

VaV PROJEKTY CVŘ PRO OBLASTI NEDESTRUKTIVNÍCH METOD A POVRCHOVÝCH ÚPRAV V ROCE 2021

R&D PROJECTS OF THE CVŘ FOR NON – DESTRUCTIVE METHODS AND SURFACE TREATMENTS IN 2021

Jaroslav Brom, Jana Veselá, Jan Patera, Petr Vlček, Pavel Kůs, Josef Strejcius a Michal Chocholoušek

Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Abstrakt

V článku jsou uvedeny informace o výsledcích VaV projektů řešených ve společnosti Centrum výzkumu Řež s.r.o. v roce 2021 v rámci projektu NCK pro energetiku, dílčího projektu DP6 „Vývoj diagnostických metod pro charakterizaci klíčových komponent energetických celků“, pracovního balíčku PB6.2 „Perspektivní diagnostické metody“, a dílčího projektu DP7 „Materiály a materiálové technologie pro moderní energetické aplikace“, pracovního balíčku PB7.1 „Povrchové úpravy komponent v JE a KE“. Jsou uvedeny hlavní výstupy projektů a návrhy činností pro pokračování NCK v roce 2022.

Abstract

The article provides information on the results of R&D projects solved in the Centrum výzkumu Řež s.r.o. research organization in 2021 within the NCK project for energy, sub-project DP6 “Development of diagnostic methods for characterization of key components of energy units”, work package PB6.2 “Perspective diagnostic methods”, and sub-project DP7 “Materials and material technologies for modern energy applications”, work package PB7.1 “Surface treatment of components in NPPs and NPPs”. The main outputs of projects and proposals of activities for the continuation of the NCK in 2022 are presented.

1. Projekty pracovního balíčku PB6.2

1.1 Podprojekt HT PAUT pro JE

Cílem podprojektu je vyvinout certifikovanou metodiku pro zkoušení homogenních svařových spojů materiálů sekundárního okruhu JE a to pro materiály 11373 a 12022.1 metodou HT (vysokoteplotní) PAUT do teploty 200 °C (obr. 1).



Obr. 1: Zkušební systém HT PAUT

Pro dosažení cílů je realizováno prokázání detekovatelnosti vad typu EDM pro materiál 11373 a typu PISC-A pro materiál 12022.1 s definovanými rozměry (délka a výška). V rámci vývoje bude dále stanovena výška vady v rozsahu teplot 50 až 200 °C. Všechna uvedená měření budou porovnávána s výchozím měřením za pokojové teploty.

Pro certifikaci metodiky bude vedle vypracování inspekčního postupu zpracováno technické zdůvodnění.

1.2 Podprojekt NEWS pro JE

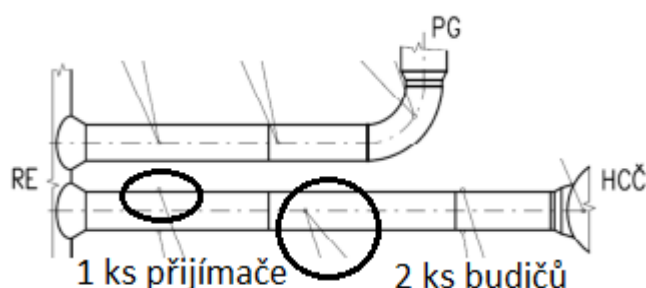
Cíle podprojektu jsou následující:

A) Ověření metody NEWS, které proběhne na zkušebních tělesech z austenitické oceli z plné trubky s trhlinou v rozsahu:

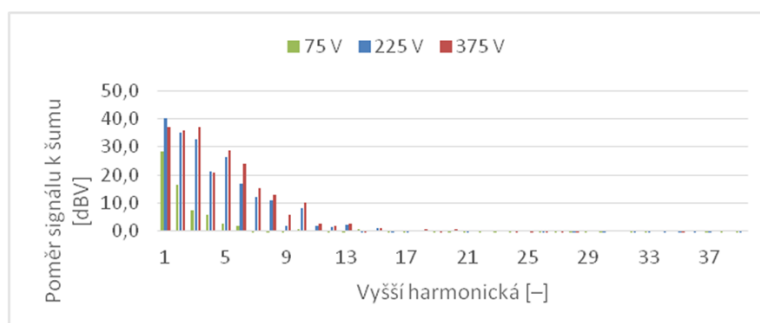
1. ověření vlivu vazby na výsledky – opakované měření na stejném ZT po demontáži a opětovném přivaření snímačů,
2. ověření vlivu na výstupy z metody NEWS při změnách vzájemné pozice snímačů a trhliny,
3. ověření buzení dvou frekvencí jedním snímačem.

B) Pilotní měření na JE Temelín pomocí snímačů systému LEMOP.

Předběžné výsledky z pilotního měření s využitím snímačů systému ACMS/LEMOP na ETE 2. bloku – viz obr. 2 a obr. 3 ukazují na použitelnost metody NEWS na hlavním cirkulačním potrubí na detekci trhlin mezi budiči a přijímači ultrazvukového signálu (přítomnost trhlin se projevuje přítomností vyšších harmonických frekvencí).



Obr. 2: Umístění ultrazvukových snímačů na ETE 2. bloku na 1. hlavním cirkulačním potrubí



Obr. 3: Spektrum ultrazvukového signálu z měření na ETE 2. bloku bez přítomnosti vyšších harmonických frekvencí

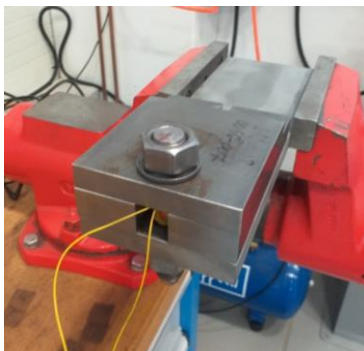
1.3 Podprojekt MMM pro JE

Cíle podprojektu jsou následující:

- Stanovení závislosti napětí ve svorníku a hodnot získaných metodou MMM (současné měření MMM s tenzometry) pro typ svorníku zvoleného v projektu.
- Stanovení vlivu místa měření pro metodu MMM na zvoleném přírubovém spoji na posouzení stavu přírubového spoje – posoudit nejvhodnější způsob měření příruby – měření přímo na dřívku svorníku nebo pojezdem po přírubě.
- Stanovení kritérií přípustnosti na zvoleném přírubovém spoji – nadefinování, kdy bude nutné pro daný případ rozptýl naměřených hodnot přípustný a kdy nikoliv – navrhnout přehled testů, které ověří citlivost metody na jednotlivé nevyhovující stavy přírub např.: nedotažený svorník, přetažený svorník, svorník utahovaný přes závit, poškozený svorník s trhlinou, poškozený závit svorníku, nečistoty v dělicí rovině příruby apod.

- Nadefinování požadavků na postup ověření stavu svorníků a přírub metodu MMM.

Výstupem z projektu bude ověřená technologie na použití metody MMM pro zvolený přírubový spoj v projektu.



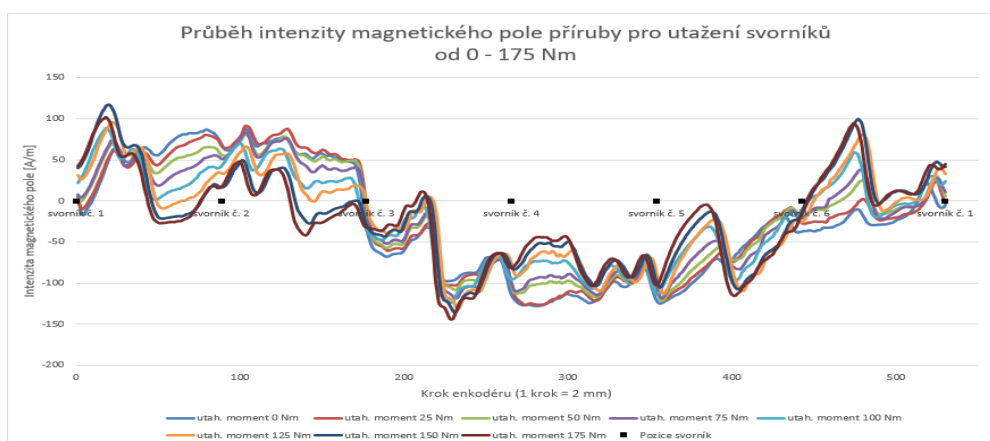
Obr. 4: Stand šroubového spoje



Obr. 5: Stand přírubového spoje

Na obr. 4 je ukázán stand šroubového spoje a na obr. 5 stand přírubového spoje.

Předběžné výsledky ukazují na citlivost metody MMM (veličiny intenzity magnetického pole) na jednotlivé nevyhovující stavy přírubového spoje. Použití metody MMM bude vyžadovat změření vlastností svorníků a všech stavů daného přírubového spoje (před utahováním, po utahování, s médiem, po odstavení technologie apod.) pro hledání změn mezi jednotlivými stavy. Dále se ukazuje, že závislosti budou individuální pro jednotlivé typy přírubových spojů. Z výše uvedených důvodů bude vhodné metodu MMM používat zejména u problémových přírubových spojů.



Obr. 6: Intenzita magnetického pole příruby stolice při postupném rovnoměrném protilehlém utahování svorníků od 0 do 175 Nm v pozici SZ

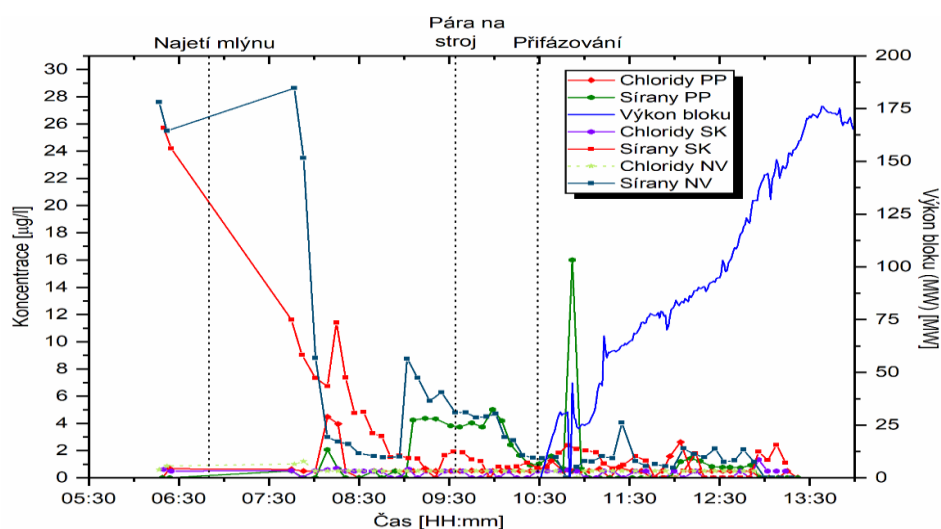
Obr. 6 ukazuje na změny intenzity magnetického pole v místě svorníků přírubového spoje, ke kterým dochází při jejich postupném utahování.

1.4 Podprojekt Chemie pro KE

Výstupem tohoto podprojektu bude výzkumná zpráva, která bude obsahovat ucelené soubory dat pro korozní analyty (chloridy a sírany) a korozní produkty včetně návrhů metodiky měření korozivních analytů a hodnocení korozních produktů pro elektrárny ETU2, EPR2 a EMĚ1. Návrhy metodik budou obsahovat obecný popis vzorků, na které je bude metodika aplikovat. Dále bude obsahovat popis metod a postup, jakým tyto metody budou aplikovány, popis zařízení a postup vyhodnocení naměřených dat.

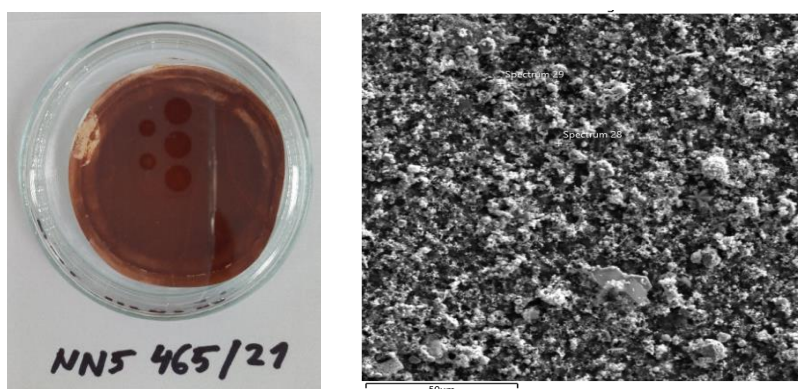
Používání metodik přispěje k optimalizaci provozování energetických bloků a možnosti k minimalizování či indikování možných poruchových stavů v okruhu.

V rámci podprojektu byly měřeny výkonové a nevykonové stavy (najíždění a odstávka bloku). Z hlediska provozování bloků se jeví právě nevykonové stavy jako kritické a ukazují se, že v těchto stavech je vyšší koncentrace chloridů a síranů než při výkonovém stavu. Stav během najíždění ukazuje obr. 7.



Obr. 7: Chloridy a sírany během najíždění ETU/21

V rámci podprojektu jsou také odebrány korozní produkty, které jsou následně měřeny pomocí technik SEM/EDX či Ramanovou mikroskopií (obr. 8).



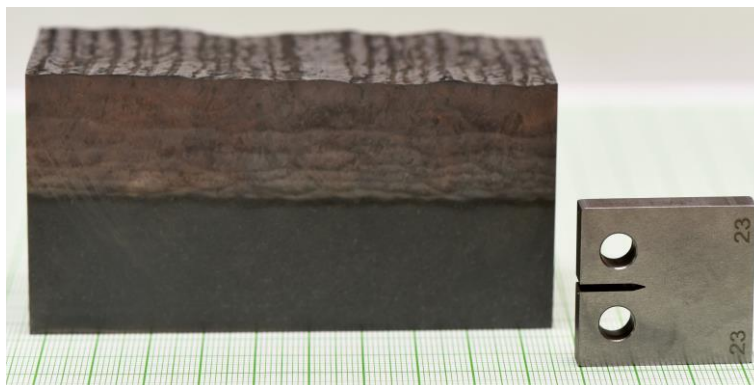
Obr. 8: Korozní produkt a měření pomocí SEM/EDX

1.5 Podprojekt Materiálové zkoušky pro KE

V rámci tohoto podprojektu se pro opravy lopatek vodních turbín realizují následující činnosti:

1. Zkoušky vysokocyklické únavy (VCÚ) svarových spojů používaných při opravách trhlin v lopatkách vodních trhlín. Jsou hodnoceny 2 varianty svarů oceli COR 13/4 lišící se použitým přídatným materiálem: A austenit (viz obr. 9), B: duplex. Budou stanoveny meze VCÚ svarových spojů ve vodě při střídavém namáhání a předpětí 330 MPa. Pro obě varianty svaru jsou dále stanovovány rychlosti šíření únavových trhlin ve vodě při hodnotách $R = 0,1$ a $0,7$ ve svarovém kovu a tepelně ovlivněné oblasti v závislosti na rozkmitu faktoru intenzity napětí.
2. Vývoj metodiky stanovení obsahu reformovaného austenitu v oceli COR 13/4 po popuštění v intervalu 590 až 650 °C z polarizačních křivek, XRD nebo ve vysokém zvětšení na SEM.
3. Fraktografická analýza lomů oceli COR 13/4 v základním materiálu, svarovém kovu, v tepelně ovlivněné zóně.

4. Funkční vzorek zkušební korozní cely pro zkoušky VCÚ svarových spojů oceli COR 13/4 ve vodě.



Obr. 9: Svarový spoj oceli COR 13/4 s přidavným materiálem austenit a příslušný vzorek pro zkoušky vysokocyklické únavy svarového spoje ve vodě

2. Projekty pracovního balíčku PB7.1

2.1 Podprojekt TWAS pro KE

Cílem podprojektu je vývoj metodiky měření tloušťky žárových nástřiků zhotovených metodou TWAS.

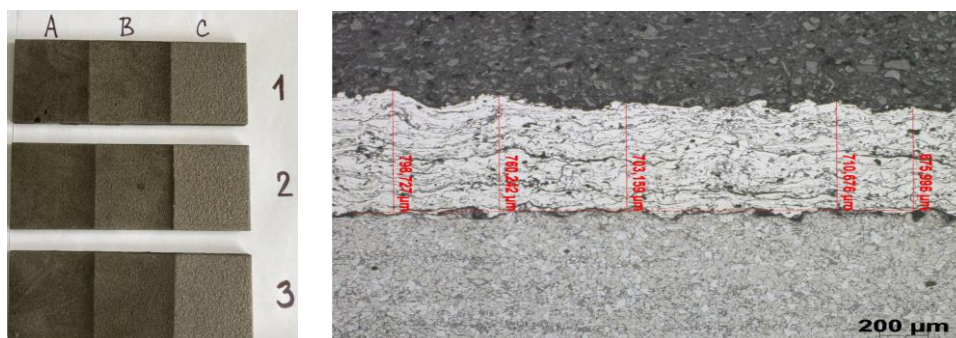
Na základě rešerše byla pro měření tloušťky povlaků TWAS vybrána metoda UT technika PEUT.

Vývoj metodiky je realizován na zkušebních tělesech (měrkách) s 3 různými tloušťkami nástřiku pro 3 různé typy materiálu povlaku (byly vybrány materiály vhodné z pohledu teplotní i abrazivní odolnosti: BTW 58, Eutronic ARC 545 a Inconel 625.). Pro každý materiál jsou zhotoveny 3 kusy měrek.

Pro vyhodnocení deponované tloušťky žárového nástřiku na základní materiál bylo realizováno 3D měření před a po nástřiku a metalografické změření tloušťky daného typu žárového nástřiku. Dále bylo provedeno metalografické hodnocení mikrostruktury.

Výstupy z vývoje metodiky:

- S ohledem na drsnost povrchu žárových nástřiků je měření PEUT bodové a měřená místa by měla být označena pro opakovaná měření a zachování kontinuity vyhodnocování případného úbytku tloušťky stěny v čase.
- Pro hodnocené typy materiálů žárových nástřiků a deponované tloušťky s maximem okolo 1 mm je nezbytné při měření PEUT získané hodnoty násobit přepočtovým koeficientem.
- Na obr. 10 je ukázaná mikrostruktura materiálu Inconel 625 stupně B měrky č. 1.



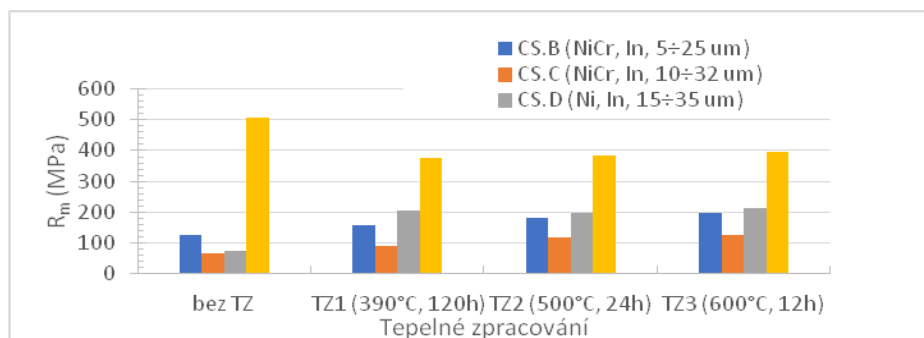
Obr. 10: Stupňové měrky Inconel 625 a mikrostruktura materiálu Inconel 625 – stupeň B stupňové měrky č. 1

2.2 Podprojekt Cold Spray pro JE

V rámci tohoto podprojektu probíhá ověření vlastností povlaku Cold Spray z prášku NiCr o dvou velikostech částic zhotoveného tryskou pro vnitřní nástřiky a z prášku Ni zhotoveného dvěma typy trysek (pro vnitřní a vnější nástřik) a vývoj metodiky nedestruktivního zkoušení pro vnější nástřiky z prášku NiCr a Ni).

Vývoj probíhá v rozsahu:

1. Výroba polotovarů pro měřky a zkušebních tělesa včetně jejich nástřiku.
2. Výroba měrek a těles z potrubí malých průměrů pro nedestruktivního zkoušení, výroba zkušebních těles pro ověření mechanických vlastností, potenciometrické zkoušky odolnosti proti korozi, testy odolnosti proti opotřebení a vlivu tepelného zpracování.
3. Vývoj metodiky nedestruktivního zkoušení – měření tloušťky nástřiku Cold Spray technikou PEUT.
4. Ověření mechanických vlastností vnitřních povlaků Cold Spray.
5. Ověření korozní odolnosti (potenciometrické zkoušky) pro nástřik Cold Spray z prášku Ni.
6. Ověření vlivu způsobu tepelného zpracování (TZ) na sledované materiálové vlastnosti Cold Spray nástřiků.



Obr. 11: Hodnoty meze pevnosti bez a po TZ pro různé typy prášku nástřiku CS

Na obr. 11 jsou ukázány hodnoty meze pevnosti bez a po různých průbězích TZ pro různé typy prášku pro zhotovení nástřiku CS a pro různé typy trysek (In pro vnitřní nástřik trubek, Ex pro nástřik „řádnou“ tryskou). Obecně lze konstatovat, že pro prášek NiCr roste po TZ mírně mez pevnosti, ale tažnost je cca nulová (stále křehké). Hodnoty meze pevnosti pro trysku In jsou nízké. U prášku Ni se po TZ materiál stane houževnatým (tažnost se zvýší z 0 na 2 až 25 % v závislosti na způsobu nástřiku), mez pevnosti je po TZ cca stejná, a to i pro nízké teploty TZ. CS zhotovený vnitřní tryskou In bez TZ má velkou pórovitost, má nízkou pevnost, ale TZ ji vylepšilo ze 75 na cca 200 MPa. Z tryska Ex vznikne pevný křehký nástřik (cca 500 MPa) a TZ to sice srazí na cca 400 MPa, ale tažnosti se zvednou z nuly na 15 až 30 %.

3. Návrh činností pro rok 2022

Pro rok 2022 navrhuje CVŘ VaV v oblastech:

1. Vývoj prototypu modulárního manipulátoru pro vizuální kontroly s možností připojení modulů pro další NDT kontroly.
2. Ověření vlastností povlaků NiCr a Ni zhotovených technologií Cold Spray po aplikování únavových zkoušek (teplotních a nízkocyklických) a povlaků NiCr při použití na opravy těsnících ploch.
3. Vývoj metodiky zkoušení metodou NEWS pro hlavní cirkulační potrubí a přípojebného potrubí po první uzavírací armaturu JE Temelín.

Předložený článek vznikl díky projektu podporovaného Technologickou agenturou České republiky TN01000007 v rámci programu Národní centra kompetence – 1. VS.