

HODNOCENÍ KOROZNÍHO NAPADENÍ HOMOGENNÍHO SVAROVÉHO SPOJE AUSTENITICKÉ TRUBKY A PŘÍRUBY

CORROSION ATTACK EVALUATION OF HOMOGENEOUS WELD JOINT OF AUSTENITIC TUBE AND FLANGE

Dana Tonarová, Petr Brabec a Jaroslav Burda

ÚJV Řež, a. s.

Abstrakt

V současné době je často řešeným problémem korozní napadení heterogenních svarových spojů, nicméně korozní napadení se objevuje i na homogenních svarových spojkách. V předkládaném příspěvku je popsáno hodnocení korozního napadení austenitické příruby svařené s trubicí. U svarového kovu byla patrná koroze materiálu do třetiny tloušťky trubky a v základním materiálu austenitické trubky byla pozorována podpovrchová koroze.

Abstract

The problem of heterogeneous weld joints corrosion attack is often solved, but corrosion attack also occurs on homogeneous weld joints. The paper describes the evaluation of corrosion attack of austenitic flange welded with a tube. In the weld metal, material corrosion was visible to one third of the thickness of the tube and subsurface corrosion was observed in the base material of the austenitic tube.

Úvod

Do akreditované laboratoře oddělení Podpora provozu energetických zařízení v ÚJV byla dodána austenitická příruba pro hodnocení detekované vady na vnitřním povrchu svarového spoje příruby a trubky, který byl korozně napaden. Provozní parametry média v potrubí byly: tlak do 0,6 MPa, teplota do 33 °C, obsah chloridů do 90 mg/l. Hodnocený vzorek se skládá ze základního materiálu trubky (ZM1) a základního materiálu příruby (ZM2), spojených svarovým kovem (SK). Na vnější straně trubky byly vyznačeny informace o použitém materiálu trubky, a to 1.4571. Rozměry trubky byly Ø267 x 7 mm (vnější průměr x tloušťka stěny).

Metodika

Chemické složení ZM jednotlivých částí svarového spoje bylo stanoveno metodou optické emisní spektrometrie (OES). Měření bylo provedeno mobilním optickým emisním spektrometrem ARC-MET8000 MobileLab SP (výrobce Oxford Instruments).

Mikrostruktura a mikrotvrdomost materiálů byly hodnoceny pomocí světelného mikroskopu Nikon Epiphot 300 a mikrotvrdoměru MHT Anton Paar 4 (Vickersova metoda, použité zatížení 100 g a doba zatížení 10 s). Vzorky byly dále hodnoceny skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) TESCAN VEGA TS 5130 XM s EDS a WDS detektorem.

Výsledky a diskuse

Chemické složení materiálů

Chemické složení základních materiálů příruby a trubky je uvedeno v tabulce 1. Chemické složení materiálu potrubí odpovídá materiálu 1.4571 (podle ČSN materiál 17348). Co se týče materiálu příruby, tak se jedná buď o materiál stejné značky jako materiál trubky (ale různé tavby) anebo o materiál velmi podobného složení. Rozdíly složení obou materiálů se projevují především v obsahu Cr (rozdíl 1,5 %), menší rozdíl je patrný u Ni (rozdíl 0,7 %), Ti (rozdíl 0,1 %) a C (rozdíl 0,03 %). Po započtení rozšířené nejistoty je u materiálu příruby hodnota Ni mírně pod povolenou hranici materiálu 1.4571. Zadavatelem bylo určeno několik značek materiálů, pravděpodobně se jednalo o materiály 17246 nebo 17347.

Hodnocení vnitřního povrchu

Na celém vnitřním povrchu svarového spoje příruby a trubky byly četné výrobní vady SK [1]. Podle normy ČSN EN ISO 6520-1 [2] obsahoval svarový spoj vady č. 5062 (přetečení kořenové vrstvy), č. 504 (nadměrný průvar), č. 513 a 514 (nepravidelná šířka a povrch). Dále na rozhraní ZM1-SK i ZM2-SK byly na několika místech zřetelné vady č. 5013 (vruby v kořeni). V okolí hodnocené vady (obr. 1) byla na vnitřním povrchu zřetelná oranžová korozní vrstva a u ústí vady zelená korozní vrstva. Podle semikvantitativní analýzy ze SEM, obsahuje zelená korozní vrstva zvýšené množství Cl a S (0,3 hm. % Cl a 0,6 hm. % S).

Hodnocení příčných řezů svarovým spojem

Hodnocená provozní vada na příčném řezu (řez B2, obr. 2) pravděpodobně iniciovala na vnitřním povrchu ve vrubu v kořeni svaru a procházela SK až k rozhraní ZM1-SK do hloubky 2,5 mm. Korozní napadení nepokračovalo po rozhraní směrem ke koruně SK, ale bylo zřetelné na rozhraní ZM1 a zbytku SK. V žádném hodnoceném příčném řezu nebylo u rozhraní ZM1-SK korozní napadení spojené s vnitřním povrchem.

Dále je v ZM1 zřetelná podpovrchová koroze. Tato koroze je pozorovatelná do hloubky max. 1,7 mm a v hodnocených řezech není spojená s vnitřním povrchem. Po naleptání je patrné, že korozní napadení nejde po hranicích zrn, ale napadá celá zrna. Na povrchu dutin je dle dokumentace SEM patrné selektivní rozpouštění matrice. Korozní důlky byly stále aktivní, na jejich povrchu není patrná vrstva korozních produktů.

Na obvodovém řezu přibližně 15 mm od SK (řez B3, obr. 2) pokračuje podpovrchová koroze ZM1. Charakter napadení je obdobný jak na řezu B2, obvodová délka podpovrchové koroze je přibližně 6 mm.

Hodnocení mikrostruktury a mikrotvrdomosti

Hodnocení bylo provedeno ve dvou příčných řezech svarovým spojem pro porovnání mikrostruktury v místě bez vady (řez A) a v místě vady (řez B2), obr. 3. Tyto příčné řezy svarovým spojem odpovídají podélnému směru vzhledem k ose tváření trubky.

Mikrostruktura ZM1 i ZM2 je v obou příčných řezech austenitická s viditelnými dvojčatovými hranicemi zrn. Z obrazové dokumentace je zřejmé, že v ZM2 je velikost zrna větší než v ZM1. Po naleptání kyselinou šťavelovou jsou v obou příčných řezech zřetelné podélné útvary odpovídající δ -feritu. Množství δ -feritu je rozdílné. V ZM1 je množství δ -feritu ~ 2,1 % a v ZM2 je 11,4 % (hodnoceno v obou příčných řezech). V ZM2 je patrné řádkovité uspořádání δ -feritu, které je pod úhlem vzhledem k vnitřnímu povrchu vzorku.

Mikrostruktura SK je austenitická, převážně dendritická typu FA. Po naleptání jsou viditelné housenky po svařování.

Lokální mikroanalýzou bylo ověřeno chemické složení ZM1, ZM2 a SK na příčném řezu B2 v místě vady. Chemické složení zbytku materiálu u hodnocené vady odpovídá chemickému složení SK. SK obsahuje větší zastoupení některých prvků v porovnání se ZM1 (rozdíl o 1,2 hm. % Cr, 0,9 hm. % Mn, 0,7 hm. % Ni).

Měření mikrotvrdomosti MHV0,1 bylo provedeno na obou příčných řezech přes svarový spoj, viz tabulka 2. Z výsledků měření MHV0,1 není patrný výrazný rozdíl mikrotvrdomosti ZM1 a ZM2. Hodnoty mikrotvrdomosti SK jsou závislé na pokládání housenek. Je patrné, že v koruně svaru je mikrotvrdomost mírně nižší než v kořeni svaru.

Mezi vzorky A (bez vady) a B2 (s vadou) není patrný žádný rozdíl v mikrostruktuře ani v mikrotvrdomosti materiálů.

Závěr

Hodnocená vada představuje korozní napadení materiálu, které bylo propojené s vnitřním povrchem ve SK. Na příčných řezech byla zřetelná podpovrchová koroze ZM trubky až do vzdálenosti 15 mm od SK. Tato podpovrchová koroze byla spojena s korozní dutinou na rozhraní ZM trubky a SK. Kvůli rozdílu chemického složení ZM trubky a SK dochází ke korozi ZM trubky vlivem vzniku elektrochemického článku.

Trubka s hodnoceným svarovým spojem byla provozovaná v prostředí se zvýšeným množstvím chloridů, až desítky ppm. Na iniciačních místech, jako jsou např. vruby ve SK, může docházet k vysoké lokální koncentraci chloridů. I při nízké teplotě může docházet ke korozi austenitu v aktivním stavu, v místech s vysokou koncentrací chloridů a stagnujícím korozním prostředím nelze vyloučit ani iniciaci důlkové koroze. Další možností je mikrobiální koroze, která byla řešena ÚJV v roce 2010 [3] na stejném typu materiálu.

Pro eliminaci těchto korozních napadení je doporučována výměna austenitického materiálu za jiný materiál (např. plast nebo uhlíkovou ocel, u které je korozní napadení predikovatelné).

Literatura

- [1] Tonarová, D., Brabec, P., Burda, J. (2017): *Hodnocení korozního napadení příruby u výměníku chlazení 4TG12W01, technická zpráva ÚJV-DITI 2302/521.*
- [2] ČSN EN ISO 6520-1 (2008): *Svařování a příbuzné procesy – Klasifikace geometrických vad kovových materiálů – Část 1: Tavné svařování.* Praha: Český normalizační institut.
- [3] Postler, M., Keilová, E., Kárník, D., Dotřel, J. (2010): *Hodnocení korozního připojovacího potrubí TVD, technická zpráva DITI 2302/1.*

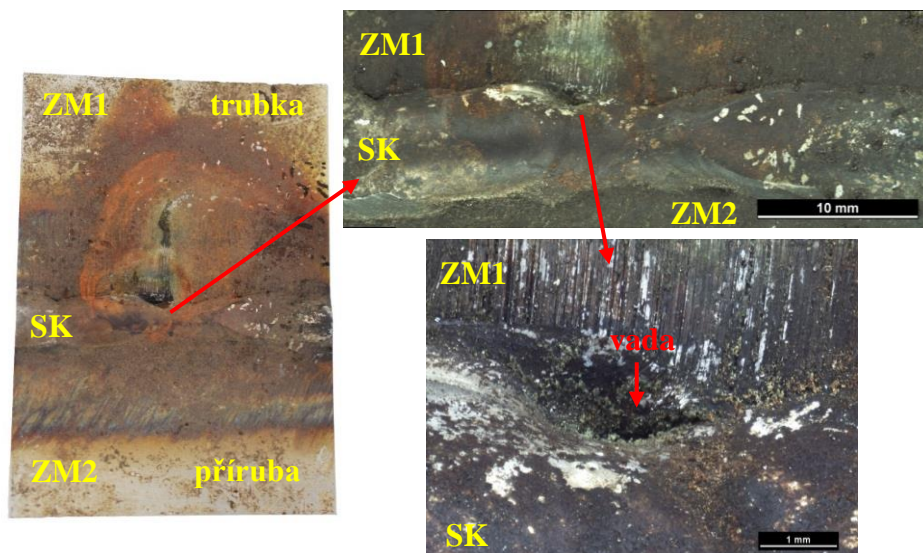
Tabulky a obrázky

Tabulka 1: Chemické složení základního materiálu trubky (ZM1) a příruby (ZM2)

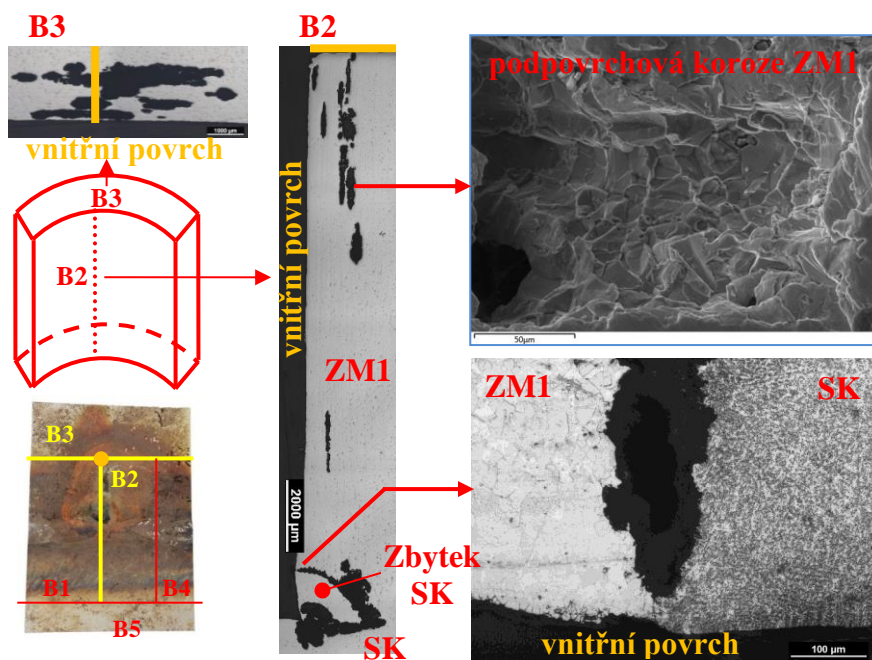
ZM1	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti	V	W	Al	P	S
hm %	0,01	0,37	0,72	18,2	10,4	0,44	1,91	0,33	0,096	0,01	0,020	0,028	0,011
± U	0,03	0,09	0,20	1,0	0,8	0,04	0,10	0,03	0,011	0,04	0,008	0,002	0,007
ZM2	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti	V	W	Al	P	S
hm. %	0,04	0,43	0,74	16,69	9,7	0,47	2,01	0,226	0,089	0,01	0,020	0,029	0,012
± U	0,04	0,06	0,10	1,30	0,6	0,03	0,07	0,025	0,006	0,03	0,008	0,002	0,006

Tabulka 2: Shrnutí měření mikrotvrdoti přes svarový spoj (ukázka profilu v místě kořene SK v řezu B2)

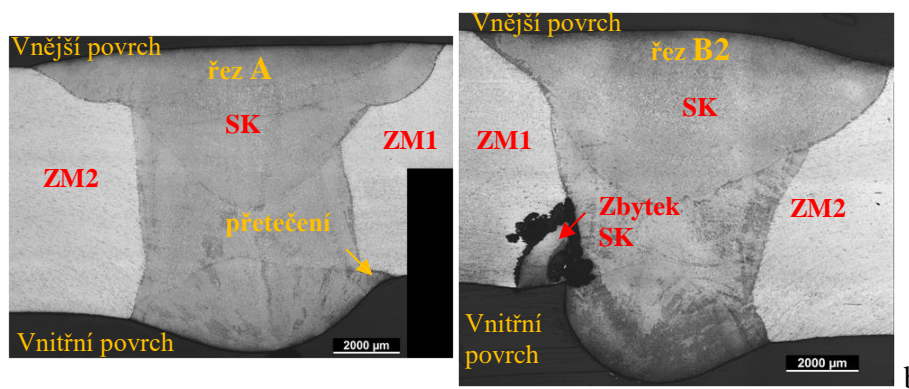
Umístění	Střední hodnota MHV0,1 [-]
SK koruna	174,9 ± 6,7
SK kořen	187,9 ± 7,2
ZM1	171,9 ± 8,1
TOZ1	148,8 ± 7,6
ZM2	171,3 ± 13,6
TOZ2	167,4 ± 13,9



Obr. 1: Vnitřní povrch svarového spoje v místě vady; detail v místě vady



Obr. 2: Dokumentace korozního napadení materiálu na řezech B2 a B3



Obr. 3: Makrostruktura příčných řezů svarovým spojem: a) v místě bez vady, b) v místě s vadou