

# OPRAVA HETEROGENNÍHO SVAROVÉHO SPOJE PARNÍHO GENERÁTORU Č. 25 NA JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ DUKOVANY TECHNOLOGIÍ WELD OVERLAY

## REPAIR OF DISSIMILAR METAL WELD JOINT OF STEAM GENERATOR N° 25 AT THE NUCLEAR POWER PLANT WITH WELD OVERLAY TECHNOLOGY

Marek Palán, Petr Ducháček a Zdeněk Čančura

ČEZ, a. s., Technika jaderných elektráren

### Abstrakt

Příspěvek popisuje volbu způsobu, kvalifikaci a provedení opravy heterogenního svarového spoje nátrubku superhavarijního napájení parního generátoru č. 25 jaderné elektrárny Dukovany (typ VVER 440 MW). Jedná se o opravu svarového spoje ocelí 22K a 08Ch18N10T, který je zhotoven s přechodovým návarem přídavným materiálem Sv-10Ch16N25AM6, resp. EA395/9. Dlouhodobým provozem a působením degradačních mechanismů dochází k iniciaci trhlin mezi přechodovým návarem a základním materiálem 22K. Zvoleným způsobem bylo provedení opravy progresivní technologií Weld Overlay. Principem této technologie je provedení návaru na opravovaný svarový spoj, jehož účelem je vytvořením tlakového napětí na čele trhliny a tím zamezení jejímu dalšímu šíření.

### Abstract

The paper describes the way of choosing the method, qualification process and implementation of the repair of the dissimilar metal weld. Weld is on the superemergency feed water system of the steam generator No° 25 at the NPP Dukovany (type VVER 440 MW). This is a repair of weld from base material 22K and 08Ch18N10T, which is made with interface from filler material Sv-10Ch16N25AM6 resp. EA395/9. Long-term operation and the effects of degradation mechanisms initiate cracks between interface from filler material Sv-10Ch16N25AM6 resp. EA395/9 and base material 22K. For repair was chosen progressive technology Weld Overlay. The principle of this technology is the Weld Overlay, which is designed to create a pressure stress on the top of the crack and thereby prevent it from further propagation of crack.

### Úvod

Řada konstrukčních řešení energetických komponent, jako jsou například parní generátory, vytváří heterogenní svarové spoje z důvodů spojování rozdílných materiálů. Za provozu může docházet vlivem působení degradačních mechanismů mezi ocelmi 22K a 08Ch18N10T. K porušení – iniciaci a rozvoji trhlin – dochází v oblasti přechodového návaru na oceli 22K. Přechodový návar je proveden buď metodou 141 dle ISO 4063, nebo metodou 111. V případě metody 141 se jedná o přídavný materiál Sv-10Ch16N25AM6, u metody 111 jsou použity elektrody typu EA395/9 (u obou typů přídavných materiálů je stejné chemické složení a materiálové vlastnosti). Mechanismus porušování tohoto typu heterogenního svarového spoje je podrobněji popsán v [1].

### Konstrukční uspořádání a volba technologie opravy

Na obr. 1 je schematicky znázorněno konstrukční uspořádání nátrubku superhavarijního napájení parního generátoru s vyznačeným kontrolním místem 4.071, kterým je dotčený svarový spoj. Nátrubek má v oblasti svarového spoje průměr 140 mm a tloušťku stěny 14,5 mm. [2]

Na základě výsledků pravidelných provozních kontrol, které jsou v tomto případě prováděny ultrazvukem, technikou Phased Array, bylo rozhodnuto o vyvinutí a kvalifikaci technologie pro provedení trvalé opravy těchto svarových spojů.

Dosud byly opravy prováděny ručním způsobem jako dočasná oprava. Jednalo se o lokální opravu v rámci které došlo pouze ke zmenšení velikosti trhliny na přípustnou velikost, která byla stanovena výpočtem.

S ohledem na provedení nátrubku bylo možno realizovat pouze dvě varianty opravy. První variantou bylo nasazení technologie Weld Overlay, která je určená pro opravy takto poškozených svarových spojů. Druhou možností bylo provedení komplexní rekonstrukce nátrubku superhavarijního napájení parního generátoru.

Při volbě technologie opravy byly stanoveny hlavní cíle, kterých mělo být novou technologií dosaženo:

- trvalý způsob provedení opravy,
- zvýšení technické kvality provedení opravy,
- použitím plně mechanizovaného navařování eliminace lidského faktoru v procesu opravy,
- ochrana parních generátorů před čerpáním jejich životnosti způsobeným komplexní rekonstrukcí,
- snížení tahových napětí ve svarovém spoji,
- vytvoření tlakových napětí na čele trhliny a v kořeni svarového spoje,
- použití návaru jako preventivní opatření pro veškeré nátrubky.

Po provedení analýzy rizik obou u variant a celkovém vyhodnocení z bezpečnostního a technického hlediska bylo rozhodnuto o způsobu provedení trvalé opravy technologií Weld Overlay, která výše uvedené cíle zcela splňuje.

### **Technologie Weld Overlay a provedení opravy**

Princip technologie Weld Overlay spočívá v navaření svarového kovu na vnější povrch v oblasti opravovaného svarového spoje, jak je vidět na obr. 2. Navařením návarového kovu dojde vlivem efektu smrštění vycházejícímu z oblasti návaru k redistribuci napětí v opravovaném svarovém spoji a v oblasti čela trhliny vznikne tlakové napětí. Zároveň dochází k vytvoření tlakového napětí, případně mírně tahového, v oblasti kořene svaru. Tímto způsobem je zamezeno dalšímu šíření trhliny v opravovaném svarovém spoji. Pro navaření musí být použit přídatný materiál, který dosahuje dostatečných hodnot smrštění po navaření. Pro materiálovou kombinaci dotčeného heterogenního svarového spoje byl vyhodnocen jako nejvhodnější přídatný materiál typu Sv-07Ch25N13.

Technologii Weld Overlay lze využít nejen jako korektivní způsob údržby, ale taktéž jako preventivní způsob. V prvním případě je zhotoven návar, který má za úkol přenést navrhované zatížení bez uvažování tloušťky stěny potrubí. Jedná se o tzv. FSWOL – úplný konstrukční návar. Další možností je tzv. OWOL – optimalizovaný konstrukční návar. V tomto případě je uvažováno s 25 % tloušťky stěny potrubí. FSWOL i OWOL může být použit buď jako korek-

tivní nebo jako preventivní opatření. Bližší požadavky na volbu a návrh geometrie návaru jsou uvedeny v NTD A.S.I. Sekce Zvláštní případy, Příklad 01 a 02/2014 z roku 2017.

Pro opravu dotčeného svarového spoje byl vzhledem k charakteru poškození svarového spoje zvolen FSWOL, tedy varianta, která v plné míře plní funkci nosného průřezu. Geometrie návaru vychází z výpočtového návrhu, které zohledňuje velikost trhliny a zajištění proveditelnosti všech nedestruktivních kontrol, především ultrazvukové kontroly technikou Phased Array. Jeden z původních návrhů geometrie návaru je uveden na obr. 3. Součástí výpočtového posouzení je i výpočet zbytkového napětí po navařování, kde výpočtový model vychází ze skutečných hodnot získaných v průběhu navařování.

V souvislosti se zavedením technologie Weld Overlay na jaderných elektrárnách v České republice byly vypracovány legislativní dokumenty pro aplikaci technologie. Tyto dokumenty byly vypracovány v rámci NTD A.S.I. Sekce Zvláštní případy. Na základě získaných zkušeností byly v roce 2017 tyto dokumenty revidovány a byl vypracován nový Příklad 01/2017 pro provádění ultrazvukových kontrol [3].

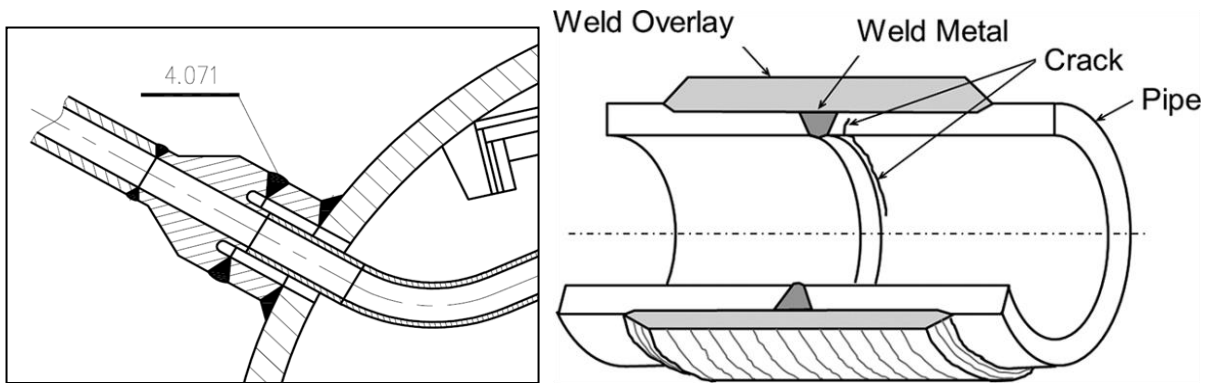
Na obr. 4 a obr. 5 jsou uvedeny fotografie z opravy provedené na parním generátoru (PG) č. 5 na 2. reaktorovém bloku jaderné elektrárny Dukovany.

## Závěr

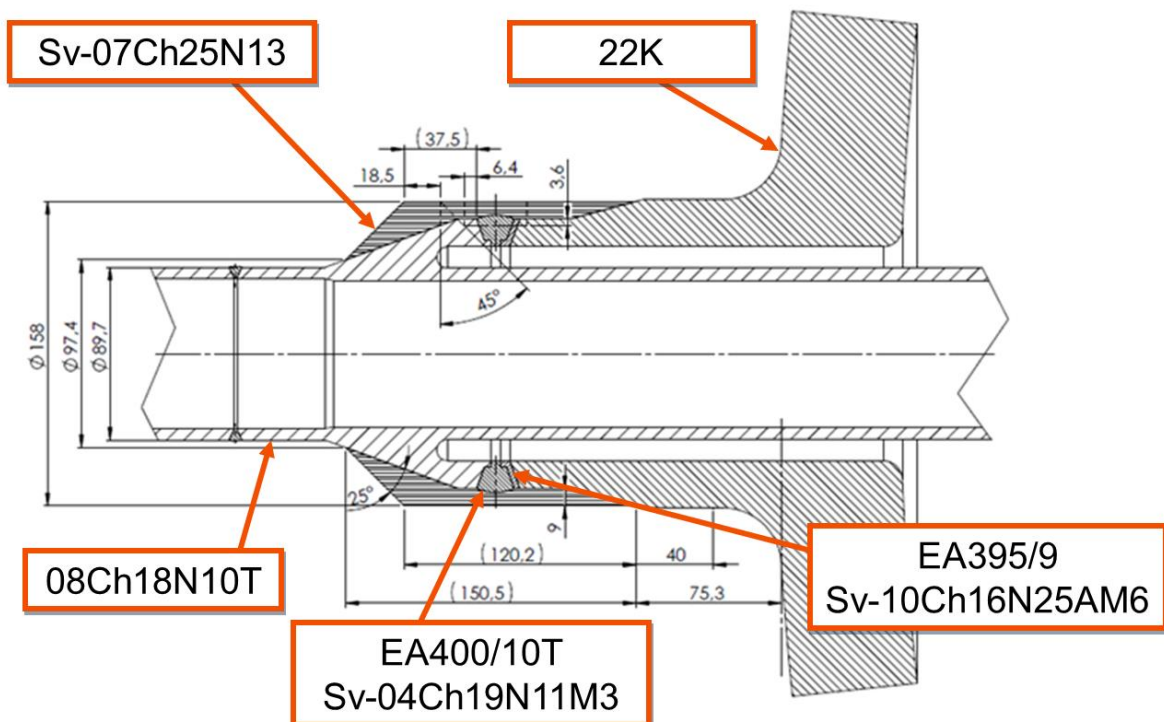
První oprava heterogenního svarového spoje technologií Weld Overlay na jaderných elektrárnách v České republice byla úspěšně provedena v březnu 2018. Konkrétně se jednalo o parní generátor č. 5 na 2. reaktorovém bloku elektrárny Dukovany. Této aplikaci předcházela náročná, bezmála roční, příprava a kvalifikace. Během tohoto období byl zajištěn vývoj a výroba zařízení pro navařování, přídavný materiál, kvalifikace postupu svařování, kvalifikace ultrazvukových kontrol, kvalifikace personálu pro oblast svařování a nedestruktivních kontrol, V současnosti jsou úspěšně dokončeny čtyři opravy technologií Weld Overlay a na zbývajících dvaceti parních generátorech budou opravy provedeny v následujících letech. Do budoucna je předpokládáno nasazení této technologie i na jiné svarové spoje, jejichž oprava je konvenčními způsoby obtížná.

## Literatura

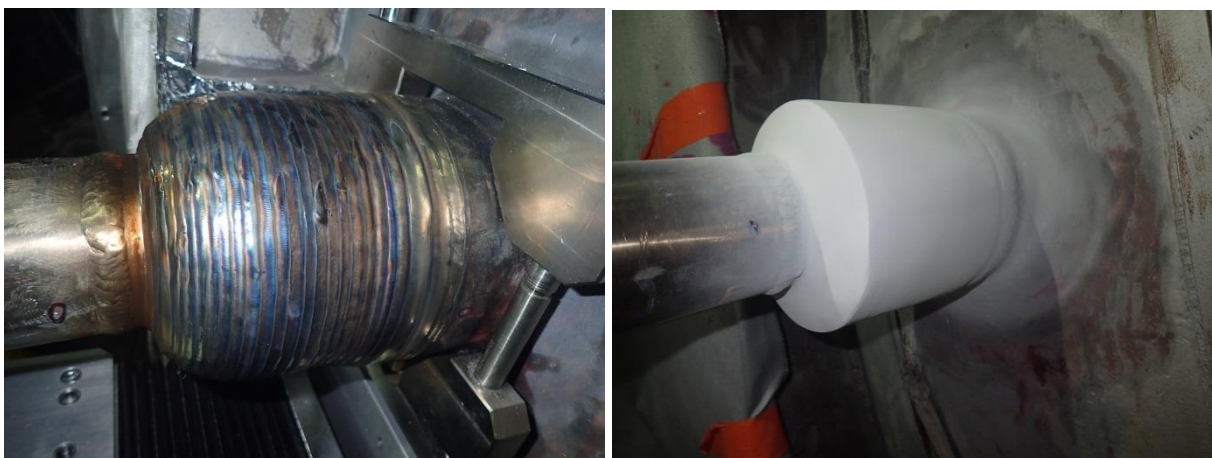
- [1] Ducháček, P., Palán, M., Čančura, Z. (2017): *Heterogenní svarové spoje parních generátorů JE typu VVER 1000 MW zhotovené přídavným svařovacím materiálem typu Sv-10Ch16N25AM6*. Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017, str. 63-66. ISBN 978-80-261-0741-5
- [2] Palán, M., Hajdík, J. (2018): *Aplikace metody WOL na HSS nátrubku SHN PG JE Dukovany*. In: Svařovací den 2018 (odborný seminář). Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, str. 69-107. ISBN 978-80-248-4179-3
- [3] Palán, M., Mlynář, P. (2018): *Aplikace Weld Overlay jako progresivní technologie pro opravy heterogenních svarových spojů nátrubků superhavarijního napájení parních generátorů JE typu VVER 440 MW*. Zborník prednášok z konferencie Kvalita vo váraní 2018. Bratislava: Výzkumný ústav zvaračský – Priemyselny inštitut SR, 2018, str. 85-91. ISBN 978-80-88734-81-9



Obr. 1 a obr. 2: Nátrubek superhavarijného napájení PG s heterogenním svarovým spojem (kontrolní místo 4.071) a princip technologie Weld Overlay (vpravo)



Obr. 3: Návrh geometrie návaru Weld Overlay na nátrubku superhavarijného napájení PG



Obr. 4 a obr. 5: Dokončené navařování 8. vrstvy návaru (vlevo) a provedení kapilární kontroly na opracovaném návaru (vpravo)