

ZHODNOTENIE TECHNICKÉHO STAVU VTL-PLYNOVODOV METÓDOU TLAKOVEJ REPARÁCIE

Ing. Petr PAŘÍZEK,
CEPS, a.s., Jesenice u Prahy

Ing. Jozef PILÁT
SEPS, spol. s r.o., Bratislava

I. časť: Význam tlakovej reparácie

Publikovanie tohoto článku na Slovensku bolo „vynuceno“ snahou slovenské plynárenské verejnosti o získaní komplexných informácií z tejto oblasti diagnostiky a oprav plynovodů, neboť v určité dobe se každý provozovatel ocelového potrubí dostane do situace, kdy musí řešit další osud „svoji trubky“.

Na Slovensku byla provedena tlaková reparace zatím pouze na úseku plynovodu DN 200 u Levic, v České republice byly realizovány od roku 1990 tlakové reparace na stookách kilometrů ocelových potrubí, ať už plynovodů nebo produktovodů.

Cílem publikování tohoto článku je snaha shrnout a připomenout veškeré přednosti a souvislosti této metodiky přístupu k obnově potrubí po delší době provozu, neboť během let mohlo dojít k určité dezinterpretaci výsledků tlakové reparace, a v neposlední řadě jde též o předání komplexních informací plynárenským pracovníkům mladších ročníků.

1. Na úvod

Prirodzenou snahou plynárenských spoločností je predĺženie životnosti starších potrubí a zhodnocovanie ich technického stavu na kvalitatívnu úroveň blízku úrovni v čase výstavby. V ocelovom materiáli pláštá väčšina starších potrubí sú chyby rôzneho pôvodu a významu. Tieto chyby síce možno na niektorých potrubíach pomerne náročným detekčným zariadením lokalizovať, často je však ich oprava vzhľadom na dostupnosť a veľký počet lokalizovaných chýb komplikovaná a nákladná. Na potrubíach, ktoré nie sú technicky

prispôbené na prechod inšpekčného valca, nie je vôbec možné vykonať lokalizáciu týmto spôsobom.

Jednou z metód, ktorá má schopnosť z hľadiska prevádzky priaznivo ovplyvniť veľké množstvo chýb vyskytujúcich sa v stenách dlhodoboprevádzkovaných VTL-plynovodných potrubí, je tlaková reparácia. Je to diagnostická a zároveň sanačná metóda so schopnosťou chyby potrubia lokalizovať (obr. 1) a prípadne ich stabilizovať. Na obrázkoch 2, 3 a 4 sú príklady typických porúch, ktoré možno metódou tlakovej reparácie stabilizovať. Tlaková reparácia sa vykonáva na ocelových plynovodných potrubíach po dlhšom čase ich prevádzkovania bez ohľadu na dimenziu, profil, tlakovú úroveň a typ použitých rúr. Metóda predstavuje progresívnu hĺbkovú integrálnu revíziu plynového zariadenia na vyššej technickej úrovni, než konvenčne zaužívané postupy výkonu revízií.

Súbor opatrení na prípravu a výkon takej zložitej metódy preverovania vlastností zariadenia, akou je tlaková reparácia, vyhovuje v SR bezpečnostnotechnickým kritériám posudzovaných predovšetkým v zmysle základných národných bezpečnostných predpisov. [1, 2]

Technický stav plynovodného potrubia prevarený tlakovou reparáciou, súvisiacimi skúškami a zásahmi, je porovnateľný s novo vybudovaným

potrubím podľa súčasných technických predpisov. V Slovenskej republike je metodika tlakovej reparácie schválená na základe odborného a záväzného stanoviska Technickej inšpekcie SR, a. s., k bezpečnosti vyhradeného technického zariadenia č. 2609/1/2006 zo dňa 16. 6. 2006, ktorým sa stanovujú podmienky jej výkonu. [3]

Komplex činností, ktoré s diagnostikou vlastností plynovodných potrubí súvisia, vedie k:

- identifikácii kritických miest a chybných prvkov zariadenia,
- následnej sanácii kritických miest a chybných prvkov zariadenia (výmena alebo oprava),
- stabilizácii chýb, ktoré sú v budúcej prevádzke potrubia potenciálne nebezpečné.

Realizácia súboru týchto bezpečnostnotechnických opatrení svojou povahou vedie ku komplexnému zabezpečeniu spoľahlivej prevádzky zariadenia s posúdením vplyvu jeho prevádzky na okolitú zástavbu.

2. Princíp a prínosy tlakovej reparácie

Analógiu tlakovej reparácie na dlhodoboprevádzkovaných potrubíach je do určitej miery tzv. „stress test“ na nových potrubíach. Zásadným rozdielom je, že pri tlakovej reparácii je potrebné aplikovať celý rad odlišných metodických postupov vzhľadom na prevádzkový režim a lokálne okrajové podmienky potrubného systému.

Princípom metódy je zaťaženie potrubia vysokým hydraulickým tlakom až na úroveň blízku dosiahnutiu tzv. integrálny (t. j. po celej dĺžke potrubia) medze klzu základného materiálu steny potrubia. Priblíženie sa k hodnote tejto integrálny medze klzu znamená, že v prevažnej časti objemu ocele príslušného úseku potrubia bola pri tlakovaní dosiahnutá plastická deformácia.

Pri dosiahnutí tohto stavu dochádza pri chybe v stene rúry k týmto mechanizmom:



Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 3.

– chyby s veľkosťou, ktorá je nadkritická vzhľadom na odvodenú veľkosť reparačného tlaku, sa otvoria; miesto s poruchou sa vyhladá, odhalí a nahradí novou rúrou. Dôsledkom pôsobenia hydraulického tlaku vodou, je otvorenie poruchy bezpečné a vzhľadom na podmienky, pri ktorých sa tlaková reparácia vykonáva, nehrozí v stene rúry rozvoj katastrofálneho lomu významnej dĺžky;

– tzv. „ostré“ chyby typu trhlin podkritickej veľkosti sa otupia a vzniká dlhodobá plastická bariéra, blokujúca ďalší rozvoj chyby, teda prerastanie tak únavovým mechanizmom, spôsobeným nízkocyklickým namáhaním v dôsledku zmien tlaku plynu v potrubí, ako aj statickým zaťažením v dôsledku pretlaku plynu. Dĺžka doby, počas ktorej je rozvoj chýb blokovaný, závisí od charakteru chýb a veľkosti reparačného tlaku. Všeobecne platí, že vyšší tlak pôsobí na vyššiu odolnosť materiálu steny potrubia voči cyklickému namáhaniu – nejde však o priamu úmeru;

– chyby, ktoré nie sú „ostré“ (nesprávna geometria zvarov, korózne úbytky a vypukliny) sa často vyznačujú vysokou hladinou vnútorného pnutia v základnom materiáli. Taktiež technologické postupy: skružovanie, zváranie a montážne činnosti, ako aj dodatočné geotechnické vplyvy okolitého prostredia sú procesy, ktoré vnášajú do materiálu potrubia neželané vnútorné pnutia. Vplyvom vysokého zaťaženia steny potrubia pri reparácii dochádza k zníženiu, alebo úplnej eliminácii týchto napätí.

Pri tlakovej reparácii dochádza k priaznivému ovplyvňovaniu týchto charakteristík potrubia a jeho materiálu:

– stanovenie integrálnej medze klzu reparovaného úseku potrubia, a teda preverenie skutočnej miery jeho bezpečnosti;



Obr. 4.

– zníženie a prerozdelenie vnútorných pnutí, ktoré vznikli v stenách rúr pri ich výrobe; tieto pnutia môžu lokálne dosahovať až hodnotu medzi klzu, čo je veľmi nepriaznivé najmä pri cyklickom zaťažení počas prevádzky. Vytvára sa tu priestor na možnosť šírenia trhlin a vznik korózie pod napätím;

– zníženie a prerozdelenie napätí, ktoré vznikli pri výstavbe;

– prerozdelenie špičiek napätí v mieste koncentrátorov napätia – vrubov;

– zníženie špičiek napätí vo väčších oblastiach steny potrubia, napr. zvar a jeho tepelne ovplyvnená oblasť, ovalita, deformácia, a eliminácia vzniku trhlin spôsobených koróziou pod napätím a šírenia únavových trhlin;

– prerozdelenie nepriaznivých koncentrátorov napätia pri chybách typu plošných alebo jamkových korózných napadnutí;

– zablokovanie rozvoja podkritických ale rastschopných ostrých trhlin vytvorením plastickej zóny na ich čele a vznikom tlakových napätí v tejto zóne po odľahčení

– čiastočné zablokovanie rastu trhlin podkritickej veľkosti spôsobených koróziou pod napätím, ktoré sú inak problematicky identifikovateľné;

– identifikácia chýb kritickej veľkosti ich otvore-

ním s tým, že sa tieto miesta pomerne ľahko vyhľadajú a opravujú štandardnými metódami, napr. výrezom potrubia;

– zvýšenie hodnôt vrubovej a lomovej húževnatosti pri nízkouhlíkových oceliach (väčšina distribučných plynovodov v bývalej ČSSR) v súlade so závermi výskumnej úlohy. [4]

Cieľom tlakovej reparácie je okrem overenia aktuálneho technického stavu potrubia vytvoriť predov-

šetkým podmienky na jeho ďalšiu bezpečnú prevádzku odstránením zjavných chýb a dlhodobou stabilizáciou ďalšieho šírenia ostatných chýb v stene potrubia. Výkon tlakovej reparácie navyše umožňuje vykonať:

– overenie zvyškovej životnosti základného materiálu ocelevej rúry po tlakovej reparácii vykonaním skúšok cyklického namáhania na úrovni prevádzkového tlaku (skúšky sa vykonávajú na skúšobnej vzorke z jestvujúceho potrubia v laboratóriu);

– posúdenie degradácie materiálu potrubia oproti pôvodnej norme (návrhu, konštrukcii a pod.);

– stanovenie kritických rozmerov trhliny, napr. ako podkladu pre zadávanie špecifikácií budúcich vnútorných inšpekcií (len v prípade potrubia priechodného pre inšpekčný valec) a pod.

3. Dôvody aplikácie tlakovej reparácie

V zmysle normy [5] bod 10.9.2 je prevádzkovateľ povinný zabezpečovať kontrolu technického stavu plynovodu, napr. vhodnou diagnostikou pri príležitosti jeho prevádzkovej revízie.

Deklaráciu bezpečnej a spoľahlivej prevádzky plynovodného potrubia, ktoré sa už dlhší čas prevádzkovalo, však nie je možné komplexne

preukázať konvenčnou hydraulickou tlakovou skúškou, teda skúšobným tlakom s konštantne stanoveným súčiniteľom bezpečnosti (norma [5] bod 9.5.3), pretože:

- tlaková skúška je určená na preukázanie spôsobilosti nového potrubia vybudovaného z rúr, zodpovedajúcich svojou kvalitou v plnej miere požiadavkám napr. normy. [6] Je samozrejmé, že kvalita v minulosti vyrábaných rúr použitých na výstavbu potrubia by požiadavkám tejto normy nevyhovovala. Rovnako požiadavky na kontrolu montážnych zvarov boli v čase montáže potrubia nižšie, než sú prípustné podľa súčasných predpisov pre výstavbu;
- hladina skúšobného tlaku tlakovej skúšky zodpovedá statickému prevereniu únosnosti novo vybudovaného potrubia bez zvažovania dôsledkov akýchkoľvek únavových a ďalších degradačných procesov v základnom materiáli.

Pri tlakovej skúške, aplikovanej na dlhodobovo prevádzkovanom plynovode, teda nemôže dôjsť k dostatočnému uvoľneniu zostatkových napätí vnesených do základného materiálu v čase výroby, zvarovania a montáže potrubia alebo k otvoreniu všetkých prípadných výrobných či prevádzkových chýb, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť integritu plynovodného potrubia, jeho budúcu prevádzkovú bezpečnosť a spoľahlivosť.

Výsledky konvenčnej tlakovej skúšky len konštatujú okamžitý stav únosnosti potrubia, ale nepreukazujú skutočnú hodnotu súčiniteľa bezpečnosti s dlhodobým pôsobením.

Tlaková reparácia je preukaznou metódou zhodnotenia aktuálneho technického stavu zariadenia a jeho spôsobilosti pre budúcu bezpečnú a spoľahlivú prevádzku. Prebieha pri podstatne vyšších tlakoch ako konvenčná tlaková skúška.

Základnými atribútmi tejto integrálnej metódy sú:

- stabilizácia chýb v základnom materiáli potrubia,
- preklasifikácia tlakovej úrovne overením maximálneho dovoleného prevádzkového tlaku (Maximal Available Operation Pressure - MAOP),
- komplexná diagnostika aktuálnej integrity potrubia.

4. Stabilizácia chýb v materiáli potrubia

Účinky tlakovej reparácie umožňujú v záujme vylepšenia bezpečnostno-technických parametrov základného materiálu potrubia niektoré chyby stabilizovať. Stabilizácia šírenia chýb sa dosi-

ahne vytvorením hydraulického pretlaku na úroveň integrálnej medze plasticity základného materiálu steny potrubia, pričom maximálna úroveň hodnoty pretlaku sa vo vyhodnotení reparácie vyjadruje konkrétnym násobkom nominálneho (PN), resp. prevádzkového (OP) pretlaku.

K tejto maximálnej dosiahnutej hodnote pretlaku je teda preukázaná lineárna závislosť medzi integrálnou deformáciou steny potrubia a napätím v stene potrubia. Práve lineárny priebeh svedčí o značnej miere odbúrania vnútorného pnutia vneseného do potrubia jeho výrobou, kladením, zvarovaním či prevádzkovými zásahmi a vplyvmi.

Lokálne miesta s vnútorným pnutím prejdú v priebehu tlakovania plastickým stavom so spevnením materiálu, ktorý sa pri ďalšom zaťažovaní správa už ako pružný. Prirodzene, dochádza k vyčerpaniu určitej časti plastickej rezervy materiálu, ktoré je však zanedbateľné a už pri návrhu reparačného tlaku sa berie do úvahy.

5. Preklasifikácia tlakovej úrovne potrubia overením MAOP

Na základe dosiahnutého reparačného tlaku možno definovať skutočnú hodnotu integrálnej medze kľuzu potrubného materiálu, ktorá je spolu s požadovanou hodnotou súčiniteľa bezpečnosti vzhľadom na prevádzkový tlak východiskom na stanovenie podmienok ďalšej prevádzky potrubia, zvlášť však maximálneho dovoleného prevádzkového tlaku (MAOP) stanoveného, resp. požadovaného pre budúcu prevádzku potrubia.

Tento maximálny prevádzkový tlak môže byť tiež ekvivalentom k pretlaku overenom „stress testom“, ktorý vyjadruje skutočnú hodnotu súčiniteľa bezpečnosti, t. j. pomer medzi tlakom pri skutočnej medzi kľuzu a prevádzkovým pretlakom. Skutočná hodnota súčiniteľa bezpečnosti je zvyčajne vyššia ako požadovaná a vyjadruje teda mieru možnosti preklasifikovania potrubia na vyššiu tlakovú úroveň.

Bezprostrednou podmienkou preklasifikovania tlakovej triedy potrubia je, samozrejme, skutočnosť, aby v potrubnom systéme inštalované zariadenia, predovšetkým armatúry, boli konštruované a navrhnuté už pre novú tlakovú hladinu. Tieto prvky sa obvykle vymieňajú už v priebehu prípravných prác predchádzajúcich výkonu samotnej tlakovej reparácie. V prípade zvyšovania tlakovej úrovne potrubia, z ktorého sú napo-

jené odbočky, musí byť preverená tlaková úroveň aj v týchto prípojkách. Vzhľadom na to, že odbočka má väčšinou menšiu dimenziu ako hlavné potrubie, bude aj reparačný tlak odbočky nepriamo úmerne vyšší.

6. Komplexná diagnostika aktuálnej integrity potrubia

Vzhľadom na účinok tlakovej reparácie býva jej aplikácia často a cielene súčasťou komplexnej diagnostiky VTL-plynovodných potrubí. Komplexná diagnostika aktuálnej integrity potrubia môže prebiehať v rámci tzv. celkovej rehabilitácie potrubia, a to za podmienok výkonu a zabezpečenia určitej skupiny odborných činností.

7. Význam zhodnocovania technického stavu VTL-plynovodných potrubí metódou tlakovej reparácie

V súčasnosti využívané *aktívne* spôsoby technického zabezpečenia VTL-plynovodných potrubí, napr.:

- dodatočným osadením oceľových chráničiek,
- návrhom hrubšej steny potrubia vedúceho cez určité (napr. osídlené) lokality,
- dodatočné zosilňovanie steny potrubia osadením oceľových objímok, alebo kompozitných bandáží, možno z pohľadu ich účinku hodnotiť ako lokálne a z pohľadu riadenia integrity potrubia ako obmedzené.

V súčasnosti zaužívané *pasívne* (diagnostické) spôsoby kontroly technického stavu VTL-plynovodných potrubí, napr.:

- kontrola inšpekčnými valcami, alebo inými inšpekčnými zariadeniami,
- konvenčné NDT-kontroly realizované v tzv. „kontrolných výkopoch“, možno z pohľadu účinku hodnotiť ako doplnňujúce a monitorujúce. Z hľadiska technických možností súčasných technológií a vývoja chýb v stene potrubia môžeme tieto spôsoby kontroly hodnotiť ako nekomplexné a dočasné.

Zhodnocovanie technického stavu plynovodov metódou tlakovej reparácie je vďaka jej aktívnym účinkom a opatreniam komplexným a integrálnym spôsobom technického zabezpečenia. S preverením materiálových vlastností potrubia integrálnou skúškou priamo súvisí bezpečnosť a spoľahlivosť jeho ďalšej prevádzky. Vzhľadom na skutočnosť, že samotná tlaková reparácia je diagnostická a zároveň opravná (reparačná) me-

tóda, podľa najnovších poznatkov technických možností možno konštatovať, že preverením a zároveň zhodnotením technického stavu potrubia touto metódou je dosiahnutá a objektívne preukázaná maximálna miera stupňa bezpečnosti prevádzky vyhradeného technického zariadenia vo vzťahu k jeho okoliu.

8. Literatúra

[1] Zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov

[2] Vyhláška č. 718/2002 Z. z. za zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a bezpečnosti technických zariadení

[3] Bezpečnostno-technická metodika pre opravu existujúcich oceľových vysokotlakových potrubí do DN1400 a do PN250 metódou tlakovej reparácie overením maximálneho dovoleného prevádzkového tlaku – MAOP (ev. č. SEPS-REP-Z-1, apríl 2006))

[4] Gajdoš, L.; Šperl, M.: Lomové a lomové-mechanické vlastnosti ocelí pro výrobu vysokotlakých svařovaných trubek. Zpráva výzkumného projektu MPO č. FT-TA/091, ÚTAM AVČR, únor 2005

[5] STN EN 1594 - Systémy zásobovania plynom. Plynovody na maximálny prevádzkový tlak nad 16 barov. Požiadavky na prevádzku

[6] EN 10 208-2 Oceľové rúry pre potrubia na horľavé média. Technicko-dodacie podmienky. Časť 2: Rúry s požiadavkou tr. B

Lektori slovenského vydania článku:

Ing. Miroslav Žiak, Ing. Rudolf Piaček, MEng.,

Lektor českého vydání:

Ing. Petr Črha, CSc.

SUMMARY

Petr Pařízek, Jozef Pilát:

Assessing the Technical Condition of High-pressure Gas Pipelines Using the Pressure-induced Repair Method (Part I)

In the first part of their article, The Importance of Pressure-induced Repair, the authors discuss the need to assess the technical condition of high-pressure gas pipelines after a long time of operation and the need to extend their service life while maintaining their operating safety.

From this perspective, the authors describe the method of pressure-induced gas pipe repair, which makes it possible to diagnose the technical condition and integrity of the pipes and also to improve the technical safety parameters of the pipes' parent material and stabilise some of its flaws. Following repair of the critical spots identified in the gas pipeline, this makes it possible to decide about its continued safe use.

Redakce Plynů děkuje vydavateli časopisu Slovgas za laskavý souhlas k převzetí článku, který vyšel v č. 2/2009 (s. 29–31). Pro vydání v Plynu byl článek opatřen komentářem Ing. Petra Pařízka zohledňujícím odlišné legislativní podmínky v Česku oproti Slovensku.

ZHODNOTENIE TECHNICKÉHO STAVU VTL-PLYNOVODOV METÓDOU TLAKOVEJ REPARÁCIE (2. časť)

Ing. Petr Pařízek

CEPS, a.s., Jesenice u Prahy

Ing. Jozef Pilát

SEPS, spol. s r.o., Bratislava

II. časť: Podmienky a požiadavky na výkon tlakovej reparácie

1. Na úvod

Prvá časť témy o význame tlakovej reparácie ako metódy zhodnocujúcej technický stav dlhšie prevádzkovaných VTL-plynovodných systémov sme prezentovali v 9. čísle časopisu Plyn.

Komplex činností, ktoré s preverovaním a overovaním vlastností a stavu existujúcich plynovodov metódou tlakovej reparácie súvisia, vedie predovšetkým k stabilizácii chýb potenciálne v budúcej prevádzke potrubia nebezpečných, ale aj k identifikácii kritických miest, resp. chybných alebo nedostatočných prvkov inštalovaných na zariadení a k ich následnej sanácii – výmene alebo oprave. V nadväznosti na princípy, prínosy a dôvody aplikácie tejto metódy je cieľom tejto časti témy oboznámiť odbornú verejnosť s podmienkami a požiadavkami na jej inžiniersku prípravu, súvisiace opatrenia a samotný výkon.

Tieto predpoklady možno z hľadiska pôsobnosti vnímať v zásade v dvoch rovinách: technickej a legislatívnej.

2. Technické predpoklady

Vzhľadom na účinky tlakovej reparácie býva jej aplikácia často cieľenou súčasťou komplexnej diagnostiky VTL-plynovodného potrubia a prebieha spravidla v rámci tzv. rehabilitácie potrubia za podmienok výkonu činností uvedených v tejto kapitole. Aj keď je tlaková reparácia samostatným výkonom, v spojení s ostatnými činnosťami celkovej rehabilitácie potrubia je tento výkon účinnejší.

2.1 Odber vzoriek pre materiálové skúšky a skúšky potrubného telesa

Odber vzorky sa obvykle vykonáva v dostatočnom predstihu ešte pred začiatkom prác vlastnej tlakovej reparácie. Pokiaľ nie je možné spojiť práce s odstavkou potrubia, vykonávajú sa práce pri bežnej prevádzke potrubného systému.

Pri týchto činnostiach je potrebné:

- znížiť tlak v potrubnom systéme, prípadne dočasne prerušiť jeho prevádzku,
- rozpojiť potrubie a odobrať vzorku,
- zabezpečiť bezpečnú atmosféru na zváranie a do potrubia vložiť nový potrubný medzikus.

2.2 Skúšky potrubného materiálu a potrubného telesa

Skúšky potrubného materiálu slúžia na určenie mechanických a lomových vlastností ocele použitých v minulosti na výstavbu potrubnej trasy a na overenie režimu tlakovej reparácie. Cieľom týchto skúšok je teda doplniť chýbajúce základné informácie o potrubí pre jeho budúcu prevádzku a údržbu, overiť optimálne rozpätie tlaku tlakovej reparácie a stanoviť parametre úsekov (t. j. maximálne možné prevýšenie a dĺžku).

Skúšky potrubného materiálu sa realizujú

v akreditovanom laboratóriu na vzorkách vyrezaných z potrubia určeného na tlakovú reparáciu. V prípravnej etape sa na oceľovej vzorke vykonajú skúšky v tomto rozsahu:

- úplné skúšky mechanických a lomových vlastností,
- určenie chemického zloženia a metalografického hodnotenia.

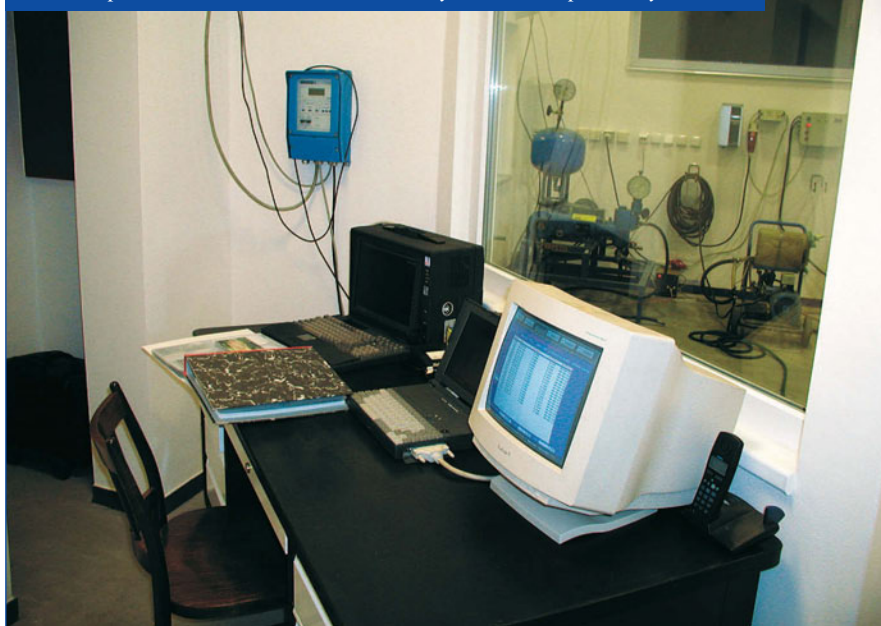
V ďalšej etape sa v špecializovanom laboratóriu (*obr. 1*) vykonajú skúšky na samotnom potrubnom telese (*obr. 2*) v tomto rozsahu:

- hodnotenie geometrie profilu a tvaru telesa,
- hodnotenie kvality prítomných zvarov (výrobných, montážnych) metódami NDT (nedeštruktívne metódy),
- statické a cyklické skúšky (cyklické skúšky len pri potrubíach s dimenziou DN 300 a viac),
- skúšky akustickou emisiou (len v odôvodnených prípadoch),
- riadené tlakovanie potrubného telesa s overením skutočných materiálových vlastností.

2.3 Technická príprava

Dôkladná technická príprava je základným predpokladom na definovanie konkrétnych požiadaviek realizovateľnosti, ako aj stavebno-tech-

Obr. 1. Špecializované laboratórium na výkon skúšok potrubných telies



Obr. 2. Potrubné teleso pri skúške



nologických podmienok na zabezpečenie tlakovej reparácie. Metodickým nástrojom na definovanie súboru takýchto požiadaviek je projekt rehabilitácie predmetného VTL-plynovodu, ktorý zahŕňa komplex týchto činností:

- analýzu prevádzkovej histórie potrubia, jeho porúch, havárií a opráv, rekonštrukcií alebo preložiek,
- zisťovanie tzv. kolíznych miest na trase potrubia, ktoré sú v rozpore so súčasnými legislatívnymi, či technickými predpismi,
- špecifikáciu nevyhovujúcich trasových a odbočkových uzáverov vrátane návrhu ich konštrukčného usporiadania a účelnejšieho situovania v trase,
- špecifikáciu nevhodných a neúčelných prvkov v trase (segmentové ohyby, odvodňovače, izolačné spoje, tzv. opravné presuvky, odbočky, a pod.), návrh opravy, resp. výmeny,
- zhodnotenie stavu pasívnej a aktívnej ochrany potrubia vrátane korózneho prieskumu trasy a návrhu opravy jeho prvkov,
- technický návrh na spriechodnenie trasy potrubia pre čistiace, plniace, resp. inšpekčné valce,
- zhodnotenie funkcie jednotlivých prvkov chráničiek, konštrukčných prvkov nadzemných prechodov potrubia, resp. návrh opravy,
- zhodnotenie stavu potrubia (zvary, výskyt a charakterizovanie druhu chýb a pod.),
- zhodnotenie skúšok vzorky potrubného materiálu s cieľom stanovenia stupňa degradácie základného materiálu, predovšetkým v oblasti mechanických a lomových vlastností vzhľadom na únosnosť potrubia a rozvoja trhlin,

- návrh a experimentálne overenie parametrov a režimu tlakovej reparácie na potrubnom telese,
 - pracovné postupy jednotlivých odstávok a členenie odstavených úsekov potrubia, návrh na prípadné provizórne zásobovanie dotknutých odberateľov a následné sprevádzkovanie jednotlivých úsekov,
 - postup pri príprave a riadenom napúšťaní potrubia vodou s určením vodného zdroja,
 - postup pri realizácii tlakovej reparácii potrubia hydraulickým pretlakom s nadväznosťou na výkon hydraulikkej tlakovej skúšky v zmysle príslušného technického predpisu,
 - postup pri vyhľadávaní netesností alebo chýb v stene potrubia otvorených vplyvom hydraulického preťaženia, vrátane návrhu na ich opravu,
 - postup pri vytlačaní vody z potrubia s opisom manipulácie, prepravy a likvidácie vody po výkone hydraulických skúšok,
 - postup pri riadenom vysušení potrubia vytieracími valcami a makromolekulárnou suchou technológiou.
- Rozsah inžinierskej činnosti spojený s technickou prípravou projektu rehabilitácie potrubia je čiastočne závislý od úrovne výpovede technických podkladov, ktoré zhotoviteľ tlakovej reparácie od prevádzkovateľa pred začiatkom technickej prípravy dostane. Pokiaľ má byť predmetom diela len výkon tlakovej reparácie, projekt stanoví pre tento výkon nevyhnutný rozsah činností, pričom technické podklady, ktoré pre realizáciu projektu chýbajú, zabezpečí zhotoviteľ tlakovej reparácie.

2.4 Zisťovanie technického stavu

Cieľom zisťovania aktuálneho technického stavu existujúceho plynovodu je získanie ďalších informácií o potrubí v čo najväčšom možnom rozsahu. Zisťovanie sa vykonáva priebežne vo všetkých etapách prác súvisiacich s komplexnou diagnostikou a na všetkých častiach potrubia, ktoré boli počas rehabilitačných prác z dôvodu odpojenia od potrubného systému odkryté.

Kontrola zvarov sa vykonáva s cieľom zistenia základných informácií o úrovni výrobných a montážnych zvarov na výrezoch, keďže zvarové spoje celej trasy nie je možné fyzicky a efektívne preveriť. Podľa súčasných znalostí o montážnych zvaroch na diaľkových potrubniach prevádzkovaných počas 15 rokov a viac možno konštatovať, že v asi 98 % prípadov boli zvarové spoje z hľadiska hodnotenia kvality podľa súčasných technických predpisov nevyhovujúce.

2.5 Odpojenie úseku od potrubného systému

Pred začiatkom tlakovej reparácie sa trasa potrubného systému rozdelí na úseky takým spôsobom, aby nedošlo k trvalému prerušeniu dodávky plynu spotrebiteľom pripojeným k predmetnému potrubnému systému. Jednotlivé úseky sa členia tak, aby koniec jedného (zároveň začiatok ďalšieho úseku) bol situovaný v mieste vyvedenia dôležitej odbočky, ktorú nie je možné odstaviť od zdroja prepravovaného média na dlhšie ako jeden deň (prípadne niekoľko hodín). Z tohto dôvodu sú práce spojené s oddelením úsekov od prevádzkovaného potrubia a ich neskorším opätovným prepojením viazané na umiestnenia trasových a odbočkových uzáverov.

Odpojenie úseku určeného na tlakovú reparáciu prebieha obvykle počas prevádzky potrubia, resp. s jeho čiastočnou odstávkou alebo obmedzením prevádzky. Základným predpokladom, ktorý umožňuje uskutočniť práce počas prevádzky na potrubnom systéme, je, aby bolo možné:

- odstaviť daný úsek potrubia z prevádzky, odtlakovať potrubný systém v danej lokalite medzi dvoma trasovými uzávermi a reguláciou tlaku prepravovaného média v potrubí, ktorého hodnota nebude presahovať 0,5 kPa, vykonať práce pod plynom,
- použiť bezodstávkovú technológiu (s prípadným použitím obtoku), ktorou sa odstaví daný úsek potrubia z prevádzky.

Po odpojení úseku je nutné plynovodné potrubie odplyniť a odvetrať (preplachovanie kompresorom môže trvať aj niekoľko hodín) za pra-

Obr. 3. Plnenie odstaveného úseku vodou



videlného monitorovania koncentrácie zvyškového plynu na oboch koncoch odstaveného potrubia.

2.6 Zabezpečenie priechodnosti

Zabezpečenie priechodnosti potrubia je nutnou podmienkou na vykonanie tlakovej reparácie, pretože pripravuje úseky potrubia na prechod plniacich valcov pri plnení potrubia vodou pred tlakovou reparáciou. Priechodnosť potrubia je základným predpokladom jeho čistenia.

Čistenie sa vykonáva prechodom čistiaceho valca odstaveným úsekom poháňaným stlačeným vzduchom, keď čistiaci valec vynáša nečistoty. Za podstatnú súčasť čistenia sa pokladá napustenie a vypustenie vody z potrubia. Kalibrácia vnútorného profilu potrubia spočíva v prechode kalibračného valca (čistiaci valec s kalibračnou doskou) potrubím s následným posúdením deformácie kalibračnej dosky a lokalizácia s vyhodnotením priechodnosti najkritickejších miest.

2.7 Výrezy a výmeny nevyhovujúcich prvkov

V prípade požiadaviek realizačného projektu sa vykonávajú výrezy, resp. výmeny prvkov, ktoré sú nevyhovujúce pre budúcu spoľahlivú prevádzku potrubia, resp. neumožňujú vykonanie riadneho postupu tlakovej reparácie. Týmito prvkami sú napríklad:

- miesta na potrubí, ktoré sú pre čistiace alebo plniace valce nepriechodné (armatúry, odvodňovače, izolačné spoje, tzv. opravné presuvky, segmentové oblúky, a pod.),

- v minulosti opravované miesta (napr. bandážovým kompozitným systémom alebo ocelovými objímkami), ktoré sa môžu pri zaťažení po hranicu medze klzu základného materiálu potrubia javiť ako problematické,
- prvky osadené na potrubí (napr. tvarovky), ktoré nie sú dimenzované na tzv. reparačný tlak, resp. sú nadbytočné.

2.8 Naplnenie odstaveného úseku vodou

Do úseku, ktorý bude plnený vodou, sa štandardne vkladajú dva valce, plniaci a vytlačací. Na potrubie sa privarí tlakovacia komora s vopred vloženým vytlačacím valcom. Súčasne sa vykoná privarenie tlakovacej komory na konci napúšťaného úseku (obr. 3).

V prípade, že sú na plnenom úseku prítomné potrubné odbočky, vykoná sa ich zaslepenie prírubami, prípadne dnami zodpovedajúcej dimenzie a nominálnemu tlaku podľa úrovne vypočítaného maximálneho tlaku tlakovej reparácie. Vlastné plnenie možno realizovať buď plnením úseku zo zdroja vody (hydrant, povrchová voda, dovoz vody cisternami), alebo prepúšťaním (resp. vytlačaním) vody zo zreparovaného úseku.

Vo vzťahu k požiadavkám zákona č. 364/2004 Z. z. (tzv. vodný zákon) musí byť sledovaním inštalovaného prietokomeru známe celkové množstvo vody, ktoré bolo do úseku načerpané. Rovnako musí byť v zmysle tohto predpisu známe nakladanie s použitou vodou (manipulácia, preprava a likvidácia) pri samotnom výkone reparácie.

Správne naplnené potrubie odstaveného úse-

ku neobsahuje žiadny voľný vzduch. Prakticky však pri plnení vždy nastane čiastočné zavzdušnenie úseku.

2.9 Tlaková reparácia a súvisiace činnosti

Tlaková reparácia a následná tlaková skúška sa vykonáva v súlade s vyhláškou č. 718/2002 Z. z. a nariadením vlády č. 392/2006 Z. z. súvisiacich so zabezpečením bezpečnej prevádzky a kontroly technických zariadení (obr. 4). Požiadavky pre výkon hydraulického skúšania vychádzajú z technických predpisov [1], [2] a [3].

Začína sa *I. cyklom tlakovania*, pri ktorom sa postupne zvyšuje tlak v potrubí; rýchlosť nárastu tlaku musí byť v rozmedzí hodnôt stanovenom výpočtom. V priebehu tlakovania sa merajú a zaznamenávajú v meracej ústredni hodnoty tlaku a prietoku. Softvér špeciálne vyvinutý na tento účel prerátava hodnoty celkového pričerpáneho množstva vody v závislosti od tlaku a hodnoty pričerpáneho množstva vody potrebného na dosiahnutie stanovenej trvalej integrálnej obvodovej deformácie tlakovaného úseku potrubia.

I. cyklus tlakovej reparácie je ukončený, ak bol dosiahnutý stanovený maximálny reparačný tlak, alebo bola dosiahnutá stanovená maximálna trvalá integrálna obvodová deformácia tlakovaného úseku potrubia kontrolovaná prostredníctvom stanoveného pričerpáneho množstva vody.

II. cyklus tlakovania sa vykonáva rovnakou rýchlosťou ako *I. cyklus*, úroveň maximálneho tlaku je o asi 0,1 až 0,2 MPa nižšia než maximálny dosiahnutý tlak *I. cyklu*. Počas zvyšovania tlaku sa vykoná podobné prerušenie ako v *I. cykle* pri menovitom tlaku potrubia. Po dosiahnutí maximálneho tlaku sa zaznamenáva priebeh tlaku počas 30 minút, keď je ukončená hydraulická skúška pevnosti a nadväzuje skúška tesnosti, ktorá sa vykoná podľa v súčasnosti platných predpisov.

Netesné potrubie sa prejaví trvalým a merateľným lineárnym poklesom pri prerušení tlakovej reparácie, prípadne až pri skúške tesnosti. Zo skúseností možno konštatovať, že pokles tlaku pri prerušení na úrovni menovitého tlaku potrubia bude väčší ako asi 0,01 MPa/10 min. Menšie poklesy sú spôsobené rôznymi vedľajšími vplyvmi, napr. vyrovnávaním teploty.

Pokračujúci nelineárny pokles tlaku pri ďalších prerušeníach je prevažne spôsobovaný plastickými deformáciami materiálu potrubia. Pri netesnosti potrubia je lineárny pokles tlaku v čase

výrazný, aj keď pri veľkom znížení tlaku môže dôjsť k odklonu od priamkovej závislosti vplyvom závislosti výtokovej rýchlosti od tlaku.

Vzhľadom na to, že poklesy tlaku v prerušených pri max. tlaku I. a II. cyklu sú spôsobené plastickým dotváraním materiálu, nemusia byť netesnosti s únikom vody v množstve menšom ako asi 10 l/h v tejto fáze registrované. Ich existencia sa prejaví až po ukončení II. tlakového cyklu, prípadne pri vykonávaní štandardnej tlakovej skúšky tesnosti.

Ak nastáva únik vody cez otvorenú chybu a podmienky na vyhľadanie unikajúcej vody z potrubia na povrchu sú vhodné – sucho a nepriepustný podklad, voda vyviera na povrch –, chyba sa obvykle vyhľadá vizuálnou kontrolou trasy.

Na vyhľadanie únikov menších ako 200 l/h sa použijú náročnejšie vyhľadávacie metódy, pri ktorých sa netesnosť vyhľadáva lokalizáciou indikačného média unikajúceho z potrubia chybou v mieste netesnosti. Médium na vyhľadanie únikov býva obvykle odorant alebo hélium.

Spríevodnú dokumentáciu z výkonu tlakovej reparácie, ak je súčasťou rehabilitácie potrubia, tvorí:

- vyhodnotenie hĺbkovej revízie a vypracovanie revíznej správy v zmysle požiadaviek vyhlášky č. 718/2002 Z. z., zákona č. 86/1978 Zb. a STN 38 64 05,
- detailná technická správa z výkonu tlakovej reparácie predmetných potrubných úsekov,
- špecifikácia navrhovaných technických parametrov potrubia po výkone tlakovej reparácii s preukázaním maximálneho dovoleného prevádzkového tlaku,

- opis a posúdenie prípadných chýb, ktoré sa otvorili v priebehu tlakovej reparácie, so zhodnotením miery ich nebezpečnosti pre prevádzku potrubia,
- dokumentácia skutočného stavu potrubia podrobeného tlakovej reparácii, špecifikácia všetkých opravných montážnych zásahov na potrubí,
- zhodnotenie potenciálnych následkov kolíznych scenárov vo vzťahu k objektom v ochranných alebo bezpečnostných pásmach potrubia podrobeného výkonu tlakovej reparácii.

3. Legislatívne predpoklady

Výkonom tlakovej reparácie sa nemenia základné parametre vyhradeného technického plynového zariadenia (dĺžka, priemer, hrúbka steny, materiál, lokalita, a pod.), z toho dôvodu účinky tejto metódy nie je možné posudzovať v zmysle zákona č. 50/1976 Zb. (tzv. stavebný zákon) ako uskutočňovanie stavby. Stavebník (napr. SPP, a. s.) vo vzťahu k stavebnému úradu splní ohlasovaciu povinnosť na opravu potrubia metódou tlakovej reparácie podľa § 57 zákona č. 50/1976 Zb. predložením prevádzkovateľom schválenej projektovej dokumentácie s vyjadreniami príslušných verejnoprávných orgánov.

Zhotoviteľ tlakovej reparácie je v zmysle § 4, ods. 1 zákona č. 124/2006 Z. z. (zákon o BOZP) povinný spracovať pre tento výkon technologický pracovný postup. Oprávnená právnická osoba (inšpekčný orgán) podľa § 14 ods.1, písm. d) zákona č. 124/2006 Z. z. posúdi, či tento pracovný postup spĺňa požiadavky bezpečnosti technoló-

gie a ochrany zdravia pri práci, a vydá odborné stanovisko.

Technická inšpekcia, a. s., schválila ako technologický pracovný postup *Bezpečnostno-technickú metodiku pre opravu existujúcich oceľových potrubí do DN 1400 a do PN 250 metódou tlakovej reparácie overením maximálneho dovoleného pretlaku – MAOP (ev. č. SEPS-REP-Z-1, apríl 2006)*. Podľa tejto metodiky možno postupovať pri zhodnocovaní technického stavu VTL-potrubí na rozvod kvapalných a plyných látok po splnení týchto podmienok:

1. V prípade reparácie potrubia ako vyhradeného tlakového alebo plynového zariadenia sa za účasti inšpektora inšpekčného orgánu musia vykonať tieto činnosti:

- posúdenie realizačného projektu tlakovej reparácie v zmysle § 18, ods. 5 zákona č. 124/2006 Z. z.,
- výber a označenie vzoriek pre materiálové skúšky,
- výkon tlakovej skúšky v rozsahu skúšky pevnosti a skúšky tesnosti.

2. Mechanické skúšky skúšobných telies vyrobených zo vzorky materiálu potrubia (okrem skúšky lomových vlastností) a určenie chemického zloženia budú vykonávané v skúšobných laboratóriách, ktoré sú akreditované podľa EN ISO/IEC 17025 alebo iného rovnocenného európskeho predpisu.

3. Požiadavky na organizáciu:

- a) zavedený systém kvality vo zvaraní, napríklad podľa STN EN ISO 3834-2 alebo iného rovnocenného európskeho predpisu,
- b) oprávnenie na montáže, rekonštrukcie, opravu a údržbu, odborné prehliadky a skúšky vyhradených technických zariadení tlakových a plynových podľa vyhlášky č. 718/2002 Z. z.,
- c) nakoľko ide o náročnú technológiu z hľadiska ochrany zdravia pri práci a ochrany životného prostredia, je vhodné, aby organizácia mala zavedený systém riadenia bezpečnosti a environmentálneho manažérstva.

4. Požiadavky na personál:

- a) preskúmať a schváliť realizačný projekt tlakovej reparácie môže len pracovník s osvedčením autorizovaného stavebného inžiniera v zmysle zákona č. 138/1992 Zb. s odborným zameraním inžinierske stavby s rozsahom oprávnenia „Líniové vedenia a rozvody“ v spolupráci s pracovníkom s osvedčením príslušného rozsahu podľa § 16 vyhlášky č. 718/2002 Z. z.,
- b) riadiť práce pri výreze vzorky a následnom



- vložení potrubného medzikusu môže len pracovník s osvedčením príslušného rozsahu podľa § 18 vyhlášky č. 718/2002 Z. z.,
- c) nedeštruktívne skúšky (NDT) zvarových spojov a základného materiálu môžu vykonávať len pracovníci s certifikátom príslušného rozsahu podľa EN473 alebo iného rovnocenného európskeho predpisu,
- d) koordinovať činnosti súvisiace s výkonom reparácie môže len stavbyvedúci v zmysle zákona č. 138/1992 Zb. s odborným zameraním „Inžinierske stavby“ s rozsahom pre potrubné, energetické a iné líniové stavby.

4. Záver

Technické požiadavky, prípustné tolerancie materiálových hodnôt a geometrických odchýlok vo vzťahu k regulácii tlakových pomerov počas výkonu skúšania, ako aj požiadavky na maximálny pričerpávaný vodný objem skúšaného úseku, resp. požiadavky na maximálne prípustnú plastickú deformáciu a ostatné podmienky výkonu tlakovej reparácie sú výsledkom dlhodobej teoretickej a experimentálnej činnosti expertných pracovníkov spoločnosti CEPS, a.s., v úzkej spolupráci s Ústavom teoretickej a aplikovanej mechaniky Akadémie vied ČR a materiálovým inštitútom SVUM, a.s., v ČR.

Z doterajších poznatkov o materiálových a geometrických vlastnostiach, montážnych pomeroch, ďalej o charaktere a spôsobe výstavby

a vôbec zo súčasného technického stavu distribučných plynovodných úsekov postavených pred 30 až 40 rokmi vyplýva technické opodstatnenie preverenia súčasného technického stavu týchto potrubí sanačnou metódou tlakovej reparácie, ktorá má schopnosť chyby v stene potrubia nielen lokalizovať, ale aj stabilizovať. Všetky súčasné diagnostické metódy v porovnaní s účinkami tlakovej reparácie ako súčasťou celkovej rehabilitácie len zisťujú špecifické informácie o nedostatkoch potrubia, ktoré je potrebné následne vyhodnotiť a navrhnúť spôsob opravy.

Pri rozhodovaní prevádzkovateľa o výbere jednotlivých referenčných plynovodných úsekov pre možnosť hodnotenia ich technického stavu a spoľahlivosti ďalšej prevádzky metódou tlakovej reparácie je nevyhnutné rešpektovať technické a legislatívne predpoklady tejto špeciálnej skúšky, a to vo vzťahu nielen k aktuálnym distri-

bučným potrebám, ale aj vo vzťahu k prioritne ostatných prevádzkových aktivít.

5. Literatúra

- [1] STN EN 1594 Systémy zásobovania plynom. Plynovody na maximálny prevádzkový tlak nad 16 barov. Požiadavky na prevádzku
- [2] STN 38 6410 Plynovody a prípojky s vysokým tlakom
- [3] TPG 702 04 Plynovody a prípojky z oceli s nevýšším provozním tlakem do 100 barů včetně

Lektori slovenského vydania článku:
Ing. Miroslav Žiak, Ing. Rudolf Piaček, MEng.
Lektor českého vydání:
Ing. Petr Crha, CSc.

SUMMARY

Petr Pařízek, Jozef Pílát:

Assessing the Technical Condition of High-pressure Gas Pipelines Using the Pressure-induced Repair Method (Part II)

In the first part of their article, The Importance of Pressure-induced Repair, the authors discuss the need to assess the technical condition of high-pressure gas pipelines after a long time of operation and the need to extend their service life while maintaining their operating safety.

From this perspective, the authors describe the method of pressure-induced gas pipe repair, which makes it possible to diagnose the technical condition and integrity of the pipes and also to improve the technical safety parameters of the pipes' parent material and stabilise some of its flaws. Following repair of the critical spots identified in the gas pipeline, this makes it possible to decide about its continued safe use.