

Inovačné technológie na jadrovom zariadení TSÚ RAO

Róbert Horúcka, Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť, a. s., horucka.robert@javys.sk

Souhrn

V príspevku seminára RÁDIOAKTÍVNE ODPADY bude predstavená činnosť Jadrovej a vyrad'ovacej spoločnosti (JAVYS, a. s.) a jedno z jej dôležitých poslání – nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi (RAO). Nosnou časťou pri vykonávaní tejto činnosti je prevádzkovanie jadrového zariadenia Technológie na spracovanie a úpravu RAO (TSÚ RAO). Súčasťou prevádzkovania jadrového zariadenia je aj príprava a zaradenie inováčných technológií, zohľadňujúcich nové požiadavky pomocou vhodných metód v procese nakladania s RAO (spracovanie sypkých RAO, spaľovanie, pretavba kovových RAO). Cieľom procesu je dosiahnuť optimálnu formu pre veľmi nízko a nízko aktívne RAO, spĺňajúcu požiadavky na ich bezpečné spracovanie a konečné uloženie.

Kľúčová slova: *rádioaktívny odpad, spracovateľské linky, technológie na spracovanie a úpravu RAO*

Úvod

Pred 50 rokmi, po dvoch prevádzkových udalostiach, padlo rozhodnutie odstaviť reaktor a ukončiť činnosť prevádzky prvej atómovej elektrárne vo vtedajšej ČSSR, ktorá bola vybudovaná v lokalite Jaslovské Bohunice. Na JE A1 začali postupné práce na odstraňovaní potencionalnej environmentálnej záťaže. Pre potreby bezpečnej likvidácie vznikajúceho rádioaktívneho odpadu z vyrad'ovania JE A1 a prevádzky jadrových elektrární bolo treba vybudovať spracovateľské technológie. Uznesením vlády 190/1994 bol prijatý „návrh koncepcie zneškodňovania RAO z JZ a ostatných pracovísk so zdrojmi ionizujúceho žiarenia“. Začalo sa s výstavbou BSC RAO a s dobudovaním Republikového úložiska (RÚ RAO) v Mochovciach. V budove hlavného výrobného bloku (HVB) JE A1 boli najskôr inštalované technológie potrebné na dekontamináciu, fragmentáciu kovového RAO a vitrifikáciu chrompiku. Technológie sa postupne inovovali, dopĺňali a prispôbovali potrebám nakladania s RAO z vyrad'ovania a prevádzky JZ. V roku 2006 vznikla samotná spoločnosť (najskôr pod názvom GovCo, a.s.), ktorej činnosť - nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi - sa stala jedným z jej dôležitých poslání - Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť, a. s..

Technológie na spracovanie a úpravu rádioaktívnych odpadov (TSÚ RAO)

V jadrovom zariadení Technológie na spracovanie a úpravu rádioaktívnych odpadov v lokalite Jaslovské Bohunice sa spracovávajú a upravujú kvapalné a pevné rádioaktívne odpady (RAO) z vyrad'ovania a prevádzky jadrových elektrární, inštitucionálne rádioaktívne odpady a rádioaktívne odpady v rámci poskytovania ďalších komerčných služieb. Súčasťou jadrového zariadenia sú predovšetkým technologické linky umiestnené v Bohunickom spracovateľskom centre rádioaktívnych odpadov:

Koncentrácia KRAO – metóda založená na spracovaní kontaminovaných vôd zahusťovaním v prietokovej duplikátorovej odparke (Obr.1). Zahusťený výsledný koncentrát sa ako vodná zložka solidifikuje pri cementácii a brídový kondenzát sa po dočistení na ionexových filtroch organizovane vypúšťa do ŽP.



Obr.1 Odparovacie zariadenie koncentrácie

Cementácia RAO – solidifikačná metóda, pri ktorej je na báze chemickej reakcie cementom viazaná voda ako hlavná zložka kvapalného RAO. Proces prebieha v stanovenom pomere, keď sa podľa overených receptúr dávajú kvapalné RAO, prísady a cement do šikmého zmiešavača (Obr.2). Výsledným produktom je cementová kaša, ktorá sa šaržovito vypúšťa a vyplňa voľný objem medzi pevnými RAO, vloženými do pripraveného vláknotónového kontajnera (VBK). Pre znižovanie sekundárnych odpadov sa oplachové vody opätovne využívajú v technologickom procese. Kontajnery s vytvrdnutým cementovým produktom sa po výslednej kontrole a splnení predpísaných parametrov transportujú do Republikového úložiska RAO v Mochovciach.



Obr.2 Šikmý zmiešavač cementačného zariadenia

Triedenie PRAO – princípom je zabezpečiť prísun odpadov s takými charakteristickými vlastnosťami a v takom stave, aby boli spracovateľné na jednotlivých technologických linkách. K tomuto účelu slúži triediaci box s možnosťou triedenia odpadov na spáliteľný, lisovateľný a nelisovateľný. Na dosiahnutie vhodných rozmerov odpadu sa používa oblúková píla, kotúčová píla a hydraulická strihacia jednotka. Triediaci box ako celok je vybavený zberným žlabom na kvapaliny, ktoré sa dostávajú do priestoru triedenia s odpadom. Na triediacom pracovisku sa nachádza nerezový triediaci stôl s digestorom, ktorým je vzdušina odsávaná do odsávacieho systému. Vytriedený rádioaktívny odpad je k technologickým linkám transportovaný v 200 dm³ sudoch, ktoré sú zaevidované v systéme s priradeným jednoznačným identifikačným číslom.

Spaľovanie RAO – je vysokoteplotný proces, ktorého účelom je redukcia objemu pevných a kvapalných kontaminovaných spáliteľných odpadov. Pevný spáliteľný odpad je zabalený do vreciek s objemom cca 15 dm³, umiestnených v 200 dm³ sudoch, v ktorých sú transportované k zariadeniu

Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci •

spařovne a prostredníctvom dávkovacieho zariadenia dávkované do pece. Spařovňa je dvojkomorová, pozostáva z hlavnej spařovacej pece a dopařovacej komory (Obr.3). Spařovanie prebieha pri teplote 750 – 950°C. Vyhriatie pece na prevádzkovú teplotu sa dosahuje pomocou plynového horáka. Plynné spařiny sú podtlakom unášané z pece a dopařované v dopařovacej komore pri teplote 950 – 1150°C. Spařiny opúšťajúce dohorievaciu komoru sú schladzované v spařinovom výmenníku, filtrované prechodom cez tkaninový rukávový filter a následne čistené dvojestupňovým prepieraním vo vysokoúčinných práčkach. Finálna filtrácia sa uskutočňuje na aerosólových HEPA filtroch. Celé zariadenie spařovne pracuje pri trvalom podtlaku v systéme, ktorý zabezpečuje usmernený tok spařín. Po dočistení sú spařiny odvádzané ventilačným komínom za kontinuálneho merania chemických a rádiologických emisií. Popol usadený na dne pece a dopařovacej komory spolu so zachytenými tuhými čiasťkami – popolčekom zo spařinového výmenníka a rukávového filtra je po zhomogenizovaní a zafixovaní do spevňovacej matrice – parafínu, vypúšťaný do suda. Ten je ďalej spracovaný vložením do VBK. Pracia kvapalina je spracovávaná cementáciou. Celý proces spařovania je riadený počítačovou technikou a bezpečnostné parametre sú prísne sledované.



Obr.3 Pec a dopařovacia komora s horákom spařovacieho zariadenia

Vysokotlaké lisovanie PRAO – metóda, ktorá sa používa na redukciu objemu pevných rádioaktívnych odpadov. Realizuje sa na zariadení vysokotlaké lisu (Obr.4) pri tlaku do 20 000 kN. Odpady sú k lisovaciemu zariadeniu transportované v 200 dm³ sudoch. Výsledným produktom je výlisok (Obr.5), ktorý je pomocou súradnicového žeriavu vkladaný do vláknobetónového kontajnera a pripravený na vyplnenie voľného objemu cementovou zálievkou.

Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zde může být upoutávka na vaši firmu, stane-li se PATRONEM ČÍSLA, a její jméno bude na každé stránce!



Obr.4 Vysokotlaký lis



Obr.5 Výlisok

Ďalšími technologickými linkami, ktoré sú súčasťou jadrového zariadenia Technológie na spracovanie a úpravu rádioaktívnych odpadov, ale sú umiestnené mimo BSC RAO sú:

Bitúmenačné linky KRAO – založené na fyzikálnom procese, pri ktorom dochádza k homogenizácii a dokonalému premiešaniu bitúmenu so soľami pevného zvyšku pri teplote 160 – 200 °C, pričom dochádza k odpareniu vody. Proces prebieha kontinuálne vo filmovej rotorovej odparke a výsledný bitúmenový produkt sa zachytáva v 200 dm³ oceľovom sude (Obr.6). Ten je v ďalšom kroku finálneho spracovania ukladaný do vláknobetónového kontajnera (VBK). Brídový kondenzát sa po dočistení na ionexových filtroch organizovane vypúšťa do recipientu a ŽP.



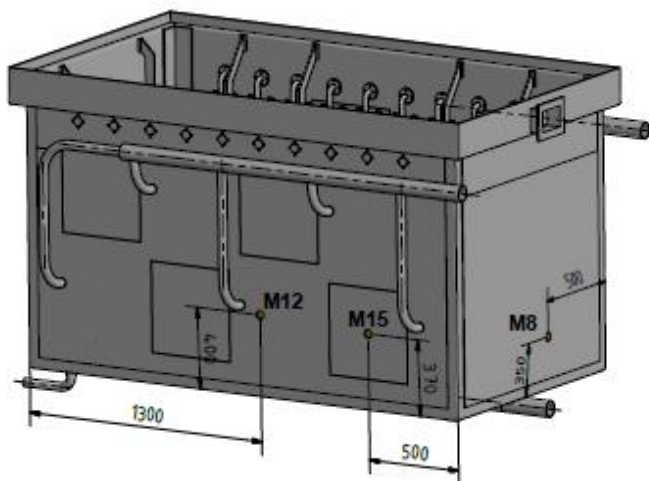
Obr.6 Sud s bitúmenovým produktom pod filmovou rotorovou odparkou

Čistiaca stanica odpadových vôd - Technologické zariadenie určené na čistenie mechanicky znečistených RA vôd technológiou destilácie. Kondenzát mechanicky vyčistených vôd, vzniknutý kondenzáciou pár pochádzajúcich z odparovanej rádioaktívnej kvapaliny, sa prečerpáva cez ionexové filtre, kde sa zachytávajú chemicky viazané katióny, resp. anióny chemických zlúčenín (vrátane

Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci •

rádioaktivných) obsiahnutých v čistenej vode. Takto vyčistený brídový kondenzát sa po chemickej a rádiologickej kontrole organizovane vypúšťa do recipientu a ŽP.

Veľkokapacitná dekontaminačná linka (VDL) - je komplexné zariadenie určené na dekontamináciu rádioaktívneho kovového materiálu, s cieľom uvoľnenia čo najväčšieho množstva do životného prostredia. Nachádza sa v obj. 34 (bývalá strojovňa JE A1). VDL tvorí sústava technologicky účinných dekontaminačných zariadení: chemická dekontaminácia, ultrazvuková dekontaminácia (Obr.7) a elektrochemická dekontaminácia.



Obr.7 Dekontaminačná vaňa ultrazvuková

Okrem dekontaminačných vaní sú pod súborom zariadení VDL (Obr.8) zahrnuté aj pomocné zariadenia ako chemické hospodárstvo (komplex nádrží, potrubných rozvodov, armatúr, čerpadiel, rozvod pary, kondenzátu a demineralizovanej vody na prípravu dekontaminačných roztokov), vzduchotechnický odsávací systém s ventilátorom, transportné technologické zariadenia, regeneračný a filtračný modul pre použité dekontaminačné roztoky, zariadenia na monitorovanie a triedenie zdekontaminovaného materiálu.



Obr.8 Veľkokapacitná dekontaminačná linka

Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci •
Zde může být upoutávka na vaši firmu, stane-li se PATRONEM ČÍSLA, a její jméno bude na každé stránce!

Technologické linky na triedenie, fragmentáciu a dekontamináciu kovových RAO - pracoviská fragmentácie na PS 001, PS 002, PS 003, PS 006, PS 007 v obj. 34 (bývalá strojovňa JE A1) sú určené na triedenie a delenie kovových materiálov pomocou pálenia plazmou a kyslík-acetyénom, fragmentovanie na hydraulických nožniciach, rezania na kotúčovej, priečnej a pozdĺžnej pile a dekontamináciu materiálov otryskávaním - suchá dekontaminácia. Pracovisko fragmentácie na PS 008 je určené na triedenie, odblankovávanie, odžilovanie a drvenie použitých elektrických káblov.

Technologické linky na spracovanie použitých vzduchotechnických filtrov a použitých elektrických káblov

Pracovisko drvenia použitých elektrických káblov PS 008 v obj. 34 slúži na spracovanie použitých káblov. Tu sa káble triedia, strihajú, dekontaminujú, zbavia vonkajších izolácií, rozdrvja a rozseparujú. K pracovisku patrí technologické zariadenie: pracovné stoly, ručné hydraulické nožnice a elektrická hydraulická pumpa, odblankovávacie a odžilovávacie zariadenie, drvič použitých elektrických káblov a priemyselný vysávač s HEPA filtrom.

Pracovisko spracovania použitých VZT filtrov PS 009 sa nachádza v obj. 32 (bývalej medzistrojovni JE A1) a je určené na spracovávanie použitých VZT filtrov zo vzduchotechnických systémov jadrových zariadení. Zariadenie na spracovanie VZT filtrov je schopné filtre drviť, separovať magnetické a hliníkové častice, dávkovať a miešať chemikálie. Výsledné produkty zo zariadenia je možné lisovať do 200 dm³ MEVA sudov alebo dávkovať a lepiť do plastových kónusových vriec z tatrafolu, vhodných na spracovanie spaľovaním.



Obr.7 Pracovisko spracovania použitých VZT filtrov

Finálne spracovanie kvapalných rádioaktívnych odpadov (FS KRAO)

Jadrové zariadenie Finálne spracovanie kvapalných RAO je určené predovšetkým na spracovanie a úpravu kvapalných RAO, ktoré vznikajú pri prevádzke jadrovej elektrárne v Mochovciach. Okrem toho je využívané aj na úpravu pevných RAO cementáciou do vláknobetónových kontajnerov po ich transporte z lokality Jaslovské Bohunice. Je umiestnené v areáli pri prevádzkových blokoch jadrovej elektrárne v Mochovciach (EMO 1,2).

Príprava inovačných technológií v procese nakladania s RAO

Súčasťou prevádzkovania jadrového zariadenia TSÚ RAO je aj príprava a zaradenie inovačných technológií, zohľadňujúcich nové požiadavky pomocou vhodných metód v procese nakladania s RAO (spracovanie sypkých RAO, spaľovanie, pretavba kovových RAO). Cieľom procesu je dosiahnuť optimálnu formu pre veľmi nízko a nízko aktívne RAO, spĺňajúcu požiadavky na ich bezpečné spracovanie a konečné uloženie.

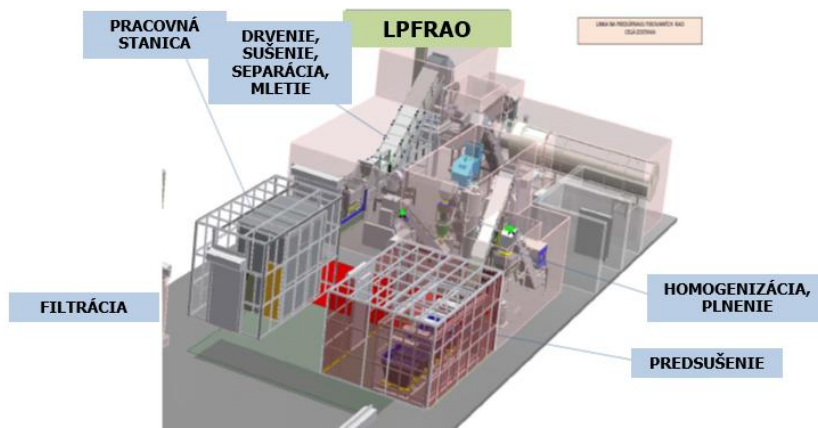
Technologická linka na predúpravu fixovaných RAO (LPFRAO)

Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci •

Komplex technologických linek spracovania a úpravy RAO v JZ TSÚ RAO je doplnený o nové zariadenie - Linku na predúpravu fixovaných RAO, ktorá umožní drvenie matrice, v ktorej sú fixované vysýtené ra-sorbenty vložené v 220 dm³ sudoch. Linka (Obr. 8) následne zabezpečí vysušenie drviny, separáciu nehorľavých prímiesí, pomletie odpadu na jemnú frakciu a následnú homogenizáciu odpadu z pohľadu zabezpečenia splnenia limitů a podmienok pre prijateľnosť odpadu na jeho spálenie na spaľovni PS 06 BSC. Linka okrem predúpravy odpadu v sudoch umožňuje taktiež rozdrviť tieto sudy po ich vyprázdení.

Optimalizácia kapacít spaľovania

c) LPFRAO



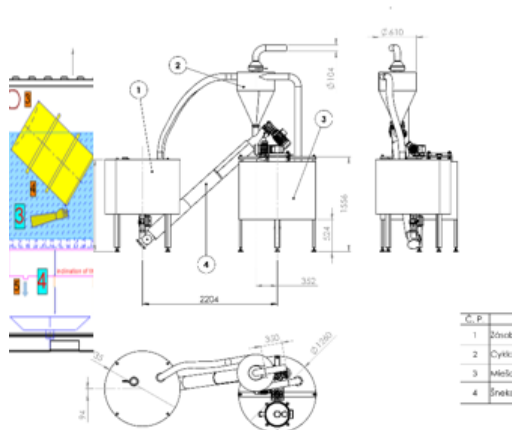
Obr.8 Linka na predúpravu fixovaných RAO

Uzol dávkovania sypkých RAO na spaľovni PS 06 BSC

Uzol sypkých RAO slúži na príjem, dopravu a dávkovanie spáliteľných sypkých RAO do spaľovacej pece PS06 v BSC TSÚ RAO, ktoré dosiaľ nebolo technologicky riešené. Spáliteľné sypké RAO sú aktívne ionexy, ktoré sú prevážané v 200 l MEVA sudoch z Linky na predúpravu fixovaných RAO v obj.44/20. Tieto spáliteľné sypké RAO je potrebné odtransportovať do spaľovacej pece v množstve 0,5 až 3 kg/min. K tomu slúži zariadenie na preklápanie sudov s prijímacím boxom a zásobným objemom z dvoch sudov, šnekového dopravníka smerujúceho do homogenizačnej nádrže o objeme 400 l, obsahujúcej miešadlo a vyhrievanie v regulovanom rozsahu +70 až 150 °C pre zbavenie zbytkovej vlhkosti s následnými dvomi šnekovými dopravníkmi umožňujúcimi dávkovanie odpadu cez prírubu spaľovacej komory do spaľovacej pece. V samotnej peci prebieha termická likvidácia sypkých RAO spaľovaním. Výkon zariadenia na dopravu sypkých RAO je 3 kg/min.

Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zde může být upoutávka na vaši firmu, stane-li se PATRONEM ČÍSLA, a její jméno bude na každé stránce!

a) Uzol dávkovania sypkých RAO



Obr.9 Uzol dávkovania sypkých RAO

Projekt optimalizácie kapacít spaľovania

Zariadenie je určené na objemovú a hmotnostnú redukciu rádioaktívnych odpadov spaľovaním s celkovou ročnou kapacitou 240 t. Technológia bude pracovať na princípe moderných spaľovacích zariadení nebezpečného priemyselného a nemocničného odpadu.

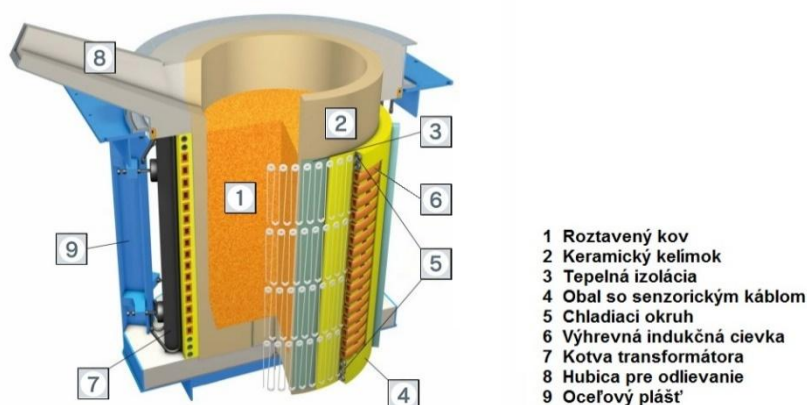
Princíp navrhutej technológie spočíva v termickom rozklade v dvojstupňovom spaľovacom zariadení s osadenými automatizovanými plynovými horákmi, určenými na priame oxidačné dvojstupňové kontinuálne spaľovanie tuhého, pastovitého a kvapalného odpadu v podtlakovom režime. Predpokladaná zdržná doba odpadu v peci bude cca 20-40 minút. Výsledným produktom spaľovania je popol, popolček a odpadová voda.

Zariadenie bude pozostávať z rotačnej pece ako prvého stupňa a termoreaktora ako druhého stupňa termického spracovania odpadu. Na tieto zariadenia sú napojené systémy dávkovania odpadov ako aj systém chladenia spalín na teplotu, ktorá je limitovaná použitím látkového rukávového filtra so zabudovaným katalyzátorom na redukciu dioxínov. Okrem suchého mechanického spôsobu čistenia spalín bude použitý taktiež mokrý princíp odstraňovania znečisťujúcich látok. Ohriate spaliny z tepelného výmenníka (voda/spaliny) budú cez poistný absolútny filter pomocou ventilátora odvádzané do ventilačného komína za kontinuálnej radiačnej kontroly spalín a sledovania chemických emisií.

Pretavba kovových RAO

Kovové materiály na pretavovanie budú dekontaminované na dekontaminačnej linke, fragmentované na fragmentačnej linke a triedené v objekte 34 (bývalej strojovni JE A1). Triedenie sa vyžaduje kvôli dosiahnutiu absencie rôznych súčiastok obsahujúcich vodu, ktorá vedie k tvorbe pary v tavenine a riziku explózie v dôsledku prítomnosti vodíka. Jednotlivé kusy odpadu musia byť upravené na dostatočnú veľkosť, aby umožnili vsádzanie do pece. Materiál sa bude prepravovať v 200 dm³ MEVA sudoch vidlicovým vysokozdvížným vozíkom cez vstupnú halu na pracovisko prípravy materiálu. Tam sa podľa charakteru materiálu v sude rozhodne o forme v akej sa materiál bude vkladať do taviacej pece (Obr.9). V prípade že sa bude jednať o kovový odpad ktorý pôjde priamo na pretavbu bez úpravy (veľké kusy do hmotnosti 400 kg), tieto sa preložia do suda z čierneho plechu a ten sa prepraví na pecnú plošinu. Sud sa do pece vloží žeriavom, na ktorý obsluha upne zariadenie na prenos sudov. Taviaca pec (strednofrekvenčná indukčná pec s frekvenčným meničom) je určená pre tepelné spracovanie ocele a liatiny, na tavenie, udržiavanie na teplote a metalurgické spracovanie. Je uložená v nosnej konštrukcii, ktorá umožňuje naklápanie pece pre zabezpečenie vylievania roztavenej taveniny do kokíl. V hornej časti je vybavená uzatváracím mechanizmom na uzatvorenie pece počas nahrievania kovového šrotu. Z dôvodu regulácie procesu sa bude do pece pridávať troskotvorná prísada (zmes oxidov, ktoré sa

pridávajú do taveniny na zlepšenie záchyty nečistôt), na zlepšenie separácie trosky. Vyplýva to zo skutočnosti, že počas pretavby dochádza k troskovej fáze, keď sa v troske zachytí prevažná časť kontaminácie. Pri pretavovaní rádioaktívne kontaminovaného kovového odpadu sa rádionuklidy sčasti distribuujú medzi taveninu (ingot), trosku (sekundárny RAO) a pecné plyny z procesu pretavovania, čím sa vstupný materiál dekontaminuje. Po roztavení sa troska vytvorená na povrchu kovovej fázy odstraňuje manipulátorom a vkladá do suda na to určeného. Sud s troskou bude pokračovať na samostatné spracovanie. Ovládanie pece bude realizované cez ovládací panel riadiaceho systému s vizualizáciou.



Obr.9 Rez elektrickou indukčnou pecou na pretavovanie

Záver

Technologické linky na spracovanie RAO sú výrazným prínosom v oblasti riešenia otázky nakladania s RAO v Slovenskej republike. V zmysle zákona č. 541/2004 Z. z., Zákon o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení ďalších zákonov, majú viesť všetky činnosti pri zaobchádzaní s RAO k ich bezpečnému oddeleniu od životného prostredia. Spracovaním a úpravou RAO na spracovateľských linkách v spoločnosti JAVYS, a. s., sú vytvorené všetky predpoklady tento cieľ dosiahnuť. Spracovateľské linky spolu s odbornou obsluhou umožňujú bezpečné nakladanie s veľmi nízko a nízko aktívnymi RAO, pochádzajúcimi z prevádzky jadrových zariadení, vyradovania JE A1 a JE V1 ako aj nakladania s IRAO. Počas nakladania s RAO na spracovateľských linkách sa využívajú rôzne metódy znižovania tvorby odpadných vôd, dočisťovania na ionexových filtroch, sledovania emisií

Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci • Záhlaví vyhrazeno pro redakci •

a celkového vplyvu na životné prostredie, ktorý je hodnotený v komplexnom dokumente - Správe o vplyve prevádzky na ŽP.

Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci • Zápatí vyhrazeno pro redakci •
Zde může být upoutávka na vaši firmu, stane-li se PATRONEM ČÍSLA, a její jméno bude na každé stránce!