a hlučnost ventilátorů, nižší stropy a též snad i lepší vzhled. Často mohou odpadnout i sprinklery. Pokud se týče větrací funkce, při odvětrávání řízeném CO lze ušetřit 10 až 30 % energie.

CCI 14/2007

(Ku)

* Projekt OASE

Německé spolkové ministerstvo pro hospodářství a techniku se podílí na programu zvýšení energetické účinnosti budov. Program má zkratku OASE, což znamená „Optimalizace Automatických funkcí provozně technických zařízení dynamickou Simulací, jako systém managementu Energie“.

Cílem OASE je odhalit možnosti úspor a optimalizovat provozní procesy v nichž budou cíleně vyhodnocena data automatizace budov. Spolu s vyhodnocováním bude zkoumáno komplexní spolupůsobení energeticky relevantních komponentů zařízení. V projektu OASE bude k tomu účelu vyvinuta řada metod a nástrojů k náležité vizualizaci a analýze provozních procesů s příslušným softwarem při běžném provozu budovy a jejích zařízení. Jako výsledek budou získány možnosti a opatření ke zvýšení tepelného komfortu při optimalizaci spotřeby k tomu potřebné energie.

CCI 11/2008

(Ku)

* První „hlídač počasí“ se senzorem rychlosti větru

Firma Elero GmbH uvedla na trh první „hlídač počasí“, který má na spodní straně ještě senzor rychlosti větru. S integrovanými senzory slunečního svitu a deště měří přístroj průběžně intenzitu slunečního záření a sílu deště. Pokud jsou měřené hodnoty nad nastavenými prahovými hodnotami, spustí se po krátkém zpoždění markýza nebo žaluzie, pokud tyto hodnoty klesnou, zatáhne se zpět. Signály se přenášejí na 868,3 MHz a tak tento přístroj nevyžaduje žádný řídicí kabel, je však třeba jeho napájení el. proudem.

CCI 5/2008

(Ku)

* První „zelené město“ v USA

Dne 4. května 2007 bylo město Greensburg v Kansasu se 1400 obyvateli zcela zničeno tornádem. Dva obyvatelé přišli o život a 50 osob bylo zraněno. Po této katastrofě obyvatelé došli k neobvyklému plánu vybudovat nový „Zelený Greensburg“.

Jejich záměrem je vybudovat předobraz pro komplexní využití regenerativních energií. Podle tohoto musí všechny nově stavěné budovy splňovat energetické a ekologické minimální požadavky a být certifikovány v souladu se směrnice US systému LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Na základě toho budou jedno– a dvourodinné domky postaveny tak, aby spotřeba jejich energie byla alespoň o 40 % nižší, než srovnatelné průměrné domky v USA. Předepsána je tak řádná tepelná izolace, dvojité zasklení, vzduchotěsnost, zdroje energie o min. účinnosti 90 % a solární kolektory k přípravě teplé vody.

CCI 11/2008

(Ku)