

TRVALÉ OPRAVY OCELOVÝCH POTRUBÍ BEZ PŘERUŠENÍ PROVOZU APLIKACÍ OBJÍMEK

Ing. Petr Pařízek
Ing. Aleš Brynych
Ing. Martin Stukbauer
CEPS a.s.

1. Úvod

Na ocelových potrubích (např. plynovodních), především staršího data, tedy dlouhodobě provozovaných, se vyskytuje celá řada typů vad materiálu či defektů potrubí. Vady jsou identifikovány během provádění různých činností na potrubí, ať už se jedná přímo o vyhledávání vad metodami vnitřní inspekce, nebo o jiné činnosti, například provádění kontrolních sond, rehabilitování potrubí, hledání úniků média apod.

Hlavní starostí provozovatele potrubí je otázka, zda je nutné zjištěnou vadu vůbec opravovat, a pokud ano, zda je nutné přerušovat dodávku přepravovaného média. První otázkou je možné zodpovědět po kvalifikovaném posouzení charakteru, rozsahu, a tedy nebezpečnosti vady. U druhé otázky je možné konstatovat, že prakticky většinu vad lze opravit bez přerušení provozu, a to níže popsanými technologiemi objímek. Důležitá je ovšem též podmínka lokálního výskytu zjištění vady.

Charakter vad, které je možné objímkami opravit, je následující.

Výrobní vady základního materiálu:

- zdvojení tloušťky stěny, laminace, převalky (odsekané, neodsekané),
- vměstky, zaválcované nečistoty,
- trhliny,
- vypadlý materiál,
- lokálně nevhodně tepelně ovlivněný materiál.

Veškeré lokální vady svarů:

studené spoje, trhliny, neprovařený nebo hubený kořen, dutiny, vměstky, vnitřní prnutí u špatně provedených obvodových svarů, špatné svary hrdlových spojů trubek.

Montážní vady:

- boule, vrypce.

Provozní vady:

- plošná nebo důlková koroze,
- boule, vrypce,
- trhliny koroze pod napětím nebo únavové trhliny,
- nekvalitní opravné zásahy (záplaty, převleky apod.).

Pro trvalé opravy ocelových plynovodů s MOP do 5 barů platí nové TPG 702 08.

Technologie trvalé opravy vysokotlakých plynovodů bez přerušení provozu je poněkud odlišná od uvedeného TPG, a to v souladu s požadavkem na větší únosnost a spolehlivost opravného prostředku. Například aplikací ocelových objímek s epoxidovou kompozitní výplní se dosáhne plně srovnatelné únosnosti opravované části vadného potrubí s potrubím bez vady. U dále popisovaných typů kompozitních objímek (bandáží) lze ztuhnutím poškozeného potrubí snížit napětí v místě vady, a zajistit tak dostatečnou únosnost potrubí pro jeho další provoz.

2. Popis jednotlivých technologií objímek

2.1 Ocelové objímky

Technická specifikace objímky

Objímka sestává z děleného ocelového pláště, osazeného na skružené ocelové pásky, vymezující prostor mezi objímkou a potrubím. Prostor je vyplněn nosným kompozitem na bázi epoxidové pryskyřice a skleněných kuliček. Materiál a tloušťka pláště jsou ekvivalentní k ocelovému materiálu a tloušťce potrubí. Použitím nosného epoxidového kompozitu je dosaženo dokonalého přenosu zatížení z potrubí do objímky a zároveň rovnoměrného rozložení napětí v objímce a potrubí.

Technologie instalace objímky

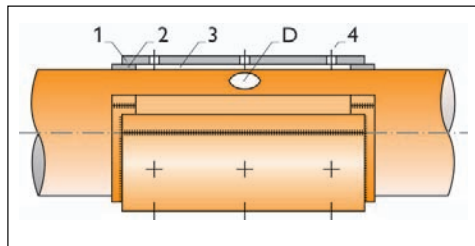
Na potrubí je v obvodovém směru osazena dvojice skružených dělených ocelových pásků,

dělený pásek je spojen svařením. Ocelový plášť objímky přivařený k páskům je složen ze dvou poloplášťů, které se k sobě svařují dvěma V-svary v podélném směru potrubí. Prostor vymezovaný pláštěm objímky a distančními pásky se otvory v plášti postupně zaplňuje skleněnými kuličkami a epoxidovou pryskyřicí za současné kontroly dokonalého vyplnění celého prostoru.

Základní podmínky použití technologie:

- nedestruktivní kontrola potrubí v oblasti vady, posouzení a vyhodnocení vady,
- stanovení provozních bezpečnostních opatření při instalaci objímky,
- očištění povrchu trubky a objímky na stupeň Sa 2,5; případně ochrana povrchu potrubí proti korozi do doby instalace,
- povrch trubky, objímky a skleněných kuliček v době instalace suchý a bez mastnoty,
- použití materiálu poloplášťů, pryskyřice a tvrdidla s ověřenou jakostí doloženou certifikátem,
- dokonalé vyplnění prostoru objímky epoxidovým kompozitem,
- dodržení předepsaných parametrů vytvrzování – váhových poměrů a teplot,
- provedení izolace objímky a míst jejího napojení na potrubí proti korozi po dokončení instalace.

Schéma instalace ocelové objímky



- 1 – dělená objímka
- 2 – distanční pásek
- 3 – epoxi-kompozice
- 4 – plnicí/kontrolní zátky se závětem
- D – defekt
- ===== svary

Účinnost opravy a rozsah použití

Provedené zkoušky na ocelových objímkách a jejich realizace na stovkách vadných míst dálkových potrubí prokázaly vysokou účinnost objímek tohoto typu. Objímky instalované touto technologií zajišťují požadovanou pevnost a bezpečnost potrubí, a to i při rozměrných vadách s hloubkou až 80 % tloušťky stěny.

Objímka instalovaná při plném provozním tlaku má pozitivní účinek jako ochrana proti lokálnímu přetížení místa s vadou v důsledku působení vnitřního tlaku i jeho kolísání. Příznivý účinek objímek se projeví zvláště významně, pokud byla objímka připojena na potrubí při sníženém provozním tlaku, např. o 30 % proti provoznímu tlaku maximálnímu. V těchto případech dochází navíc při plném provozním tlaku pod objímkou k příznivému tlakovému předpětí.

Tento způsob opravy je vhodný pro trvalé opravy prakticky všech typů vad zeslabujících stěny potrubí až o 80 %, popřípadě také pro větší zeslabení podle technického posouzení v daném konkrétním případě, např. v závislosti na geometrii nebo zatížení trubky.



Ocelová objímka

Oprava ocelovou objímkou je určena pro přímý úsek potrubí dimenze DN 100 až DN 1400.

Další výhody použití ocelových objímek:

- vhodné pro potrubí s velkou ovalitou, místa s ohyby a chybnými svař,
- délka opravovaného potrubí není omezena,
- instalace objímek je možná při teplotě od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- instalace na potrubí bez přivařování (tzv. studené objímky),
- snížení statického a cyklického namáhání defektu od zatížení vnitřním přetlakem na dlouhodobě bezpečnou úroveň.

Typy ocelových objímek podle závažnosti vad

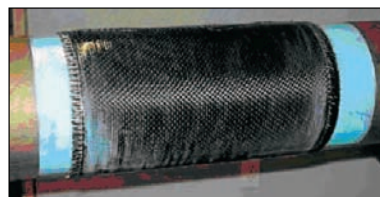
Typ objímky (tlaková, beztlaková) se volí podle závažnosti vady na základě nedestruktivních zkoušek v místě a okolí vady a jejich vyhodnocení.

Beztlaková (studená) objímka – plášť objímky je svařený pouze podélným tupým svařem.

Tlaková (teplá) objímka – plášť objímky je svařený podélným svařem a skružené podkladové pásy jsou přivařené koutovým svařem k materiálu potrubí.

2.2 Kompozitní objímky

Mezi kompozitní objímky lze zařadit systémy založené na pryskyřičných pojivech vyztužených nekovovými vlákny. Typickými zástupci této skupiny jsou systémy ClockSpring® (dále jen CS) nebo BlackDiamond™ od T. D. Williamson (TDW-BD).



Tříkrát TDW-BD

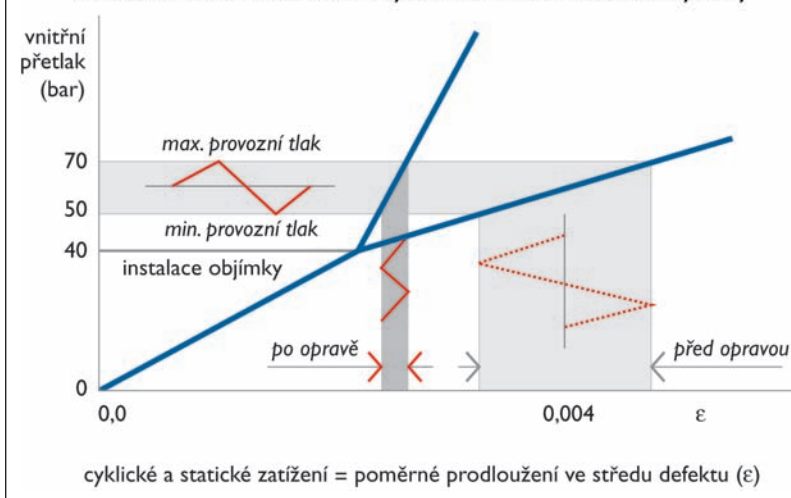
2.2.1 ClockSpring®

CS je kompozitní systém metakrylesteru vyztuženého skleněnými vlákny. Pryskyřice i výztuž jsou nanášeny na nosiči šířky 12" (cca 29 cm). Při opravě vady se systém navívá na potrubí pomocí speciálního zařízení, které zajišťuje rovnoměrné napnutí objímky předepsaným tahem, a zároveň zabráňuje vytváření záhybů a kapes na objímce. Výsledná objímka je vždy osmivrstvá. Nevýhodou této technologie je její značná unifikovanost (šířka objímky, počet vrstev), stejně jako její pevnost v tahu pouze v obvodovém směru namáhání. Nelze ji tedy použít pro potrubí namáhaná i v podélném směru, např. pro nadzemní vedení. Další nevýhodou je poměrně velká tloušťka celé objímky, která tak vyčnívá nad okolním materiálem, což způsobuje problémy, zejména při izolačních pracích. Tato technologie je určena pouze pro přímé úseky potrubí.

2.2.2 BlackDiamond™

TDW-BD je tenkovrstvá uhlíková tkanina nasycená epoxidem. TDW-BD je určen nejen k opravám podzemních potrubí (plynovody, ropovody a produktovody s vadami v materiálu trubek, svařech nebo při mechanickém poško-

Vliv opravy vady ocelovou objímkou na mechanické zatížení stěny potrubí
trubka: DN 800, PN 75, defekt: úbytek materiálu do 50 % tloušťky stěny





Instalace ocelové objímky

zení), ale nabízí i variantu pro opravu nadzemního vedení, neboť částečně přenáší namáhání i v podélném směru.

Systém sestává z dvousložkového primeru, dvousložkové epoxidové pryskyřice a zpevňující tkaniny z uhlíkových vláken. Má vyšší tažnost a pevnost než skleněná vlákna, poskytuje tedy lepší zpevnění místa s vadou. Tkanina z uhlíkových vláken má vysokou únosnost ve dvou osách (směrech vláken). Pro lepší přilnavost k potrubí se pod samotnou objímku nanáší na potrubí primer, pokud je úbytek materiálu rozsáhlý, vyplní se dutiny speciálním tmelem s vysokou pevností v tlaku. Po vytvrzení systém tvoří monoblok, není tedy vrstevnatý. Tato technologie je vhodná pro opravy přímých kusů potrubí, ohybů, kolen a tvarovek (T-kusů).

TDW-BD je použitelný zejména pro tyto efekty:

- vnější i vnitřní koroze (až do úbytku materiálu 80 % původní tloušťky stěny),
- vnější poškození (důlky, vrupy, zápaly),
- promáčkliny mimo obvodové svary (za zvláštních podmínek),
- neprůchozí trhliny,
- místa úniků (oprava ve stavu odtlakování potrubí).

Systém je variabilní, pro každou konkrétní vadu se navrhne přesný rozsah opravy (počet vrstev a šířka objímky). Není tedy nutné pro menší vady instalovat objímku v maximální velikosti.

Samotná montáž objímek je jednoduchá a provádí se v počtu vrstev odpovídajícím velikosti a závažnosti opravované vady. Montáž je méně náročná na prostor okolo trubky, než vyžadují jiné technologie.

Aplikační sada je „kit“, vč. potřebných nástrojů, není potřeba další nářadí. V sadě je přesně nadávkováno potřebné množství jednotli-

vých složek směsi, odpadá tedy riziko nesprávného poměru složek ve směsi. Instalaci smí provádět pouze řádně proškolená a certifikovaná firma (osoba).

Instalace objímek lze rozdělit do 4 kategorií: standardní a šroubovicová na přímém potrubí, oblouková a objímka na T-kusu (tvarovce). Základní objímka je dvouvrstvá po celém obvodu trubky.

V případě požadavku zákazníka lze instalovat objímku detekovatelnou vnitřní inspekci (systém magnetického indukčního toku).

Systém TDW-BD má zejména tyto výhody:

- výbornou pevnost ve dvou osách, je vhodný i pro podélně namáhaná potrubí,
- po vytvrzení tvoří monolitickou strukturu (není vrstevnatý),
- je vhodný pro opravy přímých trubek (i delší úseky), ohybů a kolen, T-kusů i jiných tvarovek,
- lze jej aplikovat na vlhký povrch,
- celý systém tvoří na potrubí tenkou vrstvu,
- snadnou instalaci na vodorovná nebo svislá potrubí,
- vyšší pevnost v tahu než skleněná vlákna.

2.2.3 Porovnání technických vlastností systému TDW-BD a CS

VLASTNOST	BLACK DIAMOND™	CLOCKSPRING®
počet vrstev	2–6 (i více)	8
nominální tloušťka vrstvy [mm]	cca 1,0	cca 1,5
chemická odolnost [pH]	2–12	4–9
maximální provozní teplota potrubí [°C]	80	50
obsah uhlíkových (skleněných) vláken [hm. %]	35–40	60–70
dobu vytvrzení (typická) [hod.]	3	–
pevnost v tlaku tmelu při 60°C [MPa]	60,7	75
pryskyřice	epoxi	metakrylát ester
lineární elastická deformace [%]	1,20	1,5–2
modul pružnosti v obvodovém směru [MPa]	67 000	34 500
modul pružnosti v podélném směru [MPa]	14 670	9 650
pevnost v tahu v obvodovém směru [MPa]	757	689
pevnost v tahu v podélném směru [MPa]	191	13,5
koeficient teplotní roztažnosti v obv. směru [°C-1]	6,3 E-6	10,8 E-6
koeficient teplotní roztažnosti v pod. směru [°C-1]	3,26 E-5	5,8 E-5
navrhované zatížení [cyklů]	80 000 / 100 let	20 000 / 50 let
počet cyklů bez havárie (úbytek stěny v %)	35 874 (65 %) 200 000 (50 %) při 110 % _ p	15 000 (60 %) 400 000 (10 %) při 50 % _ p
modul pružnosti v porovnání s ocelí	1/3	1/5

2.3 Ocelové objímky na vadách s únikem média

V průběhu posledních let se začaly pomocí tlakových ocelových objímek provádět i opravy průchozích vad. Při odstraňování těchto netěsností je nutné vždy počítat s možností výronu přepravovaného média do okolí v místě poškození. V případě oprav plynovodů nebo produktodů se jedná především o média s vysokým obsahem uhlovodíků, které po smísení s okolním vzduchem vytvářejí v okolí defektu hořlavé, výbušné, případně i jedovaté prostředí. Při každém zásahu je tedy vždy nutné nejprve zajistit bezpečné prostředí v místě průchozích defektů, a teprve potom provést vlastní opravu, která zajistí bezpečný provoz potrubí po celou dobu jeho zbytkové životnosti.

Příkladem úspěšné realizace takovýchto oprav může být například oprava průchozí vady na vnitrostátním vysokotlakém plynovodu DN 500, nebo oprava průchozí vady na nadzemní části plynovodního potrubí DN 500 v rafinerii ropy.

Oprava potrubí vysokotlakého plynovodu DN 500

Při pravidelné pochůzce byl pracovníkem plynáren detekován malý únik plynu v lesním průseku na trase plynovodu DN 500. Po odkopání byla v poloze 4 v montážním obvodovém svaru zjištěna podélná průchozí trhlinka. Vzhledem k tomu, že uvedený vysokotlaký plynovod měl rozhodující podíl v zásobování regionu plynem, bylo značně obtížné omezit nebo případně i přerušit provoz tohoto plynovodu. Z uvedeného důvodu se přistoupilo k opravě pomocí ocelové tlakové objímky, kdy nebylo zapotřebí žádného zásahu do režimu provozování uvedeného dálkovodu.

Po odizolování a očištění povrchu bylo potrubí v místě poškození podrobeno nedestructivní defektoskopické kontrole, která vyloučila výskyt defektů, a to především laminace nebo neprůchozí trhliny. Následně byla nainstalována a přivařena speciálně upravená tlaková ocelová objímka takovým způsobem, aby bylo možné po celou dobu montáže zajistit v pracovním prostoru bezpečnou atmosféru.

Oprava nadzemního plynovodu DN 500 v rafinerii ropy

Z nadzemního potrubí DN 500, kterým byl dopravován odpadní plyn z jednotlivých tech-

nologických částí rafinerie ropy petrochemického závodu k likvidaci, došlo k úniku přepravovaného média (směs různé koncentrace nenasycených alifatických uhlovodíků, dusíku a sulfanu). Příčinou netěsnosti byla rozsáhlá trhlinka v délce 400 mm na obvodovém svaru.

Potrubí vedené jako povrchové bylo uloženo na podporách, přímo pod místem úniku plynu probíhal příčný nosník 2 x U 160 ve vzdálenosti 230 mm, který značně omezoval prostor v místě plánované opravy. Navíc, přímo nad poškozeným svarem, byl k plynovému potrubí přivařen nosník L 50 x 50 nesoucí další potrubí (viz. obr. 8).

Pokud by se oprava prováděla výřezem, bylo by nutné značně omezit nebo případně i zastavit provoz části rafinerie. Z uvedeného důvodu bylo žádoucí uskutečnit opravu takovou technologií, která by:

- žádným způsobem neomezila výrobu,
- byla proveditelná ve stísněných podmínkách panujících v místě poškozeného svaru,
- byla proveditelná do několika dnů,
- splňovala přísné bezpečnostní předpisy na práce prováděné na potrubním dvoře petrochemického závodu.

Na základě výše uvedeného bylo rozhodnuto o opravě místa poškození pomocí speciálně upravené tlakové objímky. Při této opravě došlo nejprve k utěsnění vadného svaru instalací a následným přivařením těsnícího segmentu a následně k zapouzdření poškozeného potrubí upravenou tlakovou objímkou.

V obou uvedených případech, kdy došlo k odstranění úniku přepravovaného média instalováním upravené ocelové tlakové objímky, nebylo nutné přerušit ani omezit provoz v upraveném potrubí. Životnost provedených oprav je srovnatelná s životností opravovaných potrubí. Cenová náročnost je zlomková ve srovnání s opravou výřezem, navíc provozovatel vykonává při tomto druhu prací pouze dozor, případně vydává povolení k provádění svářecko-montážních prací.

3. Závěr

Na každém, i sebelépe postaveném potrubí se časem vyskytne potřeba opravy nějakého poškozeného místa. Pokud provozovatel nechce přerušit provoz potrubí, a tím i dodávku média,

často spojenou s nucenou odstávkou více či méně velkých technologických celků, nezbývá mu než zvolit „bezodstávkovou technologii“.

Pokud pomineme možnost provedení výřezu daného místa na trubce za pomoci technologie přerušení průtoku TDW s dočasným by-passem (stoplování), která je velmi nákladná, nabízí se volba levnějších technologií oprav pomocí objímek.

Všechny výše uvedené technologie jsou spolehlivou opravou defektu, pro jehož opravu byly navrženy, ale pouze v případě, pokud jsou správně aplikovány.

Volba technologie opravy závisí na druhu opravovaného defektu, nicméně rozsah použití uvedených technologií je velmi podobný, a dále na jeho umístění na potrubí (zde se uplatňuje technologie TDW-BD určená i pro oblouky, ohyby a tvarovky).

Z hlediska provozovatele je však jistě zajímavá zejména oprava ocelovou objímkou, která poskytuje srovnatelnou únosnost jako nepoškozené potrubí.

Lektoroval Ing. Petr Črha, CSC.

SUMMARY

Petr Pařízek, Aleš Brynych, Martin Stukbauer:
Permanent Repairs of Steel Pipes in Operation
with the Help of Sleeves and Wraps

The article deals with the issues of repairing defects in steel pipes (for example, in gas pipelines), in particular from the perspective of permanent repairs. A large majority of defects can be repaired without interrupting pipeline operation when the technology of sleeves and wraps, a description of which forms the core of the article, is used.

The authors specify the conditions under which sleeves and wraps can be applied in pipeline repairs. They go on to discuss the use of steel repair sleeves, which offer a load carrying capability comparable with that of defect-free pipes, and therefore are particularly interesting for pipeline operators, and also the use of composite sleeves, based on e-glass and resin composite and high-strength filler material, and composite wraps (ClockSpring® and T. D. Williamson's BlackDiamond™ systems).