



ÚRAD JADROVÉHO DOZORU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

EDÍCIA

Bezpečnosť jadrových zariadení

2016

BNS II.3.4/2016

**Pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania
degradácie bezpečnostne významných komponentov JZ**

Časť 1. Monitorovanie korózie

2. Vydanie – revidované a doplnené

Pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania degradácie bezpečnostne významných komponentov JZ Časť 1. Monitorovanie korózie (2. Vydanie – revidované a doplnené)

Vydal Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
Neperiodická publikácia

Spracovatelia: Ing. Martin Březina, CSc., špecialista, VUJE, a. s.

Ing. Jana Petzová, PhD., špecialista, VUJE, a. s.

Gestor: Ing. Jozef Balaj, riaditeľ odboru systémov, komponentov a stavebných konštrukcií, Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky

Recenzenti: Ing. Jana Weisová, Slovenské elektrárne, a. s.

Ing. Ján Borák, Slovenské elektrárne, a. s.

BNS II.3.4/2016

ISBN 978-80-89706-12-9

EAN 9788089706129

Bratislava, november 2016

Anotácia

Tento bezpečnostný návod Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky určuje základné pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania korózie bezpečnostne významných komponentov jadrových zariadení. Monitorovanie korózie je súčasťou programu riadenia starnutia. Pre zabezpečenie stanovených cieľov je nevyhnutné vypracovať a zaviesť do praxe program monitorovania korózie. Pri jeho zostavovaní sa vychádzalo z normatívno-technickej dokumentácie v oblasti jadrovej energetiky, relevantných smerníc a požiadaviek Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu a doterajších skúseností s monitorovaním korózie na JZ v Slovenskej republike a v zahraničí.

bezpečnostný návod, korózia, monitorovanie korózie, riadenie starnutia, kritériá výberu systémov a konštrukcií

Abstract

The safety guide of the Nuclear Regulatory Authority of Slovak Republic specifies basic quality requirements to design, construction and operation of the degradation monitoring systems for safety related components of nuclear power plant equipment by corrosion processes. A set of the technical documentation, adequate requirements of the IAEA as well as experience with degradation monitoring of the nuclear power plant materials of the VVER 440 type accumulated up to now in Slovakia and abroad have been applied to the compilation of this safety guide.

Safety guide, corrosion, corrosion monitoring, ageing management, selection criteria

Obsah

Úvod	1
1 Predmet a účel	2
2 Rozsah platnosti.....	2
2.1 Všeobecné ustanovenia.....	2
2.2 Podmienky platnosti	2
3 Použité skratky	3
3.1 Skratky orgánov a organizácií.....	3
3.2 Skratky v oblasti hodnotenia korózných procesov.....	3
4 Použité pojmy	3
5 Monitorovanie korózie.....	7
5.1 Oblasť použitia	7
5.2 Kritériá výberu systémov, konštrukcií a komponentov	8
5.3 Požiadavky na systémy monitorovania korózných procesov.....	9
5.4 Monitorované typy korózneho poškodzovania	9
5.5 Monitorovanie pomocou overovacích vzoriek.....	10
5.6 Monitorovanie pomocou elektrochemických a fyzikálnych metód	10
5.7 Vyhodnocovanie programu monitorovania korózie	11
6 Zodpovednosti	11
6.1 Všeobecne	11
6.2 Prevádzkovateľ.....	11
6.3 Expertná organizácia	11
6.4 Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky.....	12
7 Literatúra	13

Predhovor

Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky začal v roku 1995 vydávať vlastné neperiodické publikácie, ako edíciu Bezpečnosť jadrových zariadení, s cieľom zverejňovať vybrané všeobecne záväzné právne predpisy, bezpečnostné požiadavky, odporúčania a návody súvisiace s predmetom činnosti Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky.

V rámci edície Bezpečnosť jadrových zariadení Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky vydáva tri skupiny publikácií:

Obsahom prvej skupiny publikácií sú vybrané všeobecne záväzné právne predpisy a medzinárodné zmluvy z oblasti mierového využívania jadrovej energie; sú označené červeným pruhom.

V druhej skupine sú dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti charakteru odporúčaní a návodov, ktoré konkretizujú a dopĺňajú požiadavky všeobecne záväzných právnych predpisov. Odporúčania dokumentov tejto kategórie nie sú všeobecne záväzné, avšak ich dodržiavanie zjednodušuje plnenie požiadaviek Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky zo strany dozorovaných organizácií; sú označené zeleným pruhom.

Obsahom tretej skupiny publikácií sú ostatné dokumenty z oblasti jadrovej bezpečnosti informatívneho charakteru; sú označené modrým pruhom.

Pri spracovaní dokumentov druhej a tretej skupiny sa využívajú dokumenty Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu vo Viedni a iných medzinárodných organizácií, medzinárodné a národné technické normy, ako aj dokumenty vydané zahraničnými dozornými orgánmi a odbornými organizáciami. Dokumenty sú spracované na základe rozhodnutia predsedu Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky zamestnancami úradu alebo externými organizáciami i s využitím vlastných skúseností a podmienok. Pred ich vydaním a zverejnením sú schválené predsedom úradu.

Predmetná publikácia Pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania degradácie bezpečnostne významných komponentov JZ, Časť 1. Monitorovanie korózie (2. Vydanie – revidované a doplnené) je bezpečnostným návodom.

Tento BNS špecifikuje postupy pri monitorovaní degradačných procesov materiálov JZ vplyvom korózných procesov.

Pripomienky a doplnky k tejto publikácii zasielajte na Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky, odbor legislatívno-právny, Bajkalská 27, P. O. Box 24, 820 07 Bratislava 27.

Bezpečnostné návody nie sú právne záväzné, avšak ich dodržiavanie napomáha zabezpečiť podmienky bezpečného využívania jadrovej energie alebo vykonávania činností súvisiacich s využívaním jadrovej energie.

Úvod

Materiály konštrukcií a komponentov jadrových zariadení (JZ) sú v priebehu prevádzky vystavené procesom starnutia v dôsledku prevádzkových záťaží a rôznych degradačných procesov, vedúcich k zmenám stavu a schopnosti zariadení plniť ich projektované funkcie. Ide o procesy, ktoré sú spôsobené prevádzkou za normálnych alebo abnormálnych prevádzkových podmienok a o vplyvy okolitého (vrátane pracovného) prostredia na tieto konštrukcie a komponenty.

Ako ukazujú skúsenosti s prevádzkou jadrových elektrární, korózne procesy negatívne ovplyvňujú bezpečnosť a spoľahlivosť prevádzky jadrovej elektrárne, čo môže zhoršovať ekonomické ukazovatele prevádzky a v konečnom dôsledku môže mať vplyv aj na životnosť JE. V prípade korózných procesov ide vo väčšine prípadov o dlhodobé procesy, pretože rozvoju korózneho poškodenia predchádza dlhá inkubačná doba potrebná na iniciáciu korózneho poškodenia. Nasledujúca fáza korózneho poškodenia prebieha podstatne vyššou rýchlosťou, takže v prípade, že nie je k dispozícii systém dlhodobého monitorovania korózneho stavu, zvyčajne to vedie k havarijným stavom s významnými ekonomickými dôsledkami.

Preto z hľadiska zaistenia bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky JE, ako aj z hľadiska zabezpečenia optimálneho ekonomického využívania JE, národné jadrové dozory v celom svete odporúčajú prevádzkovateľom vypracovať a realizovať, v rámci programov riadeného starnutia elektrárne, špeciálne monitorovacie programy, ktoré by umožňovali:

1. priebežne monitorovať a vyhodnocovať vplyv prevádzky a všetkých hlavných degradačných procesov na vybrané materiály konštrukcií a komponentov JZ,
2. sledovať trendy zmien ich stavu,
3. včas prijímať nápravné opatrenia na odstránenie alebo zmiernenie týchto degradačných procesov.

Programy monitorovania korózie sú zároveň jedným z predpokladov, umožňujúcich významné predĺženie prevádzkovej životnosti JE v rámci riadenia starnutia JE a sú jednou z podstatných súčastí programov riadenia starnutia.

K monitorovaniu korózie sú v princípe možné dva základné prístupy:

1. monitorovanie pomocou overovacích vzoriek,
2. monitorovanie pomocou elektrochemických a fyzikálnych metód.

Cieľom tohto návodu je poskytnúť prevádzkovateľom JE metodológiu pre realizáciu systémov na monitorovanie korózných procesov dôležitých bezpečnostne významných systémov, konštrukcií a komponentov (SKK).

1 Predmet a účel

Predmetom tohto bezpečnostného návodu je:

- a) stanoviť metodológiu a postup pri tvorbe programov pre monitorovanie korózie materiálov JZ v rámci programov riadeného starnutia JE,
- b) definovať požiadavky na výber systémov, komponentov a konštrukcií JZ, ktoré majú byť zahrnuté do týchto programov,
- c) stanoviť metodiky hodnotenia korózných procesov podľa príslušných skúšobných postupov.

Súčasťou dokumentu sú aj odporúčania pre organizačné zabezpečenie monitorovacích programov v reálnych prevádzkových podmienkach JE.

2 Rozsah platnosti

2.1 Všeobecné ustanovenia

Bezpečnostný návod stanovuje základné požiadavky Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky na vypracovanie, zavedenie a realizáciu programov monitorovania korózných procesov bezpečnostne významných komponentov JE, t.j. systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti.

Bezpečnostný návod všeobecne platí pre všetky konštrukcie a komponenty, do programu monitorovania sa výber systémov, konštrukcií a komponentov uskutočňuje na základe kritérií, popísaných v tomto návode.

Požiadavky tohto bezpečnostného návodu je treba chápať ako požiadavky minimálne, rozsah ktorých si môže príslušný prevádzkovateľ rozšíriť v závislosti od špecifických podmienok JE, napr. vek JE, identifikácia špecifických mechanizmov korózie počas jej prevádzky a podobne.

Požiadavky tohto bezpečnostného návodu je vhodné použiť aj pre iné jadrové zariadenia než sú jadrové elektrárne.

2.2 Podmienky platnosti

Tento bezpečnostný návod je revidovaným a doplneným 2. vydaním dokumentu ÚJD SR s pôvodným označením BNS II.3.4/2006 Pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania degradácie bezpečnostne významných komponentov JZ. Časť 1.

Monitorovanie korózie, ktorý sa týmto v plnom rozsahu nahrádza. Tento bezpečnostný návod sa vydáva bez časového obmedzenia.

3 Použité skratky

3.1 Skratky orgánov a organizácií

MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (angl. IAEA)
JE	jadrová elektrárň
SE, a. s.	Slovenské elektrárne, a. s.
JE-EBO V2	Atómové elektrárne Bohunice
JE-EMO	Atómové elektrárne Mochovce
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky

3.2 Skratky v oblasti hodnotenia korózných procesov

SCC	korózne praskanie
MKK	medzikryštalická korózia

4 Použité pojmy

Bimetalická korózia je galvanická korózia, pri ktorej sú elektródy tvorené rozdielnymi kovmi.

Bodová korózia je lokálna korózia, ktorej dôsledkom sú jamky resp. dutiny v kove, ktoré sa iniciujú na povrchu zariadení.

Celková korózia je korózia prebiehajúca na celom povrchu kovu, ktorý je vystavený koróznemu prostrediu.

Degradácia je poškodenie materiálu konštrukcie alebo komponentu v dôsledku vplyvu rôznych degradačných mechanizmov počas prevádzky zariadenia.

Degradačné procesy sú procesy, spojené so zmenou fyzikálnych vlastností materiálov zariadenia, ktoré vedú k degradácii úžitkových vlastností zariadenia.

Degradačný mechanizmus je typ degradačného procesu a spôsob, ako určitý degradačný proces prebieha v závislosti na čase a konkrétnych prevádzkových podmienkach.

Elektrochemická korózia je korózia s najmenej jednou anodickou a jednou katodickou reakciou.

Erózna korózia je proces spoločného pôsobenia korózie a erózie v prostredí rýchlo prúdiaceho korózneho média, čo vedie k zrýchlenému úbytku materiálu.

Galvanická korózia je korózia spôsobená pôsobením korózneho článku.

Hĺbka prieniku korózie je vzdialenosť medzi bodom na povrchu kovu napadnutého koróziou a pôvodným povrchom.

Chemická korózia je korózia bez elektrochemickej reakcie.

Indikátor stavu je charakteristika, ktorá môže byť sledovaná, meraná alebo môže byť sledovaný jej trend pre odhad alebo priamu indikáciu súčasnej alebo budúcej spôsobilosti plniť svoju funkciu v rámci akceptovateľných kritérií.

Jadrové zariadenie sú zariadenia a objekty, ktorých súčasťou je jadrový reaktor využívajúci štiepnu riadenú reťazovú reakciu, alebo zariadenia a objekty na výrobu, spracovanie a skladovanie jadrových materiálov príp. ukladanie vyhoreného paliva alebo rádioaktívnych odpadov.

Kavitačná korózia je proces kavitačného poškodzovania ochrannej vrstvy na povrchu materiálu vzniknutej anódickým rozpúšťaním materiálu.

Kavitácia je proces vytrhávania materiálu zo steny tlakového systému implóziou bubliniek narážajúcich na stenu v prúde kvapaliny, vznikajúcich pri nevhodných teplotno-tlakových pomeroch.

Korózia je fyzikálno-chemická interakcia kovu a prostredia vedúca k zmenám vlastností kovu, ktoré môžu vyvolávať významné zhoršenie funkcie kovu, prostredia alebo technického systému.

Korózia opotrebovaním je proces súčasného pôsobenia korózie a trenia medzi dvoma posuvnými povrchmi, ktoré sú v kontakte.

Korózia pod usadeninami je lokálna korózia súvisiaca s usadeninami korózných produktov alebo iných látok, ktorá prebieha pod týmito usadeninami alebo v ich bezprostrednom okolí.

Korózna odolnosť je schopnosť kovu udržať prevádzkyschopnosť v danom koróznom systéme.

Korózna rýchlosť je korózny prejav na materiáli za jednotku času.

Korózna skúška je skúška koróznej odolnosti kovu, znečistenie prostredia koróznymi produktmi, účinnosti protikoróznej ochrany alebo koróznej agresivity prostredia.

Korózna únava je dej so spoločným pôsobením korózie a striedavého mechanického namáhania kovu, ktoré vedie k urýchleniu únavových procesov.

Korózne poškodenie je korózny prejav, ktorý spôsobuje zhoršenie funkcie kovu, prostredia alebo technického systému, ktorého zložkami sú kov a prostredie.

Korózne praskanie je praskanie spôsobené koróziou pri statickom namáhaní.

Korózne prostredie je prostredie, ktoré obsahuje jedno alebo viac koróznych činidiel.

Korózny produkt / splodina je látka, ktorá vznikla v dôsledku korózie.

Korózny systém je systém, ktorý sa skladá z jedného alebo viac kovov a z tých zložiek prostredia, ktoré ovplyvňujú koróziu.

Lokálna korózia je korózia sústredená predovšetkým na oddelené miesta kovového povrchu, ktorý je vystavený koróznemu prostrediu.

Medzikryštalická korózia je korózia prebiehajúca na hraniciach zŕn kovu do hĺbky materiálu.

Mikrobiálne stimulovaná korózia je špecifická forma korózneho poškodzovania, ktorá sa objavuje za určitých podmienok, v priemyselných vodách (chladiace okruhy, technologické vody).

Nožová korózia je korózia, ktorej prejavom je úzka štrbina na rozhraní základný materiál/zvarový kov.

Ochrana proti korózii je úprava korózneho systému vedúca k zníženiu korózneho poškodzovania.

Pasivácia je zníženie koróznej rýchlosti pomocou pasivačnej vrstvy.

Pasivačná vrstva je tenká, priľnavá ochranná vrstva vytvorená na povrchu kovu počas reakcie kovu s prostredím.

Porucha je neschopnosť alebo prerušenie schopnosti systému, konštrukcie alebo komponentu plniť projektovanú funkciu v rámci požadovaných kritérií.

Prevádzková korózna skúška je korózna skúška v prevádzkových podmienkach.

Program riadenia starnutia je systém organizačných a technických opatrení na riadenie starnutia, vrátane optimálnej organizačnej štruktúry, stanovenia zodpovedností, vypracovania potrebných metodík, technologických postupov, materiálneho a personálneho zabezpečenia.

Riadenie starnutia je súbor inžinierskych, prevádzkových a údržbárskych opatrení na kontrolu a zmiernenie degradácie systémov, konštrukcií a komponentov starnutím a opotrebovaním v akceptovateľných medziach.

Rovnomerná korózia je celková korózia prebiehajúca takmer rovnakou rýchlosťou na celom povrchu kovu.

Selektívna korózia je korózia zliatiny, ktorej zložky korodujú v iných pomeroch než je ich pomer v zliatine.

Starnutie je všeobecný proces, pri ktorom sa postupne menia charakteristiky systémov, konštrukcií alebo komponentov s časom v dôsledku ich prevádzkovania.

Starnutie materiálov je degradácia vlastností materiálu konštrukcie alebo komponentu zariadenia s časom, prebiehajúca za normálnych podmienok prevádzky a pri prechodových režimoch.

Starnutie zariadení JE je postupné zhoršovanie technických a materiálových vlastností zariadení JE vyvolané pôsobením degradačných procesov.

Stav zariadenia je úroveň charakteristických parametrov konštrukcie alebo komponentu, ktoré môžu mať vplyv na plnenie projektovej funkcie zariadenia.

Štrbinová korózia je lokálna korózia, ku ktorej dochádza v úzkych štrbinách alebo medzerách medzi kovovým a iným povrchom (kovovým alebo nekovovým).

Životnosť je doba od výroby do vyradenia systému, konštrukcie alebo komponentu z prevádzky.

5 Monitorovanie korózie

5.1 Oblasť použitia

Základným cieľom monitorovania korózie je zabezpečenie spoľahlivosti a bezpečnosti prevádzky všetkých systémov, konštrukcií a komponentov dôležitých z hľadiska jadrovej bezpečnosti po celú dobu prevádzky JE.

Pre zabezpečenie monitorovania korózie je potrebné vypracovať a zaviesť do praxe program monitorovania korózie.

Program monitorovania korózie môže byť samostatným programom, alebo môže byť súčasťou iných programov, napr. celkového programu riadenia starnutia JE.

Program monitorovania korózie by mal obsahovať nasledujúce oblasti:

- a) Zoznam vybraných systémov, konštrukcií a komponentov podliehajúcich monitorovaniu korózie.
- b) Kritériá a metodiku výberu systémov, konštrukcií, komponentov a konkrétnych druhov materiálov pre monitorovanie korózie.
- c) Databázu materiálových, konštrukčných a prevádzkových údajov, nevyhnutných pre monitorovanie korózie.
- d) Databázu o zisteniach a analýzach príčin korózie materiálov, porúch a porušení limitov a podmienok bezpečnej prevádzky z hľadiska korózie.
- e) Všeobecné zhodnotenie procesov korózie na základe existujúcich limitných projektových údajov pre jednotlivé konštrukcie a komponenty.
- f) Analýzy potenciálnych mechanizmov korózneho poškodenia.
- g) Požiadavky na realizáciu periodického hodnotenia korózneho stavu systémov, konštrukcií a komponentov, vrátane periodicity hodnotenia.
- h) Metodiky na hodnotenie vplyvu existujúcich, alebo predpokladaných mechanizmov korózie.
- i) Návrhy opatrení na odstránenie alebo zmiernenie korózných prejavov, vrátane zhodnotenia účinnosti predtým prijatých opatrení.
- j) Metodiky a výsledky hodnotenia vplyvu korózie na zostatkovú životnosť konštrukcií a komponentov.

Prevádzkovateľ zabezpečuje zber, spracovanie a archiváciu všetkých relevantných údajov pre realizáciu programu monitorovania korózie, a zodpovedá za ich presnosť a priebežnú aktualizáciu.

Kritériá prijateľnosti stavu jednotlivých SKK z hľadiska korózie musia vychádzať z požiadaviek príslušnej normatívno-technickej dokumentácie a sú v súlade s kritériami iných programov.

Program monitorovania korózie rieši spätnú väzbu na prevádzku, údržbu, prevádzkové kontroly a zároveň výstupy z programu monitorovania korózie môžu slúžiť ako jeden z podkladov pre program modernizácie JE.

Všetky činnosti, predpisy a spôsoby ich dokumentovania musia byť v súlade so schváleným systémom manažerstva kvality prevádzkovateľa JE.

Cieľom systému monitorovania korózie ako súčasť systému riadenia starnutia je:

- a) Pochopenie vplyvu korózie na degradáciu materiálu SKK.
- b) Priebežné sledovanie trendov v zmenách ich stavu.
- c) Optimalizácia parametrov prevádzkového prostredia.
- d) Návrh a realizácia nápravných opatrení.
- e) Minimalizácia negatívneho vplyvu korózie na prevádzkovú bezpečnosť JZ.

5.2 Kritériá výberu systémov, konštrukcií a komponentov

Výber SKK pre účely monitorovania korózie sa musí realizovať na základe opodstatnených kritérií, ktoré sú definované v programe monitorovania korózie. Tieto sú založené na bezpečnostných a technických princípoch a sú v súlade s požiadavkami programu riadenia starnutia.

Pri definovaní kritérií sa musí vychádzať z požiadaviek zameraných na koróznu problematiku, pričom by sa mali uvažovať minimálne tieto princípy:

- a) Bezpečnostná významnosť SKK z hľadiska bezpečnostnej funkcie, ktorú plní.
- b) Analýzy dopadu poruchy (porušenia integrity alebo funkčnosti) na jadrovú bezpečnosť.
- c) Vymeniteľnosť jednotlivých systémov, konštrukcií a komponentov JZ. SKK možno zaradiť do štyroch kategórií z hľadiska možnosti ich výmeny:
 - SKK všeobecne považované za nevymeniteľné,
 - SKK v zásade vymeniteľné, avšak ich výmena je technicky i ekonomicky veľmi náročná,
 - SKK vymeniteľné rutinným spôsobom,
 - ostatné SKK, u ktorých s koróziou nie je potrebné uvažovať.
- d) Spôsob možného porušenia konštrukcií a komponentov:
 - známy,
 - predpokladaný mechanizmus korózneho poškodzovania a jeho dopad na prevádzku.
- e) Analýza dopadu porušenia alebo výpadku konštrukcií a komponentov na spoľahlivosť elektrárne.
- f) Vplyvy korózneho poškodenia na radiačnú záťaž personálu.
- g) Skúsenosti z prevádzky iných JE rovnakého alebo podobného typu.

- h) Dostupnosť technických prostriedkov a možností na kontrolu a monitorovanie stavu alebo parametrov konštrukcií a komponentov.
- i) Požiadavky Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky.

5.3 Požiadavky na systémy monitorovania korózných procesov

Pre realizáciu programu monitorovania korózie je vhodné, aby prevádzkovateľ vytvoril zodpovedajúcu organizačnú štruktúru a zabezpečil potrebné technické a personálne predpoklady pre výkon všetkých činností.

Systémy monitorovania korózie by mali spĺňať nasledujúce požiadavky:

- a) Zabezpečovať priebežné monitorovanie korózneho stavu SKK po celú dobu životnosti JZ.
- b) Zaistiť monitorovanie predpokladaných typov korózneho poškodzovania podľa výsledkov analýzy potenciálnych mechanizmov korózneho poškodenia.
- c) Do procesu monitorovania zahrnúť aj obdobie pred uvedením zariadenia do prevádzky vrátane etapy čistenia, pasivácie atď.
- d) Schopnosť upozorniť s dostatočným časovým predstihom na potenciálne korózne problémy.
- e) Poskytovať možnosť experimentálneho overenia vplyvu zmien prevádzkových podmienok na koróznú stabilitu systému.
- f) Umožňovať operatívne modifikovanie systému monitorovania podľa potrieb prevádzkovateľa a požiadaviek ÚJD.

5.4 Monitorované typy korózneho poškodzovania

Rovnomerná korózia – stanovuje sa pomocou platničiek (skúšobných kupónov), merajú sa hmotnostné úbytky, po prepočte úbytky hrúbky steny.

Štrbinová korózia – sleduje sa pomocou vzoriek s umelo vytvorenou štrbinou, vyhodnocovanie je vizuálne, pomocou hmotnostných úbytkov, metalograficky na priečných rezoch.

Bodová korózia – stanovuje sa pomocou platničiek (skúšobných kupónov), merajú sa hmotnostné úbytky, počet a hĺbka jamiek, vyhodnocuje sa metalograficky na priečných rezoch.

Korózia urýchlená prúdením – monitoruje sa meraním hrúbky steny zariadenia vhodnou NDT technikou (UTT, ECT, RT) a vizuálne pri údržbárskych zásahoch. Vyhodnocuje sa matematicky pomocou degradačného modelu.

Korózne praskanie – monitoruje sa pomocou špeciálnych predopnutých vzoriek rôznych typov. Vzorky môžu byť zaťažené konštantnou deformáciou, alebo konštantným napätím. Vyhodnocovanie vizuálne, metalograficky, fraktograficky.

Medzikryštalická korózia – náchylnosť sa stanovuje pomocou platničiek (skúšobných kupónov), vyhodnocovanie ohybom, metalograficky, NDT technikami.

Mikrobiálne stimulovaná korózia – monitoruje sa analýzou nánosov a sledovaním platničiek (skúšobných kupónov), vyhodnocovanie je vizuálne, pomocou hmotnostných úbytkov, metalograficky na priečnych rezoch.

5.5 Monitorovanie pomocou overovacích vzoriek

Princípom monitorovania korózie pomocou overovacích vzoriek je exponovanie vzoriek v autentickom koróznom prostredí.

Vzorky sú spravidla vystavené rovnakému typu namáhania ako sledovaný komponent, ale s vyššími, prísnejšími parametrami.

Pre výrobu vzoriek je možné použiť:

- a) originálny (archívny) materiál ako sledovaný komponent,
- b) náhradný materiál s rovnakým chemickým zložením aj tepelným spracovaním,
- c) scitlivený materiál resp. materiál, ktorý má určité odchýlky od predpísaných požiadaviek,
- d) materiál s rovnakou alebo podobnou prevádzkovou históriou ako sledovaný komponent.

5.6 Monitorovanie pomocou elektrochemických a fyzikálnych metód

Pre monitorovanie korózie je možné využiť nasledujúce elektrochemické a fyzikálne metódy:

- a) Meranie polarizačného odporu – pomocou sondy sa počas prevádzky stanovuje okamžitá rýchlosť rovnomernej korózie.
- b) Korózný potenciál - pomocou sondy sa počas prevádzky nepriamo stanovuje okamžitá rýchlosť rovnomernej korózie.
- c) Meranie elektrického odporu – pomocou sondy sa počas prevádzky stanovuje celková rýchlosť rovnomernej korózie.
- d) Akustická emisia – pomocou nainštalovaných snímačov sa počas prevádzky aj počas odstávky sleduje rast defektov (napr. korózných trhlín).
- e) Elektrochemický šum – pomocou sondy sa počas prevádzky zisťuje vznik nerovnomerného napadnutia.
- f) Elektrochemické impedančné meranie – pomocou sondy sa počas prevádzky stanovuje okamžitá rýchlosť rovnomernej korózie.

- g) Meranie hrúbky steny ultrazvukom – pomocou ultrazvukovej sondy sa odmeria hrúbka steny komponentu v bodoch explicitne definovanej siete vo vhodne zvolenom intervale. Z rozdielu hodnôt jednotlivých meraní sa stanoví rýchlosť korózie.

5.7 Vyhodnocovanie programu monitorovania korózie

Prevádzkovateľ vykonáva periodické hodnotenie programu monitorovania korózie podľa spracovaného harmonogramu.

Prevádzkovateľ predkladá výsledky periodického hodnotenia plnenia programu monitorovania korózie ÚJD SR ako súčasť programu riadenia starnutia.

6 Zodpovednosti

6.1 Všeobecne

Realizáciou programu monitorovania korózie sa má dosiahnuť:

- a) objektívne hodnotenie technického stavu SKK z korózneho hľadiska,
- b) včasná identifikácia nebezpečenstva korózneho napadnutia a prijatie opatrení na korekciu zisteného nevyhovujúceho stavu.

Za týmto účelom sú stanovené nasledovné zodpovednosti jednotlivých orgánov a organizácií zúčastnených na realizácii programu monitorovania korózie.

6.2 Prevádzkovateľ

Zabezpečiť realizáciu programu monitorovania korózie.

Pravidelne hodnotiť výsledky dosiahnuté pri realizácii programu monitorovania korózie.

Predkladať ÚJD SR priebežné výsledky monitorovania korózie.

6.3 Expertná organizácia

Na základe požiadavky prevádzkovateľa vypracovať a realizovať programy monitorovania korózie v súlade s požiadavkami tohto návodu.

Vykonávať expertízy a hodnotenie príčin vzniku korózných porúch.

Zavádzať nové progresívne metódy monitorovania korózie.

Vypracovávať návrhy na odstránenie alebo zmiernenie účinkov korózných účinkov na stav SKK.

6.4 Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky

Stanovovať požiadavky na monitorovanie korózie komponentov JZ.

Posudzovať výsledky realizácie programu monitorovania korózie a periodického hodnotenia programu monitorovania korózie ako súčasť programu riadenia starnutia.

7 Literatúra

- /1/ Riadenie starnutia jadrových elektrární - Požiadavky. BNS 1.9.2/2014, Bratislava, ÚJD SR 2014.
- /2/ Skúšanie mechanických vlastností, chemického zloženia a vybraných charakteristík odolnosti proti porušeniu pri medzných stavoch zaťažovania materiálov a zvarových spojov strojno-technologických komponentov zariadení jadrových elektrární typu VVER 440. BNS II.5.5/2009, Bratislava, ÚJD SR 2009.
- /3/ Prevádzka jadrového zariadenia po dosiahnutí jeho projektom uvažovanej životnosti. Požiadavky a návody. BNS I.4.4/2014, Bratislava, ÚJD SR 2014.
- /4/ Pravidlá pre návrh, výrobu a prevádzku systémov monitorovania degradácie bezpečnostne významných komponentov JZ. Časť 1. Monitorovanie korózie. BNS II.3.4/2006, Bratislava, ÚJD SR 2006.
- /5/ IAEA-TECDOC-1668 Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: Steam Generators 2011 Update, (ISBN: 978-92-0-121410-2), English, 2011.
- /6/ IAEA Safety Standards Series NS-G-2.12: Ageing Management for Nuclear Power Plants Safety Guide, (ISBN: 978-92-0-112408-1), English, 2009.
- /7/ IAEA-TECDOC-1556: Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: PWR Pressure Vessels 2007 Update, (ISBN: 978-92-0-104907-0), English, 2007.
- /8/ IAEA-TECDOC-1120: Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: PWR Pressure Vessels, English, 1999.
- /9/ IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.12: Ageing Management for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna (2009).
- /10/ IAEA, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. 57, IAEA, Vienna (2008).
- /11/ IAEA-TECDOC-1736: Approaches to Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) Final Report, English, 2014.
- /12/ OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Glossary of Nuclear Power Plant Ageing, OECD, Paris (1999).
- /13/ ASTM G1-03(2011) Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens.
- /14/ ASTM G4-01(2008) Standard Guide for Conducting Corrosion Tests in Field Applications.
- /15/ ASTM G16-13 Standard Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data.
- /16/ ASTM G30-97(2009) Standard Practice for Making and Using U-Bend Stress-Corrosion Test Specimens.
- /17/ ASTM G38-01(2013) Standard Practice for Making and Using C-Ring Stress-Corrosion Test Specimens.
- /18/ ASTM G39-99(2011) Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens.

- /19/ ASTM G46-94(2013) Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion.
- /20/ ASTM G49-85(2011) Standard Practice for Preparation and Use of Direct Tension Stress-Corrosion Test Specimens.
- /21/ ASTM G58-85(2011) Standard Practice for Preparation of Stress-Corrosion Test Specimens for Weldments.
- /22/ ASTM G96-90(2013) Standard Guide for On-Line Monitoring of Corrosion in Plant Equipment (Electrical and Electrochemical Methods).
- /23/ ASTM G102-89(2010) Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.
- /24/ ASTM G111-97(2013) Standard Guide for Corrosion Tests in High Temperature or High Pressure Environment, or Both.
- /25/ ISO 7539-1:2012 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 1: General guidance on testing procedures.
- /26/ ISO 7539-2:1989 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 2: Preparation and use of bent-beam specimens.
- /27/ ISO 7539-3:1989 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 3: Preparation and use of U-bend specimens.
- /28/ ISO 7539-4:1989 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 4: Preparation and use of uniaxially loaded tension specimens.
- /29/ ISO 7539-5:1989 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 5: Preparation and use of C-ring specimens.
- /30/ ISO 7539-6:2011 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under constant load or constant displacement.
- /31/ ISO 7539-8:2000 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 8: Preparation and use of specimens to evaluate weldments.
- /32/ ISO 7539-9:2003 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 9: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under rising load or rising displacement.
- /33/ ISO 7539-10:2013 Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part 10: Reverse U-bend method.
- /34/ ISO 11463:1995 Corrosion of metals and alloys. Evaluation of pitting corrosion.
- /35/ ISO 11845:1995 Corrosion of metals and alloys. General principles for corrosion testing.