

# ORBITÁLNÍ SVAŘOVÁNÍ HETEROGENNÍCH SVAROVÝCH SPOJŮ OCELÍ 12022.1 A 08CH18N10T PŘÍDAVNÝM MATERIÁLEM TYPU SV-07CH25N13

## ORBITAL WELDING OF DISSIMILAR WELD JOINTS OF STEELS 12022.1 AND 08CH18N10T WITH FILLER MATERIAL SV-07CH25N13

Petr Ducháček, Marek Palán a Zdeněk Čančura

ČEZ, a. s., Technika jaderných elektráren, Řízení zvláštních procesů a technické kvality

### Abstrakt

Příspěvek pojednává o výsledcích nedestruktivních kontrol a destruktivních zkoušek provedených v průběhu kvalifikace orbitálního svařování heterogenních svarových spojů zhotovených z ocelí 12022.1 a 08Ch18N10T přídatným materiálem typu Sv-07Ch25N13. V příspěvku je rovněž provedeno srovnání s výsledky především destruktivních zkoušek provedených na obdobných heterogenních svarových spojkách zhotovených ručním způsobem a také na spojkách zhotovených ručním způsobem přídatným materiálem Sv-10Ch16N25AM6. Cílem použití orbitálního svařování je snížení náchylnosti na působení degračních mechanismů za účelem prodloužení životnosti svarových spojů.

### Abstract

The paper provides the results of the non-destructive and destructive exams which were made during the qualifications of orbital welding of dissimilar weld joints in steels 12022.1 ÷ 08Ch18N10T filler material Sv-07Ch25N13. The paper contains also the comparison with the results of mainly destructive exams made on the resembling manually made dissimilar weld joints and the joints which were manually made with the filler material Sv-10Ch16N25AM6. The target of the application the orbital welding method is to decrease the liability to degradation processes with the aim of extend the lifespan of weld joints.

### Úvod

Heterogenní svarové spoje (HSS) u energetických zařízení bývají nejsledovanějšími místy a často jsou zařazeny mezi rizikové svarové spoje. U jaderných elektráren patří mezi sledované tzv. přípojovací heterogenní svarové spoje jednotlivých komponent. Těmito komponentami jsou například parogenerátory a jejich přírodní a odvodní potrubní trasy.

V předchozích příspěvcích [1] jsme se věnovali HSS typu s provedením N a NK ocelí feriticko-perlitické báze (22K) a austenitické fáze (08Ch18N10T), u kterých byl použit přídatný materiál Sv-10Ch16N25AM6. Řada expertních analýz ukázala slabá místa těchto spojů, kde byl použitý přídatný materiál příčinou vzniku řady heterogenit (kompoziční, fázové, kontinuální povahy), jejichž přítomnost vyústila v etapovitý postup trhliny podél hranice ztavení svarovým kovem. Při splnění podmínek korozního a napětově/deformačního zatěžování lze označit tento mechanismus jako korozní praskání pod napětím (SCC) s časově i funkčně etapovitým průběhem [2].

Za účelem prodloužení životnosti HSS tohoto typu jsou aplikována jednotlivá nápravná opatření. Tento příspěvek uvádí některá z nich.

### Heterogenní svarový spoj 12022.1/22K – 08Ch18N10T

Jakostní uhlíková ocel vyráběná pod ruským (GOST) označením 22K a jakostní uhlíková ocel vyráběná pod českým (ČSN) označením 12022.1 jsou feriticko-perlitické oceli. Ocel 22K je používána k výrobě hlavních částí tlakových nádob parogenerátorů a kompenzátorů objemu. Ocel 12022.1 je nejčastěji využívána pro potrubní trasy.

Korozivzdorná ocel vyráběná pod ruským (GOST) označením 08Ch18N10T je austenitická, titanem stabilizovaná, chromniklová ocel. Z této oceli jsou vyráběny teplosměnné trubky, část potrubí rozvodu napájecí vody parogenerátorů a potrubí.

Spojení těchto dvou rozdílných ocelí může být realizováno přechodovým přídavným materiálem Sv-10Ch16N25AM6 nebo Sv-07Ch25N13. Porovnání předepsaného rozsahu chemického složení ocelí a přídavných materiálů je uvedeno v tabulce 1.

Poškozené HSS s přídavným materiálem Sv-10Ch16N25AM6 byly v rámci experimentálního programu podrobeny analýzám, ze kterých vzešly doporučení [1]. Na základě těchto doporučení a také zahraničních zkušeností došlo ke kvalifikování postupů svařování s přídavným materiálem Sv-07Ch25N13, který eliminuje segregací oslabení hranic zrn svarového kovu. Pozitivní vliv  $\delta$ -feritu, do 8 %, je popsán v řadě publikací.

Přechodem na tento typ přídavného materiálu a následným využitím orbitálního svařování, u kterého lze sledovat a dokladovat parametry vstupující do zvláštního procesu svařování, lze dosáhnout vysoké kvality HSS. Na obr. 1 jsou uvedeny technologické přístupy spolu s makrostrukturami HSS s přídavným materiálem Sv-07Ch25N13 pro ruční nebo orbitální svařování metodou 141 dle ISO 4063 (TIG).

V oblasti linie ztavení (LZ) svarového kovu a základního materiálu feriticko-perlitické báze vznikají oblasti s velkým koncentračním spádem hlavních legujících prvků. Velikost této oblasti závisí na volbě přídavného materiálu, metodě a parametrech svařování. Šířka oblasti koncentračního spadu hlavních legujících prvků v blízkosti LZ se pohybuje od 5 do 250  $\mu\text{m}$ . Při nevhodných parametrech svařování a nedodržení technologických postupů často vznikají oblasti s vysokými hodnotami tvrdosti, také v blízkosti LZ. Za kvalitativně nepřijatelné považujeme tvrdost přesahující 380 HV ve svarovém spoji. U homogenních svarových spojů vystačíme s klasickou tvrdostí, nejčastěji se využívá HV10. U HSS, vzhledem k šířce rizikových oblastí, je klasická tvrdost nedostačující a využívá se mikrotvrdost, která lépe zmapuje tyto oblasti. Na obr. 2 je průběh mikrotvrdosti HV0,1 ze svarového kovu přes LZ do tepelně ovlivněné oblasti základního materiálu 22K u porušeného HSS. Pro porovnání viz obr. 3 je výsledek zkoušky mikrotvrdosti HV0,1 pro KSS – HSS zhotovený orbitálním svařováním.

## Závěr

Znalost a porozumění degračním mechanismům materiálů a jejich svarových spojů je důležitá pro rozvoj metod hodnocení zbytkové životnosti těchto technologických celků.

Poslední zkušenosti, spolu s výsledky expertních analýz poškozených HSS, vedly k řadě nápravných opatření, které mají za cíl prodloužit životnost těchto spojů. V rámci těchto opatření došlo ke kvalifikaci postupu svařování s přídavným materiálem Sv-07Ch25N13 a také zavedení orbitálního svařování za účelem vyšší a opakovatelné kvality.

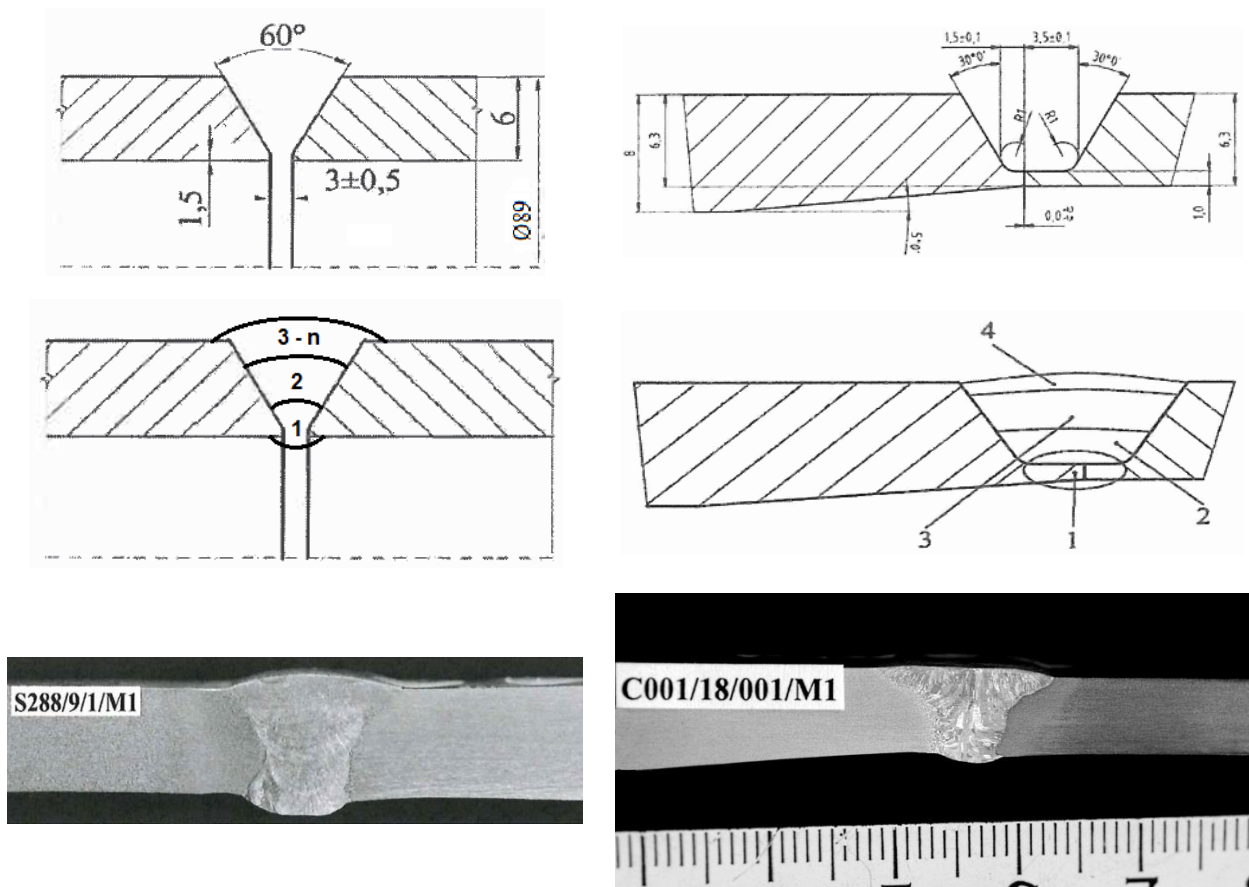
V další etapě se zaměřujeme na ochranu kořenové oblasti před provozním médiem.

## Literatura

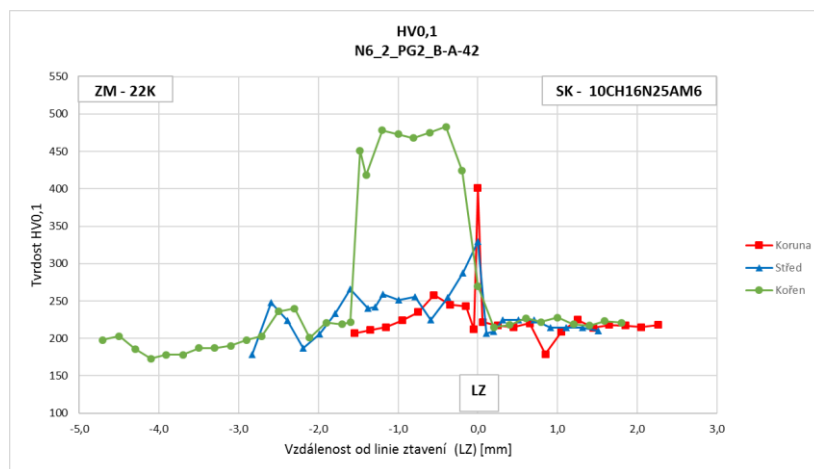
- [1] Ducháček, P., Palán, M., Čančura, Z. (2017): *Heterogenní svarové spoje parních generátorů JE typu VVER 1000 MW zhotovené přídavným svařovacím materiálem typu Sv-10Ch16N25AM6*. Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-0741-5
- [2] Junek, L. a kol. (2017): *Závěrečná zpráva k Experimentálnímu programu na vybraných heterogenních svarových spojích z nátrubků N5 a N6 parogenerátorů na 2. HVB ETE*. Zpráva ÚAM Brno, číslo zprávy ZP6062.docx.
- [3] VÍTKOVICE (1982): *Specifikace materiálu parogenerátoru PGV 1000M, SM1000/80*.
- [4] ČNI (2008): *norma ČSN 41 2022, 1989*.
- [5] (2017): *Protokol kontrolního svarového spoje KSS-2017/EGS/9, interní dokumentace*.

[6] (2018): *Protokol kontrolního svarového spoje KSS-2018-CEZ-03A*, interní dokumentace.

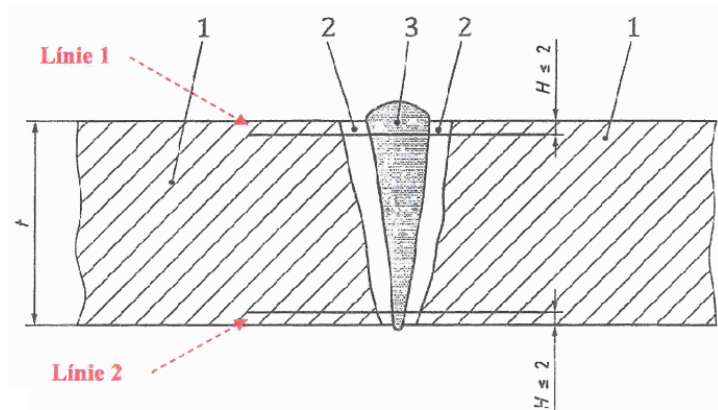
[7] Janovec, J., Junek, M., Horváth, J. (2017): *Analyza heterogenních svarových spojů nátrubků N5.2, N6.1 a N6.2 parogenerátorů 2. HVB ETE*. PowerPoint prezentace v JE Temelín, budova AB - 7. 4. 2017.



Obr. 1: Porovnání technologických přístupů u HSS zhotovených ručním svařováním metodou 141 (vlevo) a orbitálním (plně mechanizovaným) svařováním metodou 141 (vpravo). Jedná se o kontrolní svarové spoje (KSS) mezi základními materiály feriticko-perlitické báze a austenitické fáze s přídavným materiálem Sv-07Ch25N13, převzato z [5, 6].



Obr. 2: Porušený HSS zhotovený montážně s přídavným materiálem Sv-10Ch16N25AM6 [7]



Vzorek C001/18/001/M1

HV0,1														
08Ch18N10T				TOO		Sv-07Ch25N13				TOO		12022.1		
Línie 1														
179	180	183	173	169	164	169	162	173	167	168	166	150	144	146
				164						166				
				160						163				
Línie 2														
179	177	179	182	175	174	221	282	291	177	173	175	153	151	152
				176						174				
				173						175				

Obr. 3: Výsledek zkoušky mikrotvrlosti HV0,1 v rámci kvalifikace (KSS) HSS s přidavným materiálem Sv-07Ch25N13 pro orbitální svařování metodou 141 [6]

Tabulka 1: Předepsané chemické složení ocelí a přidavných materiálů v hm. % [3, 4]

Specifikace materiálu pearogenerátoru SM1000/80	Prvek												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Cu	V	Co
<b>Ocel 22K</b>	0,19 - 0,26	0,20 - 0,45	0,75 - 1,05	max. 0,030	max. 0,030	max. 0,30	0,30 - 0,50	0,10 - 0,15	max. 0,050	-	max. 0,30	0,020 - 0,050	-
<b>Ocel 12022.1</b> (dle ČSN 41 2022)	0,15 - 0,22	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	max. 0,040	max. 0,040	max. 0,25	max. 0,25	-	-	-	max. 0,25	-	-
<b>Svarový kov Sv-10Ch16N25AM6</b>	0,05 - 0,12	max. 0,70	0,80 - 2,00	max. 0,030	max. 0,020	14,50 - 17,00	23,00 - 27,00	5,00 - 7,50	-	-	-	-	-
<b>Svarový kov Sv-07Ch25N13</b>	max. 0,10	max. 1,00	0,80 - 2,00	max. 0,03	max. 0,02	22,00 - 26,50	11,50 - 14,00	-	-	-	-	-	-
<b>Ocel 08Ch18N10T</b>	max. 0,08	max. 0,80	max. 2,00	max. 0,035	max. 0,020	17,00 - 19,00	9,00 - 11,00	-	5xC max. 0,70	-	max. 0,30	-	max. 0,05

- Svarový kov Sv-07Ch25N13 má předepsaný obsah  $\delta$ -feritu 2÷8 %.
- Svarový kov Sv-07Ch25N13 dle požadavku má zpřísněné koncentrace prvků **P** a **S** – max. 0,025 % P a max. 0,018 % S.