

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 20.12.2006

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 12.11.2008
(Věstník č. 46/2008)

(21) Číslo dokumentu:

2006-816

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F22D 11/00 (2006.01)
F22B 37/02 (2006.01)
F22B 37/00 (2006.01)
G21D 3/08 (2006.01)
G05D 21/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s., Řež, CZ

(72) Puvodce:

Kárník Dalibor Ing., Kralupy nad Vltavou, CZ
Papp Ludovit Ing. CSc., Ostrava - Plesná, CZ

(74) Zástupce:

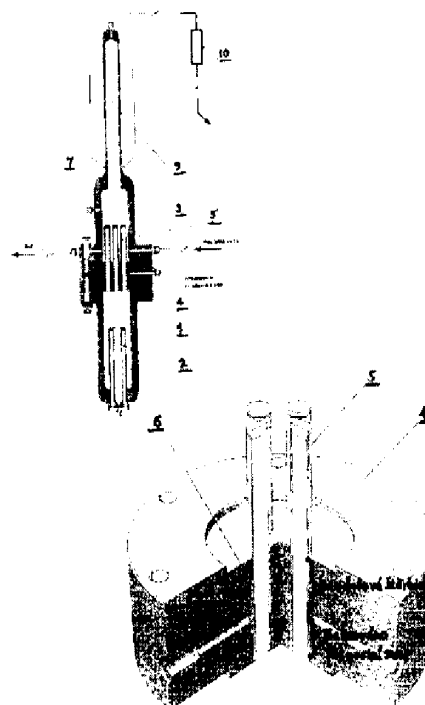
Ing. Pavel Reichel, Lopatecká 14, Praha 4, 14700

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení pro stanovování a monitorování
složení zahuštěných roztoků a úsad v
konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem,
nacházejících se na trase napájecí vody
parogenerátorů energetických zařízení,
například tepelných nebo jaderných
elektráren**

(57) Anotace:

Zařízení pro stanovování a monitorování složení zahuštěných roztoku a úsad v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátoru energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren, sestává z primární tlakové nádoby (1) s topným médiem, v němž je vlastní regulovaný zdroj (2) tepla, a ze sekundární tlakové nádoby (3), napojené svým vstupem a výstupem do trasy napájecí vody parogenerátoru. Mezi primární a sekundární tlakovou nádobu (1, 3) je těsně vložen výměnný člen (4), jehož tělesem těsně prochází nejméně jedna teplosměnná trubka (5), kde po části její délky, na straně přivrácené k sekundární tlakové nádobě (3), je mezi její vnější stěnou a tělesem výměnného členu (4) vytvořena modelová konstrukční štěrba (6), a kde teplosměnná trubka (5) je propojena na jednom konci s vnitřním prostorem primární tlakové nádoby (1) a druhý protilehlý uzavřený konec teplosměnné trubky (5) zasahuje do vnitřního prostoru sekundární tlakové nádoby (3) tak, že při funkci zařízení je tento druhý konec zaplaven napájecí vodou z parogenerátoru.



Zařízení pro stanovování a monitorování složení zahuštěného roztoku a úsad v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátorů energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren.

Oblast techniky

Vynález se týká uspořádání zařízení pro stanovování a monitorování složení zahuštěného roztoku a úsad v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátorů energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren.

Dosavadní stav techniky

Monitorování korozních dějů a procesů degradace v sekundárním okruhu jaderné elektrárny je základem pro dlouhodobé sledování stavu komponent sekundárního okruhu a hodnocení průběhu jejich životnosti. Pro tyto účely se již monitorují chemické režimy parogenerátoru, průběhy teplot a tlaků, i údaje o deformačním stavu a podobně. Informace o průběhu chemického složení napájecí a odluhové vody jsou ukládány do databází a slouží k hodnocení okamžitého stavu parogenerátoru a následné analýze poškození trubek a jeho dalších částí.

Proces stárnutí parogenerátoru závisí na kvalitě chemického režimu a jeho dlouhodobé stabilitě. V případě částí parogenerátoru znamená stárnutí zejména výskyt různých korozních procesů. V procesu všeobecné koroze i korozního praskání, probíhajícího za současného působení vlivu materiálu, napětí a prostředí, je chemie prostředí jediným faktorem, který lze ovlivnit za provozu parogenerátoru. Dodržováním kvality sekundárního prostředí je možno zpomalit proces iniciace trhlin a lze i zabránit následnému rozvoji trhlin. Z hlediska procesu stárnutí parogenerátoru se vliv chemie sekundární vody projevuje zpočátku velmi pomalu.

Za provozu sekundárního okruhu je v prostorech vymezených konstrukčními štěrbinami (mezi trubkou a podpěrrou, kolem trubky v trubkovnici, atd.) omezený látkový transport a může dojít k vytvoření takzvaného okludovaného, stíněného roztoku. Kvalita prostředí v těchto objemech, které sestává z fází pevné, kapalné i plynné, je určována zejména tepelným tokem a iontovými poměry v okolním prostředí, to je v sekundárním okruhu. V podmínkách konstrukčních štěrbin parogenerátoru dochází ke vzniku okludovaného roztoku lokálním zahušťováním nečistot, přítomných původně ve velmi nízkých koncentracích v napájecí vodě, až na úroveň hmotnostních procent rozpuštěné složky. Dochází k lokálnímu varu, odpařování kapalné fáze a vypařování pevné složky. Při daném

konstrukčním a materiálovém řešení je pro minimalizaci korozních problémů nutné dodržet optimální parametry vodního režimu parogenerátoru, jež jsou dány zejména složením vstupní napájecí vody, vyváženým iontovým poměrem a poměrem objemů kondenzátu a odkalovací vody.

V 90. letech minulého století došlo k poškození více než dvaceti studených kolektorů parogenerátoru VVER 1000 po jednom až sedmi letech provozu. Příčina byla formulována jako korozní praskání, iniciované ze sekundární strany ve štěrbině mezi kolektorem a trubicí v trubkovnici. Dále se vyskytlo poškození studeného i horkého kolektoru parogenerátoru, iniciované uvnitř závitového hnízda pod svorníkem víka. Příčinou bylo opět korozní praskání iniciované v konstrukční štěrbině.

K oblastem s největším rizikem korozního poškození vestavby parních generátorů jaderné elektrárny VVER patří štěrbinové tvoreny zejména v konstrukčních uzlech:

- teplosměnná trubka – kolektor
- teplosměnná trubka – distanční podpěra
- závitové hnízdo kolektoru.

Prostředí v konstrukčních štěrbinách za provozu parogenerátoru není přesně známo, lze jej pouze nepřímo odvodit termodynamickým výpočtem. V současné době se pro výpočet používá program MULTEQ a jako základní vstupní údaje:

- tepelný tok v místě štěrbin (teplota stěny trubky)
- obsahy příměsí v odluhové vodě při odstavování parogenerátoru (měření Hide - Out Return, dále jen HOR).

Vstupní údaje pro výpočtový model jsou zatíženy značnými nejistotami. Teplota v místě štěrbin není měřena, ale odvozována z teploty okolní vody, přičemž například nánosy působí jako překážky pro tepelnou výměnu a teplota trubky závisí na jejích tloušťce, která se nedá přesně změřit bez vyjmutí trubky. Obsahy příměsí v odluhové vodě se při odstavování parogenerátoru (HOR) zvyšují o příměsí vymývané ze štěrbin. Analytické výsledky obsahu příměsí v odluhové vodě při odstavování parogenerátoru však reprezentují vymývání solí ze všech stíněných oblastí parogenerátoru. Z hlediska modelování a výpočtu parametrů média ve štěrbinách trubka – trubkovnice, resp. trubka – upínka, nemusí mít údaje o složení odluhové vody dostatečnou vypovídací schopnost o pH, složení a koncentraci nečistot ve štěrbinách.

Podstata vynálezu

Předmětem tohoto vynálezu je zařízení umožňující stanovování a monitorování složení zahuštěného roztoku a úsad v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátorů energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren. Přesné stanovení podmínek ve štěrbinách je úloha velmi složitá a její řešení v reálném provozovaném parogenerátoru neexistuje. Pro studium chemického chování roztoků ve štěrbinách se jako nejschůdnější jeví elektrochemická a chemická měření přímo v modelové štěrbině, simulující reálný konstrukční uzel. Pro tyto účely bylo vyvinuto zařízení, které umožní simulaci fyzikálních podmínek, vyskytujících se v reálném parogenerátoru a odběr kapalných vzorků přímo z prostředí modelových konstrukčních štěrbin.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že zařízení sestává z primární tlakové nádoby s topným médiem, v němž je vlastní regulovaný zdroj tepla, a ze sekundární tlakové nádoby, napojené svým vstupem a výstupem do trasy napájecí vody parogenerátoru, kde mezi primární a sekundární tlakovou nádobou je těsněně vložen výměnný člen, jehož tělesem těsněně prochází nejméně jedna teplosměnná trubka. Po části její délky, na straně přivrácené k sekundární tlakové nádobě, je mezi její vnější stěnou a tělesem výměnného členu vytvořena modelová konstrukční štěrbina. Teplosměnná trubka je propojena na jednom konci s vnitřním prostorem primární tlakové nádoby a druhý, protilehlý uzavřený konec teplosměnné trubky zasahuje do vnitřního prostoru sekundární tlakové nádoby tak, že při funkci zařízení je tento druhý konec zaplaven napájecí vodou z parogenerátoru.

Sekundární tlaková nádoba může být uspořádána nad primární tlakovou nádobou, přičemž teplosměnná trubka je na straně směrem k primární tlakové nádobě otevřená a je uzavřená na straně, zasahující do sekundární tlakové nádoby.

Topné médium v primární tlakové nádobě může být tvořeno vodou nebo vodou s obsahem kyseliny borité v množství od 2 do 12 % hmotn.

Sekundární tlaková nádoba je opatřena hladinoměrem pro řízení přítoku napájecí vody, vodní prostor sekundární tlakové nádoby je opatřen výpustí k simulaci odluhování sekundárního prostoru parogenerátoru a nad hladinou napájecí vody v sekundární tlakové nádobě je parní prostor, který je opatřen výpustným regulačním ventilem pro nastavení průtoku napájecí vody. V potrubí přítoku napájecí vody do sekundární tlakové nádoby může být člen pro předehřev této napájecí vody. Sekundární tlaková nádoba může být pro odvod

páry ze svého parního prostoru opatřena zpětným chladičem s nuceným vzduchovým chlazením, zaústěným do chladiče kondenzátu.

Teplosměnná trubka může být do tělesa výměnného členu zalisována s nulovou tolerancí a ze strany primární tlakové nádoby po svém obvodu k uvedenému tělesu přivařena, přičemž modelová štěrbina, vytvořená v tomto tělese, má tloušťku 0,1 až 0,15 mm a je uzpůsobena pro přímý odběr vzorků zahuštěného roztoku a k provádění chemických a elektrochemických měření z prostředí štěrby.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je blíže osvětlen na připojených obrázcích a podrobně popsán na příkladu jeho provedení. Na obr.1 a obr.2 je schematicky zobrazen příklad provedení zařízení podle tohoto vynálezu. Na obr.3 je detail výměnného členu tohoto zařízení, ve kterém jsou vytvořeny modelové konstrukční štěrby.

Příklady provedení vynálezu

Do tlakového systému napájecí vody parogenerátoru energetického zařízení, například tepelné nebo jaderné elektrárny, je vložena tlaková nádoba, do které je zaústěn přívod napájecí vody o požadované teplotě, například 180 °C, z potrubí napájení parogenerátoru, v závislosti na konkrétních simulovaných provozních parametrech parogenerátoru. Pro možnost regulace teploty napájecí vody na vstupu do tlakové nádoby může být do přívodního potrubí vložen předehřev této vody, například ve formě elektrického topného členu. Zařízení podle tohoto vynálezu obsahuje dvě tlakové nádoby. Obsahuje jednak primární tlakovou nádobu 1, která slouží pro simulování provozních podmínek primárního okruhu parogenerátoru, to je zdroje topné páry, a jednak sekundární tlakovou nádobu 3, která slouží pro simulování provozních podmínek sekundární části parogenerátoru, to je zdroje páry pro turbínu. Primární tlaková nádoba 1 obsahuje vlastní regulovaný zdroj 2 tepla, například elektrické topné články, který zahřívá primární topné médium. Tímto primárním topným médiem může být voda, voda s obsahem kyseliny borité v množství přibližně 2 až 12 % hmot., obvykle 6 % hmot., a podobně. Konkrétní složení závisí v případě jaderné elektrárny na jejím typu a stupni vyhoření paliva v reaktoru a je proměnné.

Do uzavřené primární tlakové nádoby 1 je zaústěn přívod a odvod topného média, jsou zde rovněž měřicí a regulační prvky teploty a tlaku topného média. S vnitřním prostorem primární tlakové nádoby 1 jsou propojeny spodní otevřené konce teplosměnných trubek 5, například jedné až sedmi trubek většího průměru 16 mm a vnitřního průměru 13 mm. Teplosměnné trubky 5 těsně procházejí válcovým výměnným členem 4 tloušťky 80 mm s

modelovými konstrukčními štěrbinami 6 a svými horními uzavřenými konci zasahují do vnitřního prostoru uzavřené sekundární tlakové nádoby 3, do které ústí přívod napájecí vody. Uzavřené konce teplosměnných trubek 5 uvnitř sekundární tlakové nádoby 3 jsou v pracovním režimu zařízení vždy zaplaveny napájecí vodou. Kontrola tohoto stavu je prováděna pomocí hladinoměru 7 sekundární tlakové nádoby 3. Vodní prostor sekundární tlakové nádoby 3 je opatřen výpuštěm k sloužící odluhování sekundárního prostoru parogenerátoru (pod poměrem odluhování se rozumí kontinuální čišťení vody v sekundárním prostoru parogenerátoru). Parní prostor nad hladinou napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3 je opatřen výpustným regulačním ventilem 8, kterým se nastavuje průtok napájecí vody do sekundární tlakové nádoby 3. Průtok napájecí vody je řízen v závislosti na výšce hladiny ve vnitřním prostoru sekundární tlakové nádoby 3 tak, aby byla udržována v rozmezí požadovaných hodnot (například 100 až 200 ml / hod.). Pracovní objem napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3 je přibližně 500 ml, v závislosti na nastavení hladinoměru 7.

Cílem předloženého vynálezu je modelovat intenzitu přestupu tepla v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem v parogenerátoru energetického zařízení. Pro účely modelování jsou mezi jednotlivými teplosměnnými trubkami 5 a tělesem výměnného členu 4 vytvořeny modelové konstrukční štěrbiny 6, mající délku přibližně 40 mm a tloušťku asi 0,12 mm. Každá z teplosměnných trubek 5 je do tělesa výměnného členu 4 zalisována s nulovou tolerancí a ze strany primární tlakové nádoby 1 je těsně po svém obvodu k tomuto tělesu výměnného členu 4 přivařena. Výměnný člen 4 s modelovými konstrukčními štěrbinami 6 je pod přitlakem těsně sevřen mezi přírubami primární a sekundární tlakové nádoby 1, 3.

Pára, která je generována ohřevem topného média v primární tlakové nádobě 1, slouží jako zdroj tepla pro ohřev napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3, kde toto teplo je přenášeno prostřednictvím teplosměnných trubek 5. Regulace topného člunku je založena na měření teploty a tlaku v tomto „primárním“ okruhu tak, že systém pracuje se sytou párou. Změnou nastavení teploty a tlaku se mění tepelný výkon. Protože teplota napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3 je nižší než je teplota páry v teplosměnných trubkách 5 z primární tlakové nádoby 1, dochází ke kondenzaci této páry v teplosměnných trubkách 5 a k intenzivnímu přenosu tepla do napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3. Aby bylo možno simulovat provozní teplotu sekundární části parogenerátoru v sekundární tlakové

hladiče 9 kondenzátu nádobě 3 zařízení je tato sekundární tlaková nádoba 3 opatřena zpětným chladičem 9, *zaujímajícím do* s možností regulace množství odváděného tepla, která se provádí nuceným vzduchovým chlazením. Zpětnovazební regulace výkonu tohoto zpětného chladiče 9 resp. chladičho ventilátoru, se provádí v závislosti na tlaku v sekundární tlakové nádobě 3, protože měření tohoto tlaku je přesnější než měření teploty napájecí vody v sekundární tlakové nádobě 3 za

varu při teplotách přibližně 260 až 270 °C. Obdobným způsobem se měří tlak v sekundárním prostoru parogenerátoru.

Základním předpokladem modelování procesů v konstrukčních šterbinách je dodržení teplot v modelových konstrukčních šterbinách 5, jelikož tepelný tok se mění v závislosti na charakteru úsad. Z možností, které se nabízejí pro vytápění teplosměnných trubek 5, bylo zvoleno kondenzační vytápění na základě tepla, uvolněného v oblasti této modelové konstrukční šterbiny 6 z kondenzace topného média. Zde primární stranu tvoří primární tlaková nádoba 1 s vodou, která je provozována na teplotě sytosti. Na primární straně teplosměnných trubek 5 dochází ke kondenzaci páry, a tím předávání tepla na sekundární stranu. Řešení nevyžaduje výkonné čerpadla, kompenzátory objemu a umožňuje použít přímé trubky. Výhodou je, že množství předávaného tepla je přesně definováno a způsob ohřevu je stejnoměrný po celé teplosměnné ploše a navíc zcela nezávislý na úsadách vznikajících postupně při provozu sekundárního prostoru parogenerátoru, resp. v modelových konstrukčních šterbinách 6 ve výměnném členu 4 zařízení. Vlivem právě těchto úsad dochází ke změnám v přestupu tepla ve šterbinách a tento jev je modelován. Úsady v konstrukčních šterbinách sekundárního prostoru parogenerátoru mohou z korozního hlediska působit po určité době vznik prasklin teplosměnných trubek v sekundárním prostoru parogenerátoru. Proces modelování uvedených změn v modelových konstrukčních šterbinách 6 podle tohoto vynálezu umožňuje detekovat, případně predikovat, vznik uvedených poruch.

Zařízení podle tohoto vynálezu je možno připojit na trasu napájecí vody v reálné elektrárně paralelně ke stávajícím parogenerátorům. Jeho připojením do sekundárního okruhu se získají nové informace o:

- složení prostředí konstrukčních šterbin parogenerátoru, neboť bude možnost odebrat kapalně prostředí z modelových konstrukčních šterbin 6 v libovolném okamžiku. Tato informace je důležitá například i při náhlém úniku chemikálie do sekundárního okruhu, anebo při netěsnosti kondenzátoru ze strany chladicí vody;
- úsadových vrstvách na trubkách parogenerátoru, neboť se předpokládá vyjímání vzorků trubek po stanovené době provozu a provádění analýzy složení, morfologie, tloušťky a stupně napadení povrchu;
- časovém průběhu tvorby úsad, neboť je možno vyjímát spoj obsahující modelové konstrukční šterbiny 6 a opticky pozorovat tvorbu úsad např. ve spoji trubka – trubkovnice.

- sledování složení zahuštěného roztoku pomocí speciálních chemických analýz,
- přímé sledování agresivity zahuštěného roztoku.

Pro přímé sledování agresivity roztoku, popř. sledování napadení v konstrukčních štrbinách, jsou využitelné postupy, založené na klasických i pokročilých elektrochemických technikách. Tyto metody jsou založeny buď na přímém monitorování výskytu lokalizovaného korozního napadení, nebo na indikaci vzniku kritického okludovaného roztoku.

- podle prvních odběrů z modelové konstrukční štěrbině 6 lze ověřit míru použitelnosti kódu MULTEQ a následně zpřesnit dosavadní a budoucí výsledky. Podle potřeby je možno upravit chemický režim sekundárního okruhu jaderné elektrárny tak, aby prostředí štěrbin dosahovalo nejmenší agresivity a tím se co nejvíce prodloužila inkubační doba poškozovacích procesů.

- pravidelné odběry z modelové konstrukční šterbiny 6 zařízení podle tohoto vynálezu lze ukládat do databáze a mohou sloužit jako další informace o historii provozu parogenerátoru, ze kterých bude možno odhadovat jeho životnost.

Vynález je využitelný při stanovování a monitorování složení zahuštěného roztoku a úsad v konstrukčních šterbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátorů energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren.

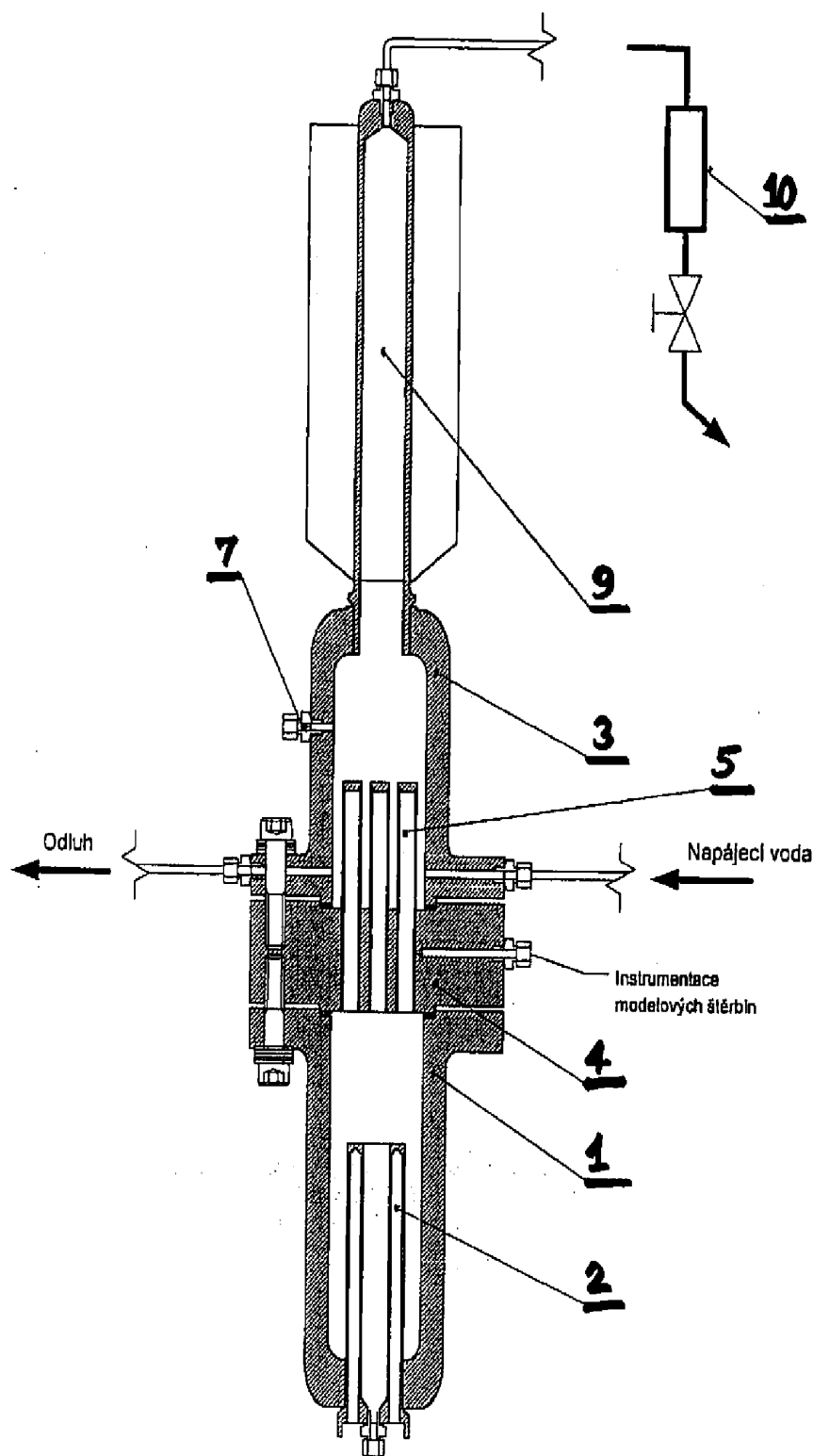


PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení pro stanovování a monitorování složení zahuštěných roztoků a úsad v konstrukčních štěrbinách s tepelným tokem, nacházejících se na trase napájecí vody parogenerátorů energetických zařízení, například tepelných nebo jaderných elektráren, vyznačující se tím, že sestává z primární tlakové nádoby (1) s topným médiem, v němž je vlastní regulovaný zdroj (2) tepla, a ze sekundární tlakové nádoby (3), napojené svým vstupem a výstupem do trasy napájecí vody parogenerátoru, kde mezi primární a sekundární tlakovou nádobou (1, 3) je těsně vložen výměnný člen (4), jehož tělesem těsně prochází nejméně jedna teplosměnná trubka (5), kde po části její délky, na straně přivrácené k sekundární tlakové nádobě (3), je mezi její vnější stěnou a tělesem výměnného členu (4) vytvořena modelová konstrukční štěrbina (6), a kde teplosměnná trubka (5) je propojena na jednom konci s vnitřním prostorem primární tlakové nádoby (1), a druhý protilehlý uzavřený konec teplosměnné trubky (5) zasahuje do vnitřního prostoru sekundární tlakové nádoby (3) tak, že při funkci zařízení je tento druhý konec zaplaven napájecí vodou z parogenerátoru.
2. Zařízení podle nároku 1, vyznačující se tím, že sekundární tlaková nádoba (3) je uspořádána nad primární tlakovou nádobou (1), přičemž teplosměnná trubka (5) je na straně směrem k primární tlakové nádobě (1) otevřená, a je uzavřená na straně zasahující do sekundární tlakové nádoby (3).
3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, vyznačující se tím, že topné médium v primární tlakové nádobě (1) je tvořeno vodou nebo vodou s obsahem kyseliny borité v množství od 2 do 12 % hmotn.
4. Zařízení podle některého z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že sekundární tlaková nádoba (3) je opatřena hladinoměrem (7) pro řízení přítoku napájecí vody, vodní prostor sekundární tlakové nádoby (3) je opatřen výpustí k simulaci odluhování sekundárního prostoru parogenerátoru, a nad hladinou napájecí vody v sekundární tlakové nádobě (3) je parní prostor, který je opatřen výpustným regulačním ventilem (8) pro nastavení průtoku napájecí vody.
5. Zařízení podle nároku 4, vyznačující se tím, že v potrubí přítoku napájecí vody do sekundární tlakové nádoby (3) je člen pro předohřev této napájecí vody.

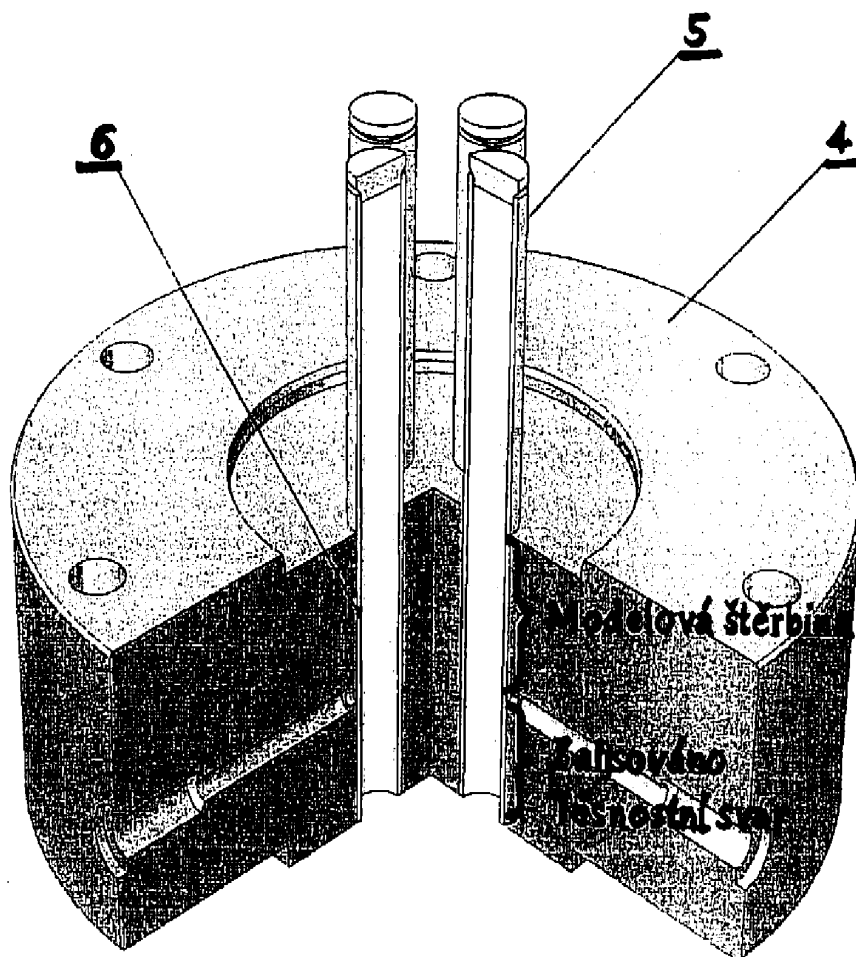
6. Zařízení podle některého z nároků 1 až 5, vyznačující se tím, že sekundární tlaková nádoba (3) je pro odvod páry ze svého parního prostoru opatřena zpětným chladičem (9) s nuceným vzduchovým chlazením, zaústěným do chladiče (10) kondenzátu.
7. Zařízení podle některého z nároků 1 až 6, vyznačující se tím, že teplosměnná trubka (5) je do tělesa výměnného členu (4) zalisována s nulovou tolerancí a ze strany primární tlakové nádoby (1) je po svém obvodu k uvedenému tělesu přivařena, přičemž modelová konstrukční štěrbina (6), vytvořená v tomto tělese, má tloušťku 0,1 až 0,15 mm a je uzpůsobena pro přímý odběr vzorků úsad a k provádění chemických a elektrochemických měření z prostředí této štěrbiny (6).





OBR.1





OBR.3

