

Studium přechodových oblastí heterogenních návarů v jaderné energetice

Při spojování zařízení a potrubí z různorodých ocelí svařováním se vytvářejí různé struktury odpovídajících částí feriticko-perlitických a austenitických ocelí (obr. 1). Heterogenní svařové spoje se mohou také využívat jako antikoroziční opláštění povrchů přicházejících do styku s chladicí kapalinou. Vlastnosti heterogenních svařových spojů mohou být dále ovlivněny změnami koeficientu lineární roztažnosti a vznikem nauhličených a oduhličených oblastí.

V nauhličených oblastech klesá jejich plasticita, v oduhličených oblastech se snižují pevnostní vlastnosti. Vzhledem k rozdílu v koeficientu lineární roztažnosti ve svařových spojkách dochází ke komplexní napjatosti. Rozdíl elektrochemických potenciálů ocelí může způsobit vznik galvanické koroze. Difúze uhlíku při tepelném zpracování a za provozu zařízení zvyšuje náchylnost k mezikrystalické korozi. Jestliže se původní struktura materiálu změní natolik, že součást není schopna přenášet namáhání, pro něž byla určena, tj. strukturní stálost je za daných podmínek nevyhovující, takže se zcela vyčerpá životnost materiálu, přestane součást plnit původní funkci a může dojít k jejímu porušení [1, 2].

OVĚŘOVACÍ ZKOUŠKY HETEROGENNÍCH NÁVARŮ PRO JZ

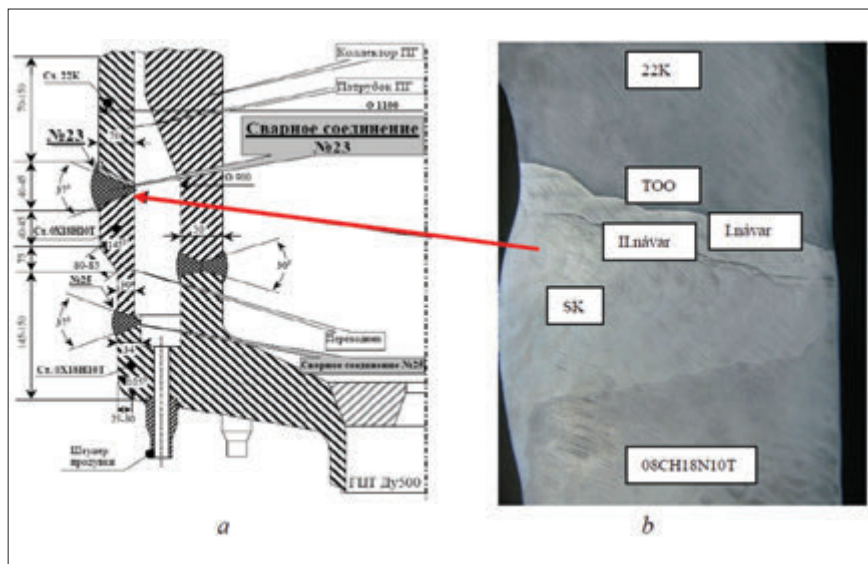
Zhotovení zkušebních návarů

Z materiálu 22K byly vyrobeny vzorky R38 a R39 o rozměrech 390 × 130 × 80 mm. Na plochu byly navařeny zkušební návary v různých variantách svařovacích materiálů metodou svařování MAG 136 – obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu, viz tabulka 1 až 8 [4]. Během navařování byly parametry svařování standardně kontrolovány. Zároveň u návaru R38 a R39 proběhlo kontinuální monitorování parametrů svařování pomocí zařízení WeldMonitor, včetně uložení a zpracování dat.

Počet průchodů byl stanoven podle původní výkresové dokumentace, která stanovuje požadavky na tloušťku přechodového návaru 2 až 4 mm a celkovou tloušťku návaru po opracování min. 7 mm. Návary byly provedeny podle zpracovaných postupů svařování pWPS. Parametry svařování zkušebních návarů v poloze PA jsou uvedeny v tabulce 3. Návar I byl před zkouškou PT a UT opracován do roviny. Zkušební vzorky byly navařeny kvalifikovaným svářečem. PT zkoušku prováděl kvalifikovaný pracovník. Zkouška UT byla provedena po navaření přechodového návaru I a po navaření celého návaru II, a to přímou sondou a dvěma úhlovými sondami.

Makrostruktura návarů

Zkoušky makrostruktury návarů prováděla zkušební laboratoř TEDIKO s.r.o. Chomutov. Zkušební norma metalografického hodnocení ČSN EN 1321. Makrostruktura dodaného vzorku byla kontrolována po naleptání leptadlem Nital 2 % (HNO₃ s lihem) a Vilella-Bain (kys. pikrová+HCl+lih).



Obr. 1 – Příklad konstrukčního provedení HSS
a, b HSS č. 23 PGV-4M (I. návar-10Ch16N25AM6, II. návar + výplň-04Ch19N11M3 [3])

Varianta Návaru	Elektroda	Návar I Návar II	Metoda svařování	Poloha svařování	pWPS
R38	NIBAS 70/20 Mn-FD	Ø 1,2 - 2 průchody	136	PA	008/2012
	EAS 2 PW-FD	Ø 1,2 - 2 průchody			
R39	CN 23/12 PW-FD	Ø 1,2 - 2 průchody	136	PA	009/2012
	SAS 2 PW-FD	Ø 1,2 - 2 průchody			

Tab. 1 – Zkušební heterogenní návary a jejich varianty

Označení vzorku	Výchozí stav návaru před zkoušením	ZM	Návar I	Návar II
R38.1	stav po svaření	22K	NIBAS 70/20 Mn-FD	EAS 2 PW-FD
R38.2	stav po TZ 640 ± 10°C/6h.	22K	NIBAS 70/20 Mn-FD	EAS 2 PW-FD
R38.3	stav po žhání 450°C/500h.	22K	NIBAS 70/20 Mn-FD	EAS 2 PW-FD
R39.1	stav po svaření	22K	CN 23/12 PW-FD	SAS 2 PW-FD
R39.2	stav po TZ 640 ± 10°C/6h.	22K	CN 23/12 PW-FD	SAS 2 PW-FD
R39.3	stav po žhání 450°C/500h.	22K	CN 23/12 PW-FD	SAS 2 PW-FD

Tab. 2 – Zkušební návary a z nich vyrobené vzorky s číselným označením

Varianta návaru	Elektroda	Průměr	Proud	Napětí	Rychlost sv.	Q	Ti
		[mm]	[A]	[V]	[mm.s ⁻¹]	[kJ.mm ⁻¹]	[°C]
R38	NIBAS 70/20 Mn-FD	1,2	158	25	4,8	0,68	100
R38	EAS 2 PW-FD	1,2	150	24	4,4	0,67	100
R39	CN 23/12 PW-FD	1,2	155	24	5,1	0,61	100
R39	SAS 2 PW-FD	1,2	153	24	4,1	0,75	100

Tab. 3 – Parametry svařování zkušebních návarů

Návar R38

V návaru R38.1 provedeném trubičkou BÖHLER NIBAS 70/20 Mn-FD + BÖHLER EAS 2 PW-FD (stav po svaření) byly pozorovány ve 3. a 4. vrstvě četné trhliny (obr. 2) [5]. V rámci metalografického hodnocení byla změřena šířka TOO v rozmezí od 1,3 do 1,8 mm. Tato šířka dokladuje použití spíše nižších parametrů svařování metodou MAG 136 – obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu viz tab. 3 [4]. Výsledky analýzy makrostruktury návaru R38.2 a R38.3 jsou prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [10].

Návar R39

V návaru R39.1 provedený trubičkou BÖHLER CN 23/12 PW-FD + BÖHLER SAS 2 PW-FD (stav po svaření) nebyly pozorovány žádné vady (obr. 3) [5]. V rámci metalografického hodnocení byla změněna šířka TOO v rozmezí od 1,4 do 1,6 mm. Tato šířka dokladuje použití spíše nižších parametrů svařování metodou MAG 136 – obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu viz tab. 3 [4]. Výsledky analýzy makrostruktury návaru R39.2 a R39.3 jsou prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [10].

Mikrostruktura návarů

Studie mikrostruktury návarů R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) byly provedeny zkušební laboratoří TEDIKO s.r.o. Chomutov. Výsledky z hodnocení mikrostruktury jsou zdokumentovány v dílčích protokolech zkušební laboratoře. Zkušební norma metalografického hodnocení je ČSN EN 1321. Makrostruktura dodaného vzorku byla kontrolována po naleptání leptadlem $H_2CrO_4 + 4\% HNO_3$. Mikrostruktury přechodových pásem návarů R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) jsou vidět na obrázku 4 [5]. Výsledky analýzy mikrostruktury návarů jsou dále prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [10].

Návar R38

Ve vybraných lokalitách byly zjištěny následující typy struktur:

- mikrostruktura návaru (vrstva 1, 2) trubičkou BÖHLER NIBAS 70/20 Mn-FD licí austenitická bez δ -feritu,
- mikrostruktura návaru (vrstva 3) trubičkou BÖHLER EAS 2 PW-FD licí austenitická bez δ -feritu,
- mikrostruktura návaru (vrstva 4) trubičkou BÖHLER EAS 2 PW-FD licí austenitická bez δ -feritu,
- mikrostruktura OPZM u hranice ztavení je bainitická s jehlicemi feritu,
- mikrostruktura ZM je feriticko-perlitická se sferoidizovaným perlitem, velikost zrna nerovnoměrná.

Při hodnocení struktury návaru R38.1 (2, 3) bylo ve 3. a 4. vrstvě návaru zjištěno množství trhlín. Kromě ojedinělého póru nebyly jiné vady zjištěny. Tyto trhliny nikdy neprotínají obě návarové vrstvy, jsou vždy omezeny na jednu vrstvu

22K	C	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	S	P
	[hm. %]							
	0,21	0,34	0,60	0,20	0,25	0,23	0,025	0,020

Tab. 4 – Chemické složení základního materiálu 22K

NIBAS 70/20 Mn-FD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Fe
	[hm. %]								
Ø 1,2 mm	0,03	0,3	5,5	-	-	19,7	Základ	2,4	≤ 2,0

Tab. 5 – Chemické složení svarového kovu trubičky NIBAS 70/20 Mn-FD

EAS 2 PW-FD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Fe
	[hm. %]								
Ø 1,2 mm	0,03	0,7	1,5	-	-	19,8	10,5	-	základ

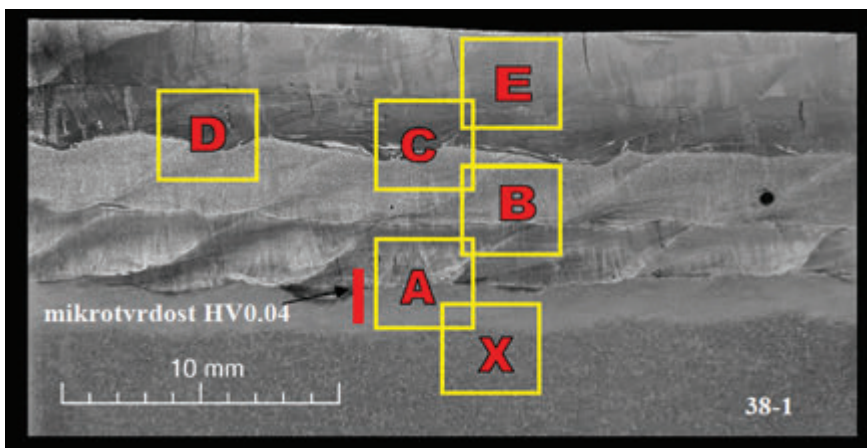
Tab. 6 – Chemické složení svarového kovu trubičky EAS 2 PW-FD

CN 23/12 PW-FD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Fe
	[hm. %]								
Ø 1,2 mm	0,03	0,7	1,4	-	-	23,0	12,5	-	základ

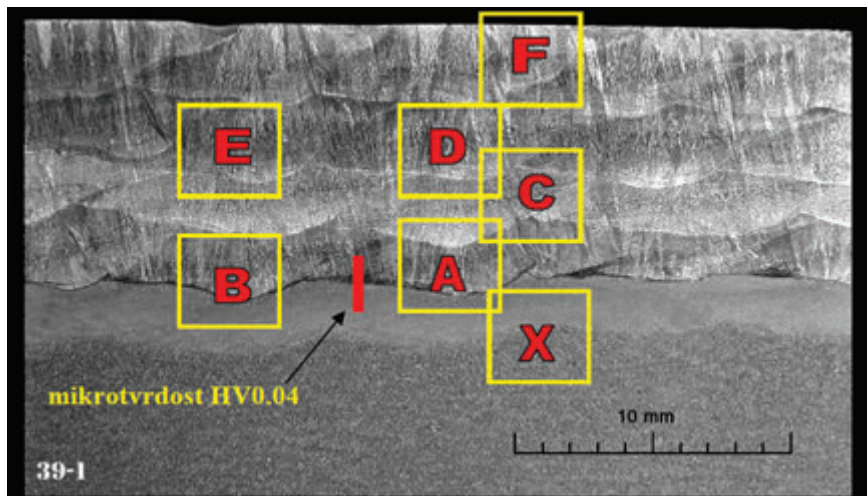
Tab. 7 – Chemické složení svarového kovu trubičky CN 23/12 PW-FD

SAS 2 PW-FD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Fe
	[hm. %]								
Ø 1,2 mm	0,03	0,7	1,4	-	-	19,0	10,4	+	základ

Tab. 8 – Chemické složení svarového kovu trubičky SAS 2 PW-FD



Obr. 2 – Makrostruktura výřezu návaru R38.1 – oblasti pro mikro (zv. 4 krát)



Obr. 3 – Makrostruktura výřezu návaru R39.1 – oblasti pro mikro (zv. 4x)

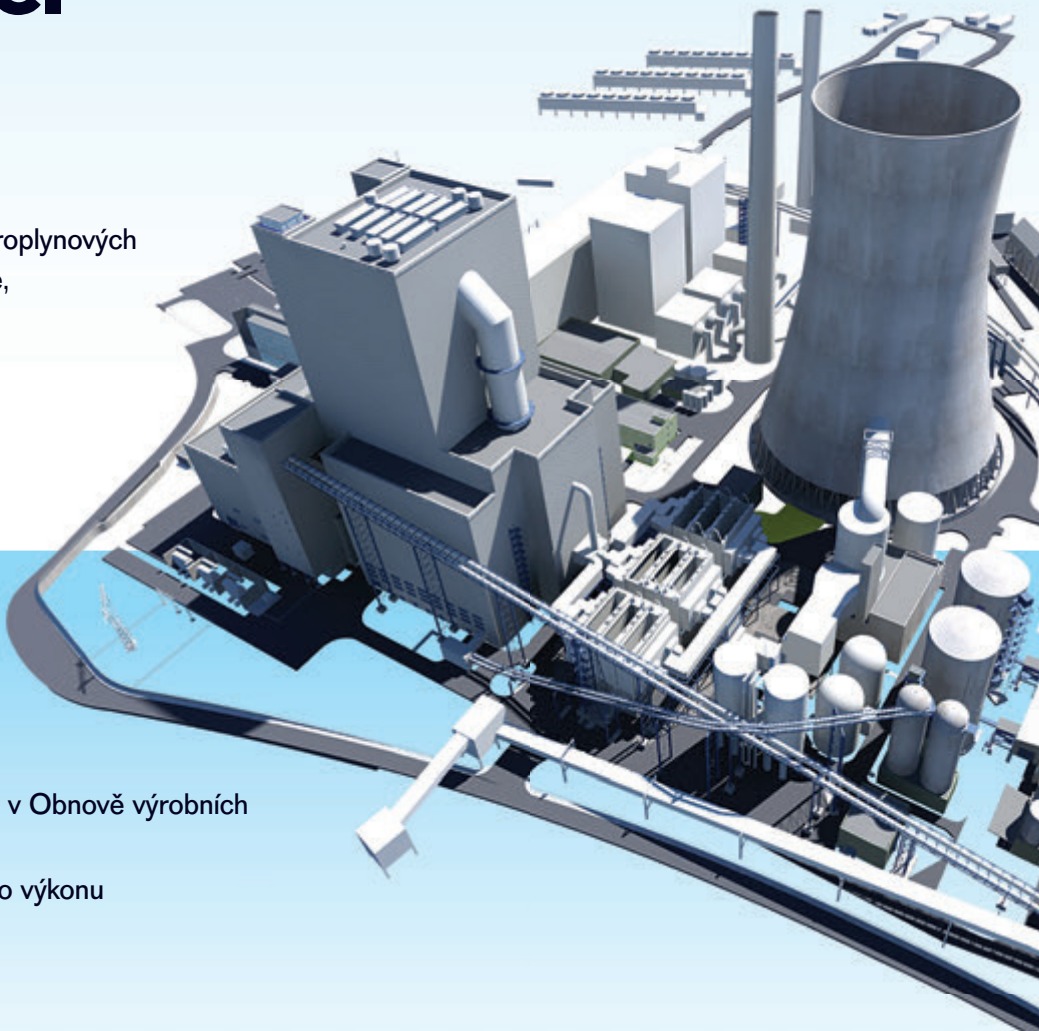
VIZE JE PRVNÍM KROKEM K REALIZACI

JSME SVĚTOVÝM DODAVATELEM

- Energetických výrobních celků, paroplynových cyklů, obnovitelných zdrojů energie, jaderných elektráren
- Zvyšování výkonu a modernizace energetických celků
- Technologických celků elektráren
- Servisu a náhradních dílů

MÁME Z ČEHO ČERPAT:

- 3 050 MW aktuálně instalovaných v Obnově výrobních zdrojů Skupiny ČEZ v ČR
- 40 000 MW celkově instalovaného výkonu
- Realizace ve 25 zemích světa
- Šedesátiletá tradice



www.skodapraha.cz



ŠKODA PRAHA

DĚLÁME VELKÉ VĚCI

a maximální končí na rozhraní mezi vrstvou č. 3 a 4. Délka trhlín ve vrstvě č. 3 od 0,2 do 1,2 mm, ve vrstvě č. 4 pak od 0,2 do 1,7 mm. Co se týče tvaru, jsou některé trhliny rovné, jiné výrazně klíkaté s mezidendritickým průběhem. Detaily vybraných trhlín jsou vidět na obr. 5 [5].

Návar R39

Při hodnocení struktury návaru R39.1(2, 3) nebyly v žádné části návaru zjištěny vady jako např. trhliny, póry, zatavené nečistoty apod. (obr. 6). Ve vybraných lokalitách byly zjištěny následující typy struktur:

- mikrostruktura návaru (vrstva 1 a 2) trubičkou BÖHLER CN 23/12 PW-FD licí austenitická s δ -feritem,
- mikrostruktura návaru (vrstva 3 a 4) trubičkou BÖHLER SAS 2 PW-FD licí austenitická s δ -feritem,
- mikrostruktura OPZM u hranice ztavení je bainitická s jehlicemi feritu,
- mikrostruktura ZM je feriticko-perlitická se sferoidizovaným perlitem, velikost zrna nerovnoměrná, v zmech větší velikosti lze pozorovat výrazné jehlice feritu.

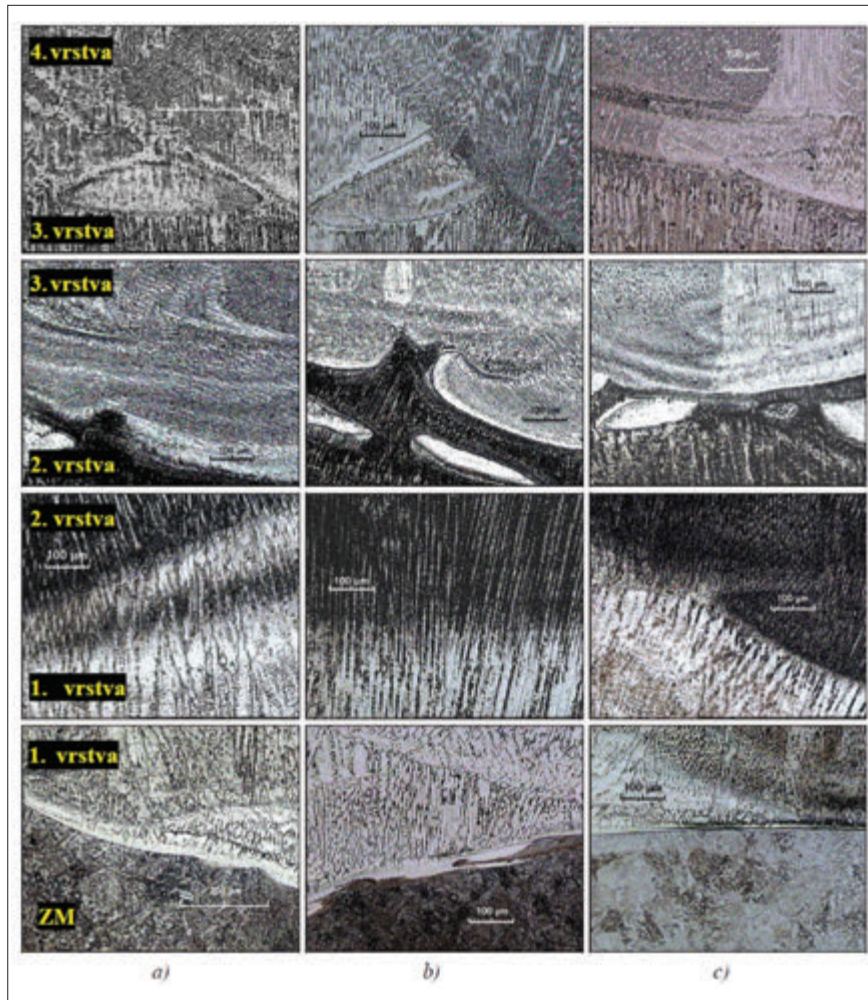
Měření tvrdosti přechodových pásem

Měření tvrdosti HV10 návaru R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) bylo provedeno podle požadavků normy ČSN EN ISO 15 614-7 a výsledky jsou uvedeny v protokolech – hodnoty tvrdosti jsou ve všech stavech vyhovující. Zkušební teplota 20°C a měřená pásma: základní materiál – TOO – přechodový návar I – konečný návar II. Zkušební norma měření tvrdosti ČSN EN ISO 9015-1. Zkoušky měření tvrdosti návarů prováděla zkušební laboratoř TEDIKO s.r.o. Chomutov [5]. Výsledky měření tvrdosti jsou dále prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [X]. Po žihání 640°C/6 hodin (R38.2) mírně poklesly hodnoty v základním materiálu 22 K a v přechodu mezi návarem I a II (ve 3. vrstvě).

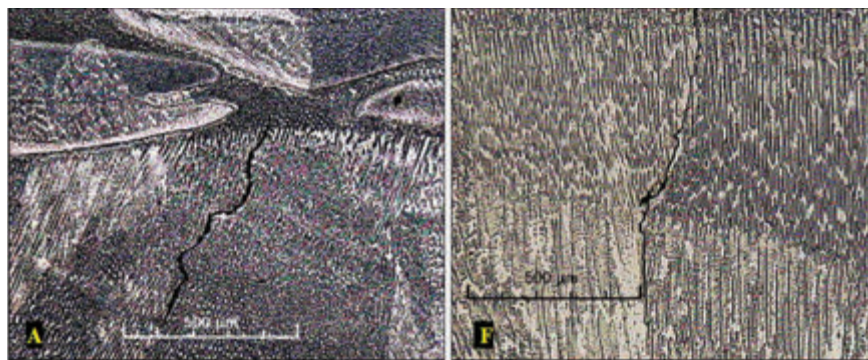
K většímu nárůstu tvrdosti došlo v TOO materiálu 22 K. Po dlouhodobém žihání 450°C/500 hodin (R38.3) stouply hodnoty tvrdosti v základním materiálu 22 K, v TOO materiálu 22 K a ve vrstvách návaru II [5]. Po žihání 640°C/6 hodin (R39.2) mírně poklesly hodnoty v základním materiálu 22 K, v TOO materiálu 22 K a ve 4. vrstvě návaru II. K nárůstu tvrdosti došlo ve 3. vrstvě návaru II. Po dlouhodobém žihání 450°C/500 hodin (R39.3) mírně poklesly hodnoty v základním materiálu 22 K a zároveň mírně stouply hodnoty tvrdosti v TOO materiálu 22 K a ve vrstvách návaru I a II [5].

Měření mikrotvrdosti přechodových pásem

Měření mikrotvrdosti HV0,04 vzorku R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) bylo provedeno v přechodovém pásmu rozhraní mezi základním materiálem 22 K a první přechodovou vrstvou navařenou trubičkou. Zkušební teplota 20°C a měřená pásma: TOO ZM – přechodový návar I. Zkušební norma měření tvrdosti ČSN EN ISO 9015-2. Výsledky



Obr. 4 – Mikrostruktura návaru R38.1 (2, 3) zv. 100x
a) R38.1 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II,
b) R38.2 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II,
c) R38.3 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II



Obr. 5 – Detaily trhlín vyznačených na makrorepletu vzorku R38.1 zv. 50x
a) návar II – 3. vrstva (A), b) návar II – 4. vrstva (F)

o provedeném měření jsou uvedeny v protokolech – hodnoty mikrotvrdosti jsou ve všech stavech vyhovující. Na základě výsledku z měření a provedené analýzy lze konstatovat, že nedošlo k výraznému oduhličení a nauhličení rozhraní mezi ZM a návary, neboť redistribuce uhlíku ve svařovém spoji má přímý vztah ke změnám tvrdosti, a tím je spojeno odpovědně a zpevnění příslušných zón [5, 7]. Výsledky měření mikrotvrdosti jsou dále prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [X].

Stanovení obsahu delta feritu magnetickou metodou

Stanovení obsahu delta feritu v austenitických (přechodových) návarech vzorku R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) bylo provedeno elektromagnetickou metodou podle normy ČSN 42 0470 pomocí zkušebního zařízení Dr. Förster. Zařízení bylo kalibrováno na vnitřní standard dodaný výrobcem. Jedná se o měření celkového obsahu všech feromagnetických fází v základní austenitické hmotě návaru, vyjádřeno v objemových procentech. Metoda

bodové detekce snímáním měřené veličiny zčásti objemu vzorku při bodovém dotyku povrchu kulovou plochou čidla. Zkoušky stanovení obsahu delta feritu přechodových návarů prováděla akreditovaná zkušební laboratoř MTL Chomutov [6]. Výsledky stanovení obsahu delta jsou dále prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [X].

Metalografické stanovení šířky oduhličeného pásma

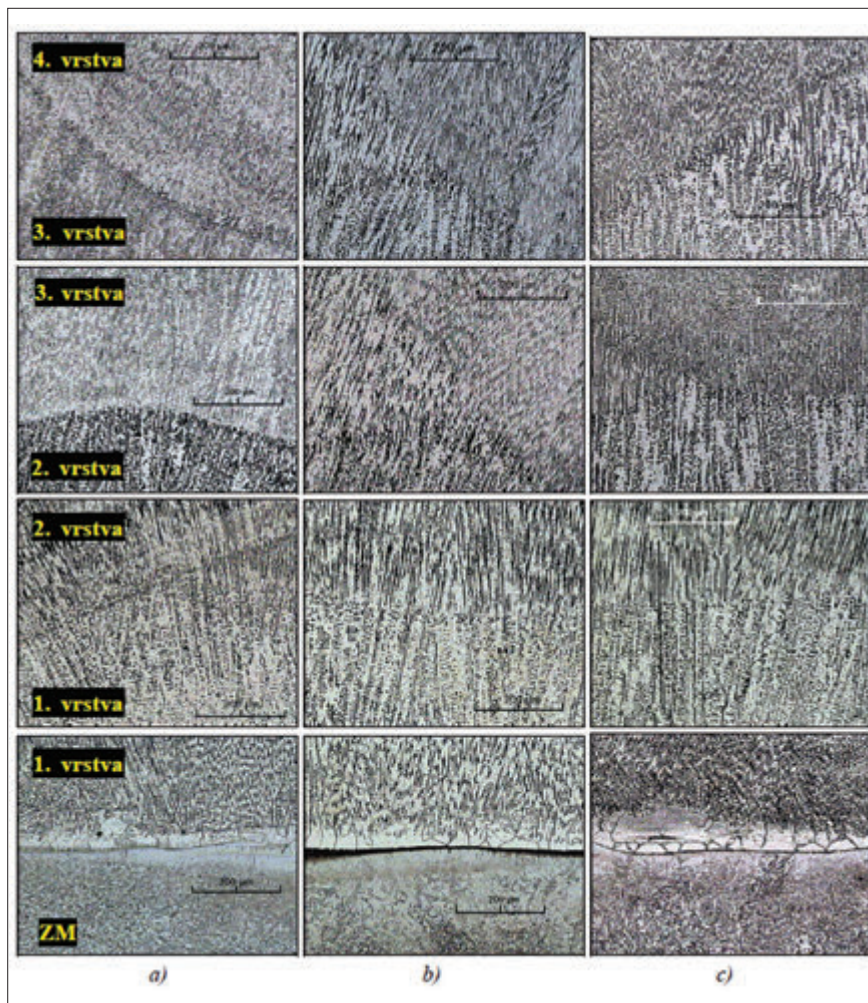
Stanovení šířky oduhličeného pásma bylo provedeno metalografickým hodnocením podle normy ČSN EN 1321. Vzorky pro hodnocení byly připraveny broušením, opakovaným mechanickým leštěním a chemicky leptány Nital 2% (HNO₃ s lihem) Vilella-Bain (kys. pikrová+HCl+líh). V rámci hodnocení byla pořízena fotodokumentace mikrostruktury přechodových rozhraní mezi ZM a návarem včetně stanovení šířek oduhličeného pásma. Jedná se o poměrně rychlou, avšak také méně přesnou metodu. Přesto tato jednoduchá metoda našla své použití k ocenění strukturní stálosti svarových spojů či návarů ocelí používaných v energetickém strojírenství, a to s velmi dobrými výsledky [5].

Na základě výsledku z měření a provedené analýzy vzorku R38.1(2, 3) a R39.1(2, 3) lze konstatovat, že nedošlo k výraznému oduhličení základního materiálu 22K v oblasti ztavení s první návarovou vrstvou. Oduhličení má převážně charakter sporadického nebo částečného nesouvislého oduhličení na straně základního materiálu 22K s max. šířkou pásma do 100 μm u návaru R38.3 a do 150 μm u návaru R39.2. Rovněž bylo pozorováno menší nauhličení svarového kovu v blízkosti hranice ztavení vlivem redistribuce uhlíku ze základního materiálu zejména do prvního návaru R39.2 zhotovený trubičkou BÖHLER CN 23/12 PW-PD [5]. Výsledky z metalografického stanovení šířky oduhličeného pásma jsou dále prezentovány ve sborníku přednášek odborného semináře Svařovací den 2013 [X].

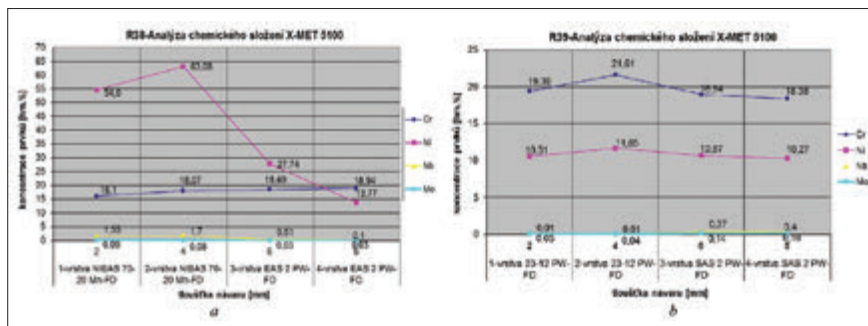
Měření obsahu Cr a Ni v návarech spektrálním analyzátořem

Na návarech po jednotlivých vrstvách bylo provedeno měření chemického složení metodou rentgenové fluorescence analyzátořem typu Oxford Instruments X-MET5100. V případě měření obsahu Cr a Ni je tato metoda na homogenním materiálu velmi přesná. První vrstva přechodového návaru I na základní materiál a první vrstva návaru II není s ohledem na stupeň promísení obou kovů homogenní. Je proto nutné očekávat rozptyl naměřených hodnot. Rozptyl hodnot je také ovlivněn nastavenou databází hodnot a kontaminací povrchu měření. Pro znázornění provedené analýzy jsou na obrázku 7 a, b uvedeny hodnoty z měření po vrstvách na návaru I a II vzorku R38, R39 [4].

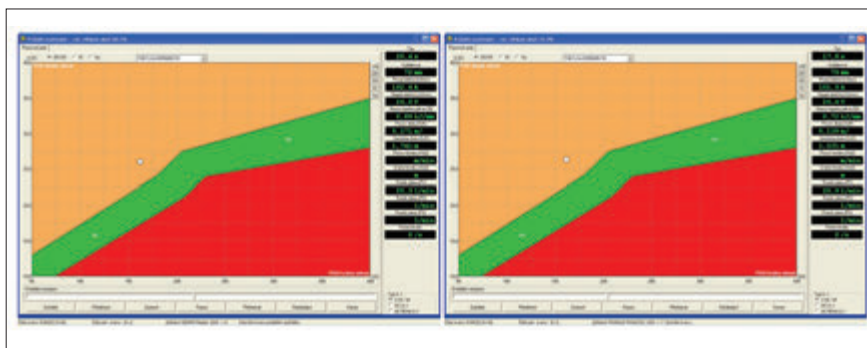
Měření na vzorku R38 prokázalo, že v první vrstvě návaru II trubičkou EAS 2 PW-FD došlo v porovnání s inspekčními certifikáty EAS 2 PW-FD k malému poklesu obsahu chromu. Svarový kov



Obr. 6 – Mikrostruktura návaru R39.1 (2, 3) zv. 100x
a) R39.1 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II,
b) R39.2 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II,
c) R39.3 hranice ztavení mezi ZM a návary I a II



Obr. 7 a, b – Měření chemického složení po vrstvách na návaru R38, R39



Obr. 8 – WM záznam z průběhu svařování R38, R39 (BÖHLER data sheet I = 100-200 A, U = 20-31 V)

se však nalegoval niklem na více než dvojnásobek v porovnání s čistým svarovým kovem trubičky EAS 2 PW-FD.

Vliv rychlosti svařování a použití spíše nižších parametrů svařování metodou MAG 136 na dosažené výsledky se neprokázal (obr. 8). Nalegování svarového kovu trubičky EAS 2 PW-FD v první vrstvě návaru na niklový návar trubičkou NIBAS 70/20 Mn-FD je hlavní příčinou vzniku trhlin ve svarovém kovu.

Při vysokém obsahu niklu je svarový kov čistě austenitický, bez feritu, s vysokou náchylností na vznik trhlin za tepla. Získané výsledky zhodnocení strukturní stálosti návaru R38 zhotovený metodou 136 jsou srovnatelné s výsledky zhodnocení návaru R31(R34, R35) zhotovený metodou svařování 111 [4, 8].

Měření na vzorku R39 prokázalo, že zhotovený návar I a II ve všech vrstvách se pohybuje v oblasti austeniticko-feritické struktury s feritem v rozmezí od 4 do 8 %. Tím je spolehlivě snížena náchylnost k tvorbě trhlin za tepla. Rovněž se dá říci, že získané výsledky z hodnocení strukturní stálosti návaru R39 zhotovený metodou 136 jsou srovnatelné s výsledky zhodnocení návaru R33 (R36 – s podmínkou) zhotovený metodou svařování 111 [4, 8].

Na základě získaných výsledků a provedené analýzy lze opakovaně konstatovat, že na návar provedený slitinou s vysokým obsahem niklu (NIBAS 70/20 Mn-FD) nelze navařovat austenitický chrom-niklový návar (EAS 2 PW-FD). Z uvedeného příkladu studie návaru R38 lze vysledovat, že strukturní rozhraní mezi návarem I a návarem II je čistě austenitické bez přítomnosti feritu a tím dochází ke zvýšení náchylnosti k tvorbě trhlin za tepla [9].

Návar R39 je z pohledu zhodnocení strukturní stálosti za daných podmínek experimentálního zkoušení vyhovující. Tímto se potvrzuje, že v případech, kdy je to nezbytné k zajištění vysoké korozní odolnosti, se podle amerického standardu AWS A5.9-93 požaduje, aby se používaly svařovací materiály typu E309L (CN 23/12 PW-FD) pro navařování I. návaru a pro II. návar svarového kovu svařovací materiály typu E347Nb (SAS 2 PW-FD). Tato kombinace je univerzální a používá se

jako antikoroziční návar k provedení heterogenních svarových spojů v ruském a americkém jaderném průmyslu [3, 9].

Závěr

Z výše uvedeného teoretického a praktického rozboru problematiky svařování a zkoušení heterogenních svarových spojů vyvstává mnoho problémů, které je nutné definovat a minimalizovat jejich rizika při vlastním provádění svarového spoje. V současné době se touto problematikou rizik heterogenních svarových spojů zabývá projektový tým držitele povolení ve spolupráci s expertními organizacemi. Výstupem se očekává technologická připravenost k zajištění oprav heterogenních svarových spojů.

Dále v rámci ověřování strukturní stálosti heterogenních návarů probíhají v současné době níže specifikované zkoušky:

- Zkoušky odolnosti přechodového návaru proti MKK podle normy GOST 6032, metoda AM.
- Měření chemického složení na rozhraní heterogenního návaru analýzou elektronovým mikroskopem pomocí vhodné mikrosondy kolmo na linii ztavení ZM a návaru.
- Analýza morfologie trhlin skenovacím elektronovým mikroskopem včetně chemické analýzy okolí.
- Metalografické hodnocení a analýza mikrosoudou návaru R40.1A (B, C, D) za účelem ověření kvality (technologičnosti) výrobního návaru.

LITERATURA

- [1] Koukal, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. Materiály a jejich svařitelnost (Učební texty pro kurzy mezinárodních svářečských inženýrů, technologů a pro výuku teorie svařování na vysokých školách). Český svářečský ústav a VŠB-TU Ostrava, Ostrava srpen 2009, 241 s., ISBN 978-80-248-2025-5.
- [2] PILOUS, V., STRÁNSKÝ, K. Strukturní stálost návarů a svarových spojů v energetickém strojírenství, ACADEMIA, Praha 1989.
- [3] Chodakov, V. D., Zubčenko, A. C. Opyt expluatacii u remonta raznovodnykh svarnykh sojedineněj ovorudovania i truboprovodov iz austenitičeskich a perlitičeskich stalej.

In: Voprosy atomovoj nauky itěchniki.2008, OAO OKL Gidropress Moskva. p.103-108, ISBN 978-5-94883-089-6.

- [4] ČEZ, a. s. Studie heterogenních svarových spojů, JE Temelín 2012-2013
- [5] Tediko s.r.o., Metalografické hodnocení heterogenních svarových spojů, Chomutov 2012-2013.
- [6] Materiálové laboratoře Chomutov s.r.o., Stanovení obsahu feritu v austenitických návarech, Chomutov 2013.
- [7] HLAVATÝ, I. Problematika heterogenních svarových spojů na jaderných elektrárnách, In PROMATTEN 2010 (Odborný seminář). 4.-5. 11. 2010, Vidly, 2010, s. 65-71.
- [8] Koukal, J., SCHWARZ, D. Výzkum rizik heterogenních svarových spojů na JE a vývoj kvalifikovaných postupů jejich oprav - průběžná technická zpráva o řešení úkolu za rok 2011. Český svářečský ústav, Ostrava únor 2012.
- [9] BEŇO, M., BEŇO, F., KOUKAL, J. Problematika provozní spolehlivosti heterogenních svarových spojů zařízení jaderné energetiky. In Svařovací den 2012 (Odborný seminář) - Sborník přednášek, 21.-22. 6. 2012, Hněvkovice. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, SOŠ a SOU Hněvkovice, 2012, s. 18-41, ISBN 978-80-248-2745-2.
- [10] BEŇO, M., BEŇO, F., KOUKAL, J. Studium přechodových oblastí heterogenních návarů v jaderné energetice. In Svařovací den 2013 (Odborný seminář) - Sborník přednášek, 6.-7. 6. 2013, Hněvkovice. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště Hněvkovice, 2013, s. 31-48, ISBN 978-80-248-2999-9.

**Ing. Marcel Beňo,
ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín,**

**Ing. František Beňo,
ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Dukovany,**

**prof. Ing. Jaroslav Koukal, CSc.,
Český svářečský ústav s.r.o.,
VŠB – Technická univerzita Ostrava**

STUDY OF TRANSITION AREAS OF HETEROGENIC WELD BEAD IN NUCLEAR ENERGY

When connecting equipment and pipes from varying types of steel by welding, various structures are created of jacketing of surfaces coming into contact with coolant. The properties of heterogenic weld joints may be further influenced by changes of the coefficient of linear expansion and the formation of carburized and decarburized areas. corresponding parts of ferritic-pearlitic and austenitic steels (image 1). Heterogenic weld joints can also be used as anti-corrosion

Изучение переходных областей гетерогенных сварных соединений в атомной энергетике

При соединении оборудования и трубопроводов из различных типов стали во время сварке возникают разные структуры соответствующих поверхностей ферритически-перлитных и аустенитических сталей (рис. 1). Гетерогенные сварные соединения могут так же использоваться в качестве антикоррозионного покрытия поверхности, которая соприкасается с охлаждающей жидкостью. Свойства гетерогенных сварных соединений могут испытывать влияние при изменении коэффициента линейной растяжимости.



**FLASH STEEL
POWER**



TECHNOLOGICKÉ CELKY - HUTNÍ MATERIÁL PRO ENERGETIKU STROJNÍ POLOTOVARY A DÍLY - MATERIÁLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Technologické celky pro energetický a chemický průmysl

Parovody, tlakové nádoby,
výměníky, plynová potrubí,
spalinovody

Hutní materiál pro energetický a chemický průmysl

Ocelové trubky, rovné trasy,
ohyby, armatury, redukce,
T-kusy, příruby, plechy, výpalky,
ploché a kruhové tyče



Flash Steel Power, a.s., Martinovská 3168/48, 723 00 Ostrava, tel.: +420 596 958 542, info@flashsteel.cz, www.flashsteel.cz



PRŮMYSLOVÉ ARMATURY



**Výrobce kvalitních
průmyslových armatur
s tradicí od roku 1953**



www.arako.cz

Vyrábíme průmyslové armatury pro klasickou i jadernou energetiku:

- uzavírací ventily a ventily s regulační kuželkou,
- vysokotlaké uzavírací ventily a ventily s regulační kuželkou (i pro nadkritické parametry),
- rychločinné ventily s pneupohonem,
- solenoidové rozvaděče,
- regulační kohouty,
- zpětné ventily,
- kulové kohouty,
- filtry,
- šoupátka,
- zpětné klapky.



ARAKO spol. s r.o., Hvězdoslavova
2897/18
746 01 Opava, Česká republika
tel.: +420 553 694 111, fax: +420 553 694 777
e-mail: arako@arako.cz, www.arako.cz