

VaV PROJEKTY CVŘ PRO OBLASTI NEDESTRUKTIVNÍCH METOD A POVRCHOVÝCH ÚPRAV

R & D PROJECTS FOR NON-DESTRUCTIVE METHODS AND SURFACE TREATMENT

Jaroslav Brom, Pavel Mareš, Jana Veselá, Jan Patera a Michal Chocholoušek

Centrum výzkumu Řež s.r.o. (CVŘ)

Abstrakt

V článku jsou uvedeny informace o výsledcích VaV projektů CVŘ řešených v rámci projektu Národní centrum pro energetiku, dílčího projektu DP6 „Vývoj diagnostických metod pro charakterizaci klíčových komponent energetických celků“, pracovního balíčku PB1.14 „Perspektivní diagnostické metody“, a dílčího projektu DP7 „Materiály a materiálové technologie pro moderní energetické aplikace“, pracovního balíčku PB1.15 „Povrchové úpravy komponent v JE a KE“. Jsou uvedeny hlavní výstupy projektů a navazující činnosti pro pokračování NCK v roce 2021.

Abstract

The article presents information on R&D projects of the Research Centre Rez developed within the project of National Centre for Energy, sub-project DP6 “Development of diagnostic methods for characterization of own energy components”, working package PB1.14 “Perspective diagnostic methods”, and sub-project DP7 “Materials and material technologies for modern energy applications”, work package PB1.15 “Surface treatment of components in NPP and FPP”. The main outputs of projects and follow-up activities for the continuation of the NCK in 2021 are presented.

1. PB1.14 „Perspektivní diagnostické metody“

Hlavním řešitelem pracovního balíčku PB1.14 je CVŘ.

1.1 Cíle a přínosy PB1.14

Cílem VaV (výzkum a vývoj) v rámci tohoto pracovního balíčku je:

1. Výzkum a vývoj metodiky pro validované použití softwaru CIVA na simulování trhlin v materiálech z feritické a austenitické oceli. Přínos: V možnosti používání softwaru CIVA ověřeným postupem ke zpřesnění stanovení rozměrů trhlin ve svarových spojích při reálných měřeních, při kvalifikování inspekčních postupů a pro trénink defektoskopických pracovníků.
2. Výzkum a vývoj použití vysokoteplotního ultrazvukového zkoušení technikou Phased Array (HT PAUT) za provozních teplot do 350 °C. Přínos: V detekování a měření velikosti trhlin pomocí HT PAUT za zvýšených teplot. To umožňuje např. zkrácení délky odstavek při realizaci zkoušení za zvýšených teplot při odstavení bloku nebo k možnosti monitorování stavu trhlin za provozu.
3. Výzkum a vývoj nelineární spektroskopie akustických vln (NEWS) a magnetické paměti materiálu (MMM) pro zkoušení materiálů z feritické a austenitické oceli. Přínos: V detekování indikací typu trhliny pomocí metody NEWS umožní v době odstavek zmonitorování velkého rozsahu potrubního systému nacházejícího se na komponentě mezi ultrazvukovými snímači. Následné nasazení metody MMM umožní vytipování problémových míst před provedením jejich kontrol objemovými nedestruktivními metodami.
4. Výzkum a vývoj v oblasti použití Smart sensorů v energetice. Přínos: Ve stanovení požadavků na Smart sensory a vyhodnocovací aparatury pro jednotlivé aplikace (jako

např. měření vibrací, tepelné účinnosti, tloušťek apod.) a jednotlivé typy strojních zařízení (jako jsou např. rotační stroje, výměníky, potrubí apod.) a v možnosti použití bezdrátové diagnostiky komponent.

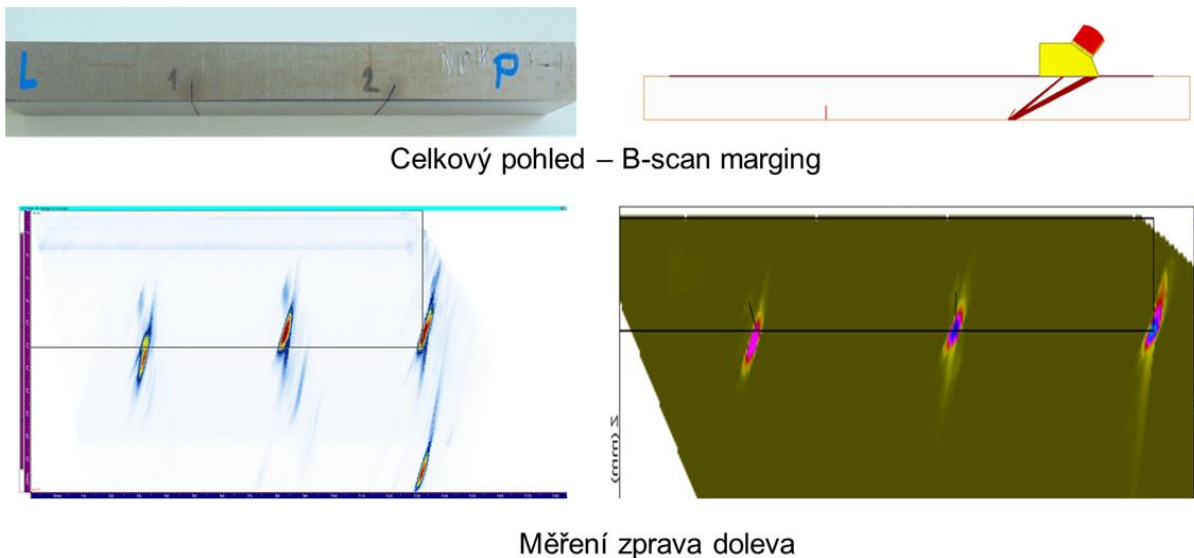
1.2 Výstupy PB1.14

Výstupy PB 1.14 jsou ověřené technologie softwaru CIVA, HTPAUT, NEWS, MMM, dále užitečný vzor zkušebních těles pro nedestruktivní zkoušení s přesnými tvary trhlin a výzkumná zpráva pro Smart sensory.

Následují hlavní výstupy z projektu platné k vývoji dokončenému do 07/2020.

1.2.1 Hlavní výstupy pro validaci softwaru CIVA

- Zkušební tělesa s vadami vyrobenými pomocí drátořezu jsou vhodná pro ověřování shody výsledků z měření a simulací z důvodu znalosti geometrie vady.
- Je shoda mezi zobrazeními, která jsou získána od vady při simulaci i měření.
- Trendy v intenzitě odezev jsou při simulaci i měření obdobné. Výsledky jsou velmi citlivé na určení polohy sondy.
- Při vyhodnocení s krokem po 1 mm (stanovení komplexního trendu intenzity odezvy v závislosti na vzdálenosti od počátku měření) – byla většinou dosažena shoda, v případě zjištění odchylek je potřebná jejich analýza a posouzení. Závěry budou shrnuty do závěrečné zprávy.



Obr. 1: Příklad dosažených výsledků na tělese z materiálu 12022.1 o výšce 12 mm

1.2.2 Hlavní výstupy pro HTPAUT

- Je zvládnuta technologie měření HTPAUT do 350 °C – viz obr. 2.
- Je shoda mezi rozměry vyjiskřených vad změřených při pokojové teplotě a teplotách do 350 °C.



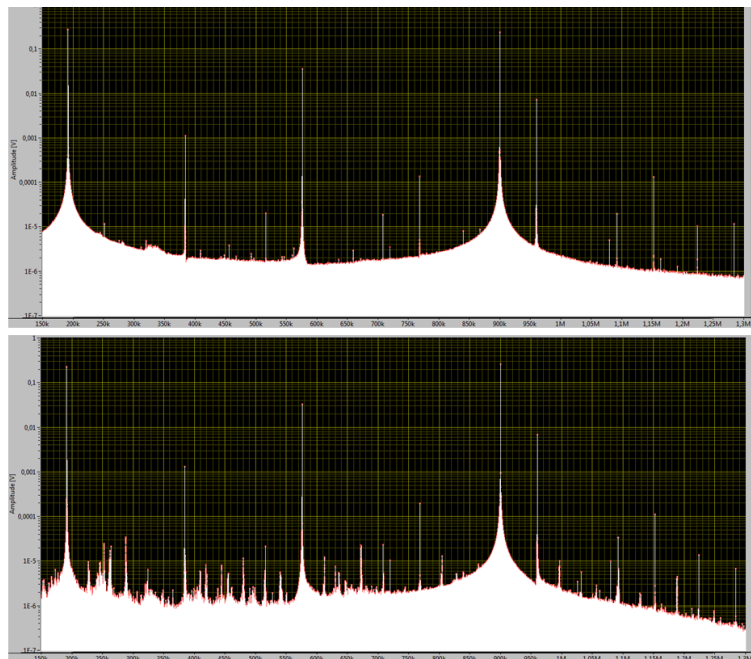
Obr. 2: Zařízení pro vysokoteplotní PAUT s vysokoteplotním manipulátorem

1.2.3 Hlavní výstupy pro NEWS

- Je ověřena metoda NEWS na detekci trhlin na půltrubkových těleších s trhlínami vyrobenými vysokocyklickou únavou (viz příklad na obr. 3) a na trubkovém tělese s reálnou trhlínou.

Horní obrázek před cyklováním
Dolní obrázek /po cyklování

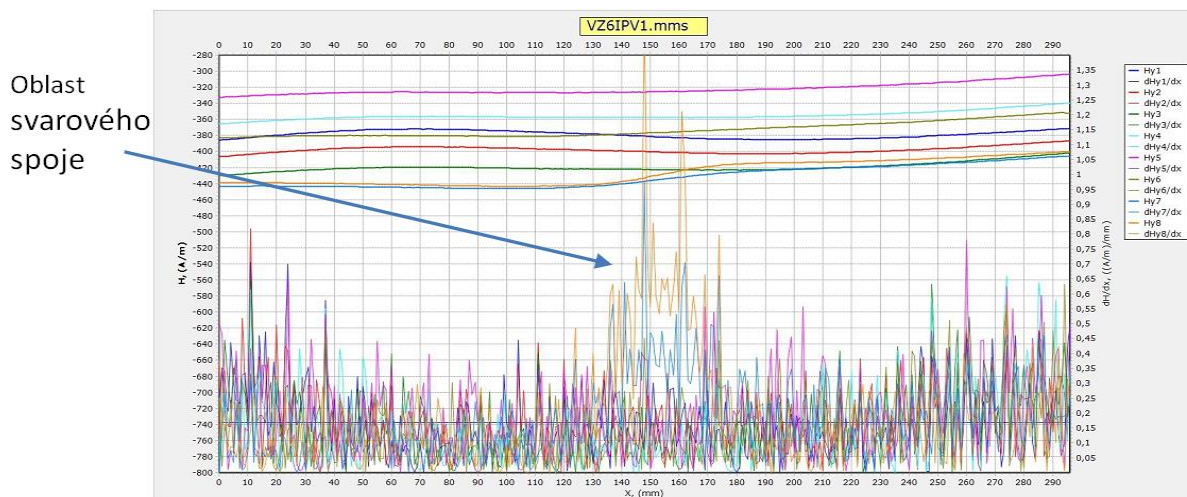
- [Dvojitá neprůchozí trhlina](#)



Obr. 3: Výsledky z měření metodou NEWS tělesa z austenitické oceli

1.2.4 Hlavní výstupy pro MMM

- Je ověřena metoda MMM na detekci svarů na trubkových těleších přes izolaci a detekci trhlin ve svarech – viz příklad v obr. 4.



Obr. 4: Příklad podélného magnetogramu skenovaného přes tepelnou izolaci tloušťky 90 mm v hliníkovém obalu

1.2.5 Hlavní výstupy k Smart sensorům

- Je ověřena bezdrátová technologie s protokolem WirelessHart v technologii elektrárny. Ověření proběhlo na elektrárně Tušimice.

2. PB1.15 „Povrchové úpravy komponent v JE a KE“

Hlavním řešitelem PB1.15 je Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o., CVŘ řeší dílčí činnosti. Níže jsou diskutovány činnosti CVŘ.

2.1 Cíle a přínosy PB1.15

Cílem pracovního balíčku je vývoj a testování povrchových úprav kritických komponent elektráren (jaderných, klasických, vodních), nanášených pomocí technologií žárového nástřiku. CVŘ se podílí na vývoji zejména pro technologii Cold Spray za použití prášku NiCr a to v oblastech:

- nedestruktivního zkoušení (měření tloušťky nástřiku a měření přilnutí nástřiku k substrátu, detekce a stanovení rozměrů defektů pro vnitřní a vnější nástřik na potrubí),
- vývoje metodiky hodnocení mechanických vlastností materiálu s nástřikem Cold Spray ze vzorků z trubkových polotovarů v porovnání se vzorky zhotovenými dle vybraných norem,
- zjištění mechanických vlastností a metalografie pro substrát z materiálu 22K a 08CH18N10T a povlak zhotovený technologií Cold Spray,
- programu zjištění „zatékavosti“ povlaku zhotoveného technologií Cold Spray.

Přínosem dílčího projektu bude, kromě samotného návrhu oprav konkrétních aplikací, i prohloubení porozumění spoluřešitelů a komerčního partnera v oblasti technologií žárových a studených nástřiků, které může být uplatněno i v jiných než v projektu navrhovaných aplikacích.

2.2 Výstupy CVŘ pro PB1.15

Výstupy CVŘ pro pracovní balíček PB1.15 jsou dvě metodiky (metodika NDT zkoušení konkrétních nástřiků Cold Spray; metodika hodnocení mechanických vlastností materiálu ze vzorků z trubkových polotovarů) a výzkumná zpráva obsahující hodnocení mikrostruktury, základních a funkčních vlastností zvolených povlaků.

2.2.1 Hlavní výstupy k NDT metodice

Metodika NDT zkoušení je realizována pro zkušební těleso s heterogenním svarovým spojem (nátrubek N5 PG JE Temelín o rozměrech 108x4 mm x mm) s ochranným nástřikem Cold Spray z vnitřní strany svarového spoje – viz obr. 5. V době psaní tohoto článku je zpracován návrh metodiky.



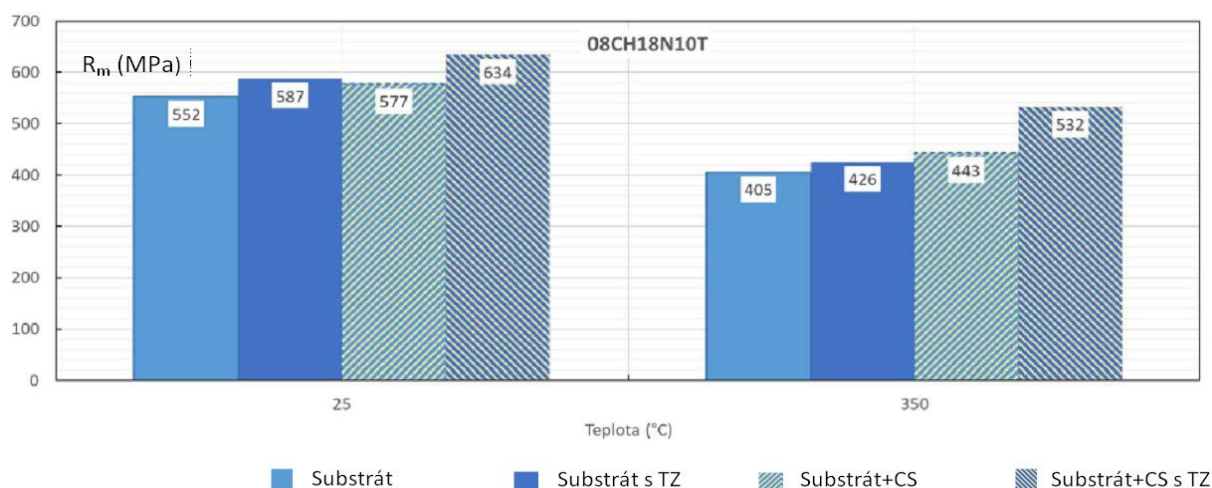
Obr. 5: Zkušební těleso s heterogenním svarovým spojem s vnitřním nástřikem Cold Spray a s EDM vruby o délce 10 mm a hloubce 1 resp. 2 mm v materiálu nástřiku

2.2.2 Hlavní výstupy k metodice hodnocení mechanických vlastností materiálu

V době psaní tohoto článku byly realizovány experimentální práce pro vývoj této metodiky. Probíhá zpracování výsledků.

2.2.3 Hlavní výstupy k hodnocení mikrostruktury, základních a funkčních vlastností zvolených povlaků

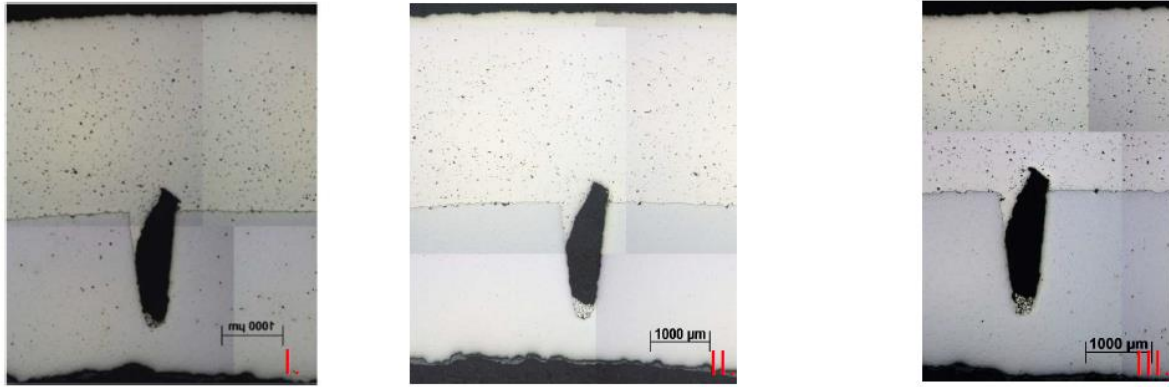
Teplné zpracování při teplotě 640 °C mírně zvyšuje tažnost a má vliv na zvýšení pevnosti nástřiku – viz obr. 6.



Obr. 6: Srovnání mezi pevnosti pro substrát a dvojici substrát/povlak Cold Spray bez a s teplem zpracováním (TZ) provedených na tělesech o stejném průměru při teplotách 25 °C a 350 °C

Korozní potenciál povlaků je vyšší než potenciál podkladového materiálu 22K, z tohoto důvodu je vhodné ověřit možnost vzniku galvanické koroze.

V případě, že v průběhu nanášení je měněn náklon trysek, lze zajistit rovnoměrné překrytí vrubů, kruhových otvorů nástřikem Cold Spray – viz obr. 7.



Obr. 7: Metalografické analýzy pro hodnocení „zatékavosti“ nástřiku v místě vrubu (vrstva nad vruby byla souvisle vyplněna, v místě vrubů nedošlo k jejich vyplnění)

3. Navazující vývojové činnosti pro pokračování NCK v roce 2021

V tabulce 1 jsou uvedeny návrhy vývojových činností CVŘ pro rok 2021.

Tab. 1: Seznam návrhů vývojových činností CVŘ pro NCK prodloužení pro rok 2021

P.č.	Vývojová činnost
I	Ověření použitelnosti ZT vyrobených drátořezem pro NDT kvalifikace a simulaci v SW CIVA pro odrazovou techniku UT
II	Zjištění vlastností ultrazvukového signálu pro materiál 11 373 a 11375 do teplot 250°C
III	Ověření metody NEWS na zkušebních tělesech z celé trubky a v reálné technologii JE
IV	Materiálové zkoušky pro stanovení přípustné a kritické velikosti defektu v homogenních svarových spojích (svarovém kovu a tepelně ovlivněné oblasti) lité martenzitické oceli COR 13/4 používaných při opravách oběžných kol a lopat vodních turbín.
V	Ověřování měření napětí ve svornících přírubových spojů metodou MMM
VI	Sledování korozivních analytů v energetických okruzích včetně vývoje a měření korozních produktů při nevykonových stavech
VII	Vývoj metodiky měření tloušťky žárových nástřiků zhotovených metodou TWAS a použitých v kotlích ČEZ KE
VIII	Ověření materiálových a ultrazvukových vlastností materiálu vnějších a vnitřních povlaků Cold Spray z prášku Ni a vnitřních povlaků Cold Spray z prášků NiCr o dvou velikostech částic

Závěr

Výše uvedené VaV aktivity byly zahájeny v 04/2019, konec projektu je plánován na 12/2020. Již dnes můžeme konstatovat, že existují využití výstupů projektu v reálných podmínkách JE a KE.

Předložená práce vznikla díky projektu podporovaného Technologickou agenturou České republiky č. TN01000007 v rámci programu Národní centra kompetence – 1. VS.