

# JAK DOCÍLIT DLOUHODOBÉ A SPOLEHLIVÉ UTĚSNĚNÍ PŘÍRUBOVÝCH SPOJŮ MĚKKÝMI TĚSNICÍMI MATERIÁLY ?

LUKAVSKÝ J.

ČVUT v Praze, fakulta strojní, Ústav procesní a zpracovatelské techniky, jiri.lukavsky@volny.cz

*Nedostatečné znalosti o nových měkkých těsnicích materiálech, jejich vlastnostech v různých zatěžovacích stavech, užití nevhodných nástrojů pro montáž, příp. vnášení „lidského faktoru“ do jednotlivých montážních prací jsou příčinou mnohých selhání přírubových spojů již při tlakových nebo těsnostních zkouškách aparátů nebo potrubí. Nové těsnicí materiály a náhledy na dimenzování tlakových zařízení vyžadují proto nové postupy již v projekční, konstrukční a výrobní činnosti, především ale v údržbě a montáži těchto spojů. Dlouhodobé zkušenosti s experimenty a výpočty v ČR nám umožňují skutečně kvalitní proškolení jak montážního personálu podle nové ČSN EN 1594-1, tak i vedoucích údržeb, údržbářů, konstruktérů i revizních techniků.*

## Vznik problematiky

Zákazem používání azbestu (v některých zemích počátkem r.1980, u nás 2009 podle zákona č.306/2006 Sb.) pro měkká vláknitopryžová těsnění označovaná jako „klingerit“ nebo zkráceně „IT“, bylo nutno najít nové náhradní materiály. První logickou cestou byla náhrada vláken azbestu jinými vlákny. Karcenogenita azbestových vláken je dána možným vnikáním nerozpustných azbestových vláken do plicních komůrek, jejich zapíchnutím do stěn komůrek a na to nežádoucí reakcí organismu. Nebezpečné rozměry vláken pro vniknutí do plicních komůrek jsou u průměru vláken menších než 3 μm, délka větší než 5 μm, nebo poměr délky k průměru větší než 3:1.

Navržená vlákna – uhlíková, grafitová, skelná aj. – sice rozměrově již vyhovují, ve srovnání azbestových trubiček v sobě zasunutých jsou však jako tyče. Dále tato vlákna snázejí lépe tahová než tlaková zatížení, a proto se lámou. Teprve rozcupovaná vlákna aramidů (Kevlar) umožnila v kombinaci s dříve jmenovanými vlákny určitá řešení. Protože aramid je ale řádově dražší než azbest, bylo třeba volit jiný, méně výhodný poměr vláken k pojivům (pryži) a plnivům, než u IT-materiálů. Tím poměrně nadlouho se s těmito „náhradami“ nedosahovalo původních poměrně dobrých vlastností IT-těsnění.

Teprve v poslední době nahrazením elastomeru (pryže) NBR materiálem HNBR nebo kombinací vrstev NBR s HNBR se objevila nová vhodnější technická řešení.

## Nové materiály

Z expandovaného čistého grafitu (> 98%), který zpracováním za vysoké teploty a vysokého tlaku dokáže zvětšit svůj objem cca 320krát, lze následným válcováním zhotovit folie, z níž se dají dále zhotovit homogenní nebo kovovými a nekovovými foliemi zesílené desky. Z nich lze vyseknout nebo vyříznout požadovaný rozměr těsnění. Svými vlastnostmi: odolností chemickou i teplotní, tlakovou pevností, vodivostí a roztažností předčí vláknitopryžové materiály. Je ale křehký a měkký, musí se více deformovat.

PTFE ve virginální podobě se používá pouze jako folie. Velmi výhodným řešením jako náhrada je deska buď v jedno- nebo vícesměrné orientaci nebo plněná vlákny, kovem nebo karbidem křemíku. Jako perspektivní materiál se ukazuje slída v oblasti teplot 700 až 900 °C v deskách zesílených perforovanou nerezovou folií.

Kombinací kovových těsnění s vně obloženými nebo nanesenými tenkými vrstvami nekovových materiálů lze také použít v oblastech nižších tlaků média, protože se zvětšeným rozsahem utahovacích tlaků umožňují bezpečnější utěsnění.

Měkká těsnění pro svou optimální funkci mají být porézní, aby se při utahování z jejich rozměrů měnila pouze tloušťka. Těsnění se svými deformacemi přizpůsobí povrchu těsnicích ploch.

## Množství netěsnosti a třídy těsnosti

Množství netěsností v průmyslových spojkách (příruby, armatury, čerpadla – rotační a surné pohyby) byly ve větším rozsahu prvně

stanoveny v 70. až 80. letech minulého století (v Evropě – BASF, BP, Shell aj. a v USA). Pro příruby do PN 40 s definovanými rozměry a utahovacím tlakem je dáno povoleným objemovým množstvím 1 ml/min N<sub>2</sub>. Rozsáhlý výzkum EU 1993–1995 přinesl kromě metody zkoušek měkkých těsnění popsanych v DIN 28090, stanovení technických dodacích podmínek v DIN 28091 a specifikaci 3 tříd průmyslové těsnosti v hmotnostních jednotkách (1 ml/min N<sub>2</sub> ≈ 0,1 mg/s N<sub>2</sub>) vztažených na 1 m středního obvodu těsnění: L<sub>1,0</sub>; L<sub>0,1</sub> a L<sub>0,01</sub> v mg/(s.m). Z toho plyne, že L<sub>1,0</sub> (1,0 mg/(s.m)) odpovídá utěsnění kapalin nebo u rozvodů tlakového vzduchu, L<sub>0,1</sub> (0,1 mg/(s.m)) utěsnění plynů a par, příp. kapalin s nízkým povrchovým napětím (např. ropa), L<sub>0,01</sub> (0,01 mg/(s.m)) utěsnění „nebezpečných látek“. Kovová těsnění dosahují množství netěsností 10<sup>-4</sup> a tvarová dokonce až 10<sup>-8</sup> mg/(s.m).

## Dimenzování spoje a zjišťování výpočtových hodnot

Dosud užívané výpočty dimenzování přírubových spojů vycházely buď z elastického řešení rovnováhy sil, momentů, deformací a natočení listu a krku příruby a skořepiny (ASME Code) nebo z elastoplastického součtu mezního stavu v plastickém kloubu v krku příruby a v listu příruby (DIN 2505 a ČSN 69 0010) při rovnováze sil ve šroubech a reakci těsnění při montáži, příp. rovnováze sil ve šroubech a reakci těsnění při odlehčení vnitřním tlakem v provozu. Vlastnosti těsnění byly zahrnuty v parametrech  $m$  a  $q$  ( $y$ ).

Nový těsnostní a pevnostní výpočet podle ČSN EN 1591-1 umožňuje sledovat zatížení přírubového spoje nejen při montáži, provozu nebo tlakové zkoušce, ale i v dalších stavech, jako je najždění, sjždění nebo kolísání parametrů zařízení. Kromě tlaku zvažuje i vnější zatížení od teplotních zatížení a osových síly. Počítá s možným rozptylem utahovacích sil způsobeným neodbornou montáží nebo užitím „vhodného utahovacího nářadí“. Potřebné výpočtové veličiny stanovené podle ČSN EN 13555/2005 (dříve DIN 28090) jsou obecně uvedeny v ENV 1591-2. Zkušenosti ale ukázaly, že stejný druh těsnění může mít různé hodnoty výpočtových veličin podle výrobního postupu výrobce. Nová iniciativa EU v rámci snižování emisí škodlivých látek (Sevilla) vyústila v národních emisních zákonech a vyhláškách pro udržení kvality ovzduší a snižování emisí v r. 2002. Pro přírubové spoje PN 40 byla stanovena mezní hodnota netěsností specifikovaných nebezpečných látek 10<sup>-4</sup> mbar.l/(s.m) = 0,16.10<sup>-4</sup> mg/(s.m) helia (viz též TA-Luft a VDI 2440).

Dnes jsou výpočtové veličiny v souladu s ČSN EN 13555 vydaných výrobci shrnuty na stránkách: www.gasketdata.org. Výpočtové veličiny pro některá PTFE nebo kovová těsnění se musí ještě ověřit. Dlouhodobá životnost těsnicích materiálů nebyla dosud experimentálně sledována, první výsledky se objevují teprve nyní. Výrobci vycházejí pouze ze zkušeností s podobně nasazenými aplikacemi.

Tzv. „expertní programy“ pro výpočet přírubových spojů dnes mají i větší výrobci těsnění, ale ty platí pouze pro vlastní výrobky.

*Dokončení na další straně*

Vyhovují zejména u menších světlostí přírub při neměnném zatížení, neuvažují totiž vliv změn teploty šroubů a přírub.

S výpočty podle ČSN EN 1591-1 při zarážkách větších výrobních komplexů jak u potrubí, tak i aparátů zkušenosti dnes již v ČR existují. Lze konstatovat, že při dodržení všech předpokládaných postupů při montáži ve výpočtu uvažovaných, jsou výsledky vyhovující.

### Současný stav a trendy v řešení větší dlouhodobé spolehlivosti utěsnění

S ohledem na dodnes ne zcela úplné znalosti vlastností nelze vytvořit ještě jednoznačné směrnice některých těsnicích materiálů, jaké u tlakových nádob platí např. pro svařování, i když pro provoz tlakových zařízení jsou při utěšňování stejně důležité. Proto skupina evropských odborníků v utěšňování jako první krok vytvořila normu související s výpočty EN 1591-1. Je to norma ČSN EN 1591-4: „Kvalifikace oprávnění personálu pro montáž šroubových spojů v oblasti platnosti směrnic pro tlaková zařízení“. Protože nejlépe problematiku provozu těchto zařízení musí znát uživatel (a to i všechna zatížení, která se v provozu vyskytují) a jeho zájmem je udržet po plánovanou dobu mezi zarážkami spolehlivé utěsnění, je logické, že všechny tyto informace musí znát i údržba uživatele. Ten také musí vědět, s jakým těsněním dosáhne požadované spolehlivosti, jaká technická opatření musí během odstávky realizovat a jak a kdo bude provádět závěrečnou montáž šroubového spoje tak, aby vyloučil „lidský faktor“, který by znehodnotil celkový výsledek. Norma určuje i potřebné znalosti celého personálu a jejich obnovování pro dosažení požadované spolehlivosti plánovaných prací i dosažení utěsnění po dobu dalšího provozu. Současná kapacita paměti PC a programy pro údržbu umožňují pro další zarážku uložení poznatků shrnutých v protokolu proběhlé montáže. Takový protokol byl již úspěšně vyzkoušen v některých větších provozech v ČR.

#### Zásady pro odstranění možných zdrojů chybných kroků (“lidských faktorů”):

1. Druh těsnění je třeba volit ne podle ceny, ale podle uvažovaných vlastností a jejich hodnot při výpočtu nebo již ve fázi projektu, ale i při následných zarážkách; volba těsnění je ovlivněna i místem spoje: při eventuální poruše těsnění bude třeba odstavit celou nebo část výroby nebo jen tento spoj (náklady)? Jak může ovlivnit vznikající netěsnost kvalitu vyráběné látky?
2. Správné skladování a manipulaci s těsnicím materiálem před a při montáži.
3. Správná demontáž bez poškození těsnicích a dosedacích ploch šroubů.
4. Zjištění poškození rovinnosti a drsnosti těsnicích ploch, příp. jejich egalizace.
5. Nové a nepoškozené šrouby s maticemi správné jakosti před montáží namazané v závitě a na dosedacích plochách správným mazivem podle provozní teploty
6. Těsnicí plochy je třeba udržet suché, nemastné. Použít co nejméně prostředku pro fixaci těsnění na svislé těsnicí plochy.
7. Použití vhodného náradí pro sestavení osového a rovnoběžného spojení přírub (bez možného poškození funkčních ploch).
8. Pro utahování šroubů použít kalibrované náradí s co nejmenším rozptylem utahovacích sil nebo momentu. EU doporučuje proto použití nejlepší dostupné techniky (BAT-Best Available Technics). Montáž s kontrolou sil ve šroubech a dodáním certifikační zprávy o dosažených utahovacích silách je dnes již běžným požadavkem. Tím lze dosáhnout nejen lepší a mnohem rychlejší a přitom přesnější utahovací síly v přírubových spojích. Samozřejmě rozptyl bude záviset na znalostech a zkušenosti montážního pracovníka.
9. Pouze kvalifikovaní pracovníci dokážou předat spolehlivé přírubové spojení s požadovanou spolehlivostí jejich utěsnění.
10. Ve vyspělých průmyslových zemích je dnes již běžné, že uživatel tlakových zařízení vyžadují od montážních podniků, provádějících

montáž přírubových spojů, aby jejich montážní pracovníci byli vyškoleni podle EN 1591-4/2009.

### Literatura

- [1] ČSN EN 1591-4 2009-0,: *Příruby a přírubové spoje – Pravidla pro navrhování těsněných kruhových přírubových spojů . Část 4: Kvalifikace personálu odpovědného za montáž šroubových spojů na zařízeních podléhajících směrnici pro tlakové nádoby*
- [2] Lukavský, J.: *Současný stav v utěšňování přírubových spojů*, TLAK 2010, s. 1–20, 16.–18.2.2010