

UŽITNÝ VZOR

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010 - 22633**
(22) Přihlášeno: **29.04.2010**
(47) Zapsáno: **22.10.2010**

(11) Číslo dokumentu:

21389

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:
F22B 21/02 (2006.01)
F01K 21/04 (2006.01)

(73) Majitel:

VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s., Ostrava - Vítkovice, CZ
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava Výzkumné energetické centrum,
Ostrava, CZ

(72) Původce:

Vilimec Ladislav Doc. Ing., Ostrava - Hrabůvka, CZ
Stárek Kamil Ing. Ph.D., Ostrava - Poruba, CZ
Kupsa Vladimír Ing., Havířov, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Iva Rylková, Polská 1525, Ostrava - Poruba, 70800

(54) Název užitého vzoru:

Svislý separační parogenerátor

CZ 21389 U1

Svislý separační parogenerátor

Oblast techniky

Technické řešení se týká oblasti energetiky. Je navrženo konstrukční uspořádání svislého separačního parogenerátoru, určeného k výměně tepla mezi médii při separaci oxidu uhličitého a výrobě přehřáté vodní páry pro nízkotlakou parní turbínu v elektrárnách a teplárnách.

Dosavadní stav techniky

Separální parogenerátory jsou uspořádány jako trubkové tepelné výměníky, v nichž jsou vytvořeny teplosměnné plochy umožňující výměnu tepla mezi médii se změnou skupenství. Ochlazované médium, kterým je směs plynů, z nichž alespoň jeden při ochlazení kondenzuje a druhý při ochlazení nekondenzuje, předává teplo ohřívanému chladicímu médiu, kterým je kapalina, jež se při ohřevu odpařuje. U oběhu s paroplynovou turbínou je ochlazovanou směsí paroplynová směs na bázi vodní páry a plynného oxidu uhličitého, případně dalších plynů, a chladicí směsí je zpravidla odpařovaná voda.

V současné době jsou k výměně tepla mezi médii při separaci a výrobě přehřáté páry pro nízkotlakou parní turbínu používány svislé separační parogenerátory v podobě tepelných výměníků, kde je v uzavřené nádobě tvořené tlakovým vnějším pláštěm uvnitř vytvořen svazek trubek, které jsou upevněny mezi trubkovnicemi, tvořícími ve vnitřním prostoru nádoby přepážky. U svislého parogenerátoru jsou trubky v nádobě uloženy vertikálně a na jejich koncích se nachází nahoře jedna trubkovnice a dole druhá trubkovnice. V oblasti u těchto trubkovic, nad horní trubkovnicí a pod dolní trubkovnicí, jsou v plášti vytvořeny dutiny s prostorem pro chladicí médium. Trubky jsou zaústěny na obou stranách do prostoru dutin, nacházejících se nad a pod trubkovnicemi. Dovnitř vnějšího pláště nádoby do prostorů pro chladicí médium jsou zaústěny přívod a odvod chladicího média, zpravidla přívod a odvod vody a odvod syté páry. Do trubkovnicemi uzavřeného meziprostoru mezi trubkami je zaústěn přívod a odvod ochlazovaného média, tedy přívod a odvod paroplynové směsi a odvod kondenzátu z kondenzující páry. Zaústění médií, tedy chladicího média v podobě vody a ochlazovaného média v podobě paroplynové směsi z a do výměníku, je provedeno pomocí nátrubků, které jsou zpravidla ve formě připojitelné a odpojitelné vůči potrubí pro příslušné médium.

Uvedené uspořádání parogenerátoru popisuje například přihláška vynálezu CZ PV 2006-261. Zde je popsán transformátor tepla v podobě výměníku, který má ve vnějším plášti umístěn trubkový svazek, sestávající z jednotlivých trubek výměníku, přičemž tyto trubky jsou upevněny v přední trubkovnici a v zadní trubkovnici, uvažováno podle směru průchodu média. Mezi trubkovnicemi se v meziprostoru trubek nachází dělená nebo nedělená šroubovicová přepážka, upevněná na centrální trubce. Mezitrubkový prostor je napojen na vstupní hrdlo ochlazovaného média, tedy paroplynové směsi. Vnitřní prostor trubek je napojen na vstupní, resp. výstupní, hrdlo chladicí tekutiny, zpravidla vody. Toto hrdlo je zaústěno do dutin nad a pod trubkami. Při provozu parogenerátoru se pomocí chladicího média, zpravidla odpařované vody, provádí ochlazování paroplynové směsi vystupující z paroplynové turbíny, přičemž část vodní páry ze směsi zkondenzuje. Tím se z paroplynové směsi odseparuje oxid uhličitý, který obsahuje zbytkové množství vodní páry a případně příměs dalších plynů. Podle CZ PV 2006-261 je mezitrubkový prostor vymezen trubkami, trubkovnicemi a úsekem vnějšího pláště mezi trubkovnicemi. Mezitrubkový prostor je určen pro proudění paroplynové směsi, přiváděné do něj v horní oblasti prostřednictvím vstupního hrdla a odváděné v dolní oblasti prostřednictvím výstupního hrdla, či naopak. Prostor uvnitř trubek a dutin nad a pod trubkami je určen pro cirkulaci chladicího média.

Nevýhodou dosavadních separačních parogenerátorů je zejména to, že neumožňují separaci oxidu uhličitého z paroplynové směsi při dostatečně nízké teplotě, takže zbytkový obsah páry v něm je relativně vysoký. Pokud z parogenerátoru odchází s nezkondenzovaným plynným podí-

lem na bázi oxidu uhličitého i značné množství páry, vznikají energetické ztráty, které snižují celkovou účinnost zařízení.

Další nevýhodou je i to, že separační parogenerátory nemají volitelně variabilní provedení, a proto je zpravidla nelze podle potřeby zkonstruovat ve volitelné variantě podle účelu a dosahovaného účinku. Dosavadní uspořádání obvykle neumožňuje přímo v tělese separačního parogenerátoru využít pro předehřev kondenzátu parní turbíny část tepla kondenzátu, vzniklého kondenzací jedné složky ochlazovaného média. Také neumožňuje využít kondenzát parní turbíny pro další ochlazení paroplynové směsi, vystupující z mezitrubkového prostoru. Další nevýhodou je, že teplota vnitřního povrchu vnějšího pláště separačního parogenerátoru se po jeho výšce mění, čímž vzniká přídatné namáhání vnějšího pláště způsobené rozdílem teplot. Nevýhodou rovněž je, že dosavadní uspořádání neumožňuje přizpůsobit výšku teplosměnné plochy optimálnímu průběhu teplot obou médií po jeho výšce.

Výše uvedené nevýhody stávajících parogenerátorů mohou vést ke snížení účinnosti paroplynového oběhu se separací oxidu uhličitého a tím i k omezení jejich využitelnosti pro vyvíjené moderní systémy a případně až k nefunkčnosti jejich zapojení v těchto systémech. Je tomu tak například u oběhu s paroplynovou turbínou podle patentu CZ 296199, kde jsou použity dvě turbíny, vysokotlaká a nízkotlaká. Vysokotlaká turbína je použita pro expanzi paroplynové směsi a je provedena jako protitlaková turbína s výstupním tlakem například 4 bar, tedy 0,4 MPa. Nízkotlaká turbína je výstupní, je použita pro práci s mírně přehřátou vodní parou o tlaku nižším, než má vystupující paroplynová směs z vysokotlaké turbíny, a je provedena jako kondenzační.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nevýhody odstraňuje ve značné míře dále uvedené technické řešení. Je navrženo nové uspořádání separačního parogenerátoru, uspořádaného na principu tepelného výměníku. Navržený svislý separační parogenerátor k výměně tepla mezi médii zahrnuje vnější plášť, v němž je uložena alespoň jedna soustava teplosměnných trubek, upevněných v horní a dolní trubkovnici, kde nad horní trubkovnicí a pod dolní trubkovnicí jsou ve vnitřním prostoru vnějšího pláště vytvořeny dutiny, umožňující cirkulaci chladicího média. Prostor těchto dutin je propojen s prostorem trubek, přičemž mezi trubkami se nachází mezitrubkový prostor, jenž je nahoře a dole uzavřen trubkovnicemi. Vnější plášť má podobu uzavřené tlakové nádoby, opatřené alespoň jednou dvojicí nátrubků, obsahujících kanály pro přívod a odvod ochlazovaného média a nazývaných dále jako primární nátrubky, a kromě toho je vnější plášť opatřen také alespoň jednou dvojicí dalších nátrubků, obsahujících kanály pro přívod a odvod chladicího média a nazývaných dále jako sekundární nátrubky. Primární nátrubky jsou zaústěny do mezitrubkového prostoru, zatímco sekundární nátrubky jsou zaústěny do prostoru propojeného s prostorem trubek. Podstatou nového technického řešení je, že soustava teplosměnných trubek, obsažených v parogenerátoru, je oplášťena válcovým pláštěm, který je nahoře a dole uzavřen trubkovnicemi a takto je vytvořena jednotka, umožňující svými rozměry uložení uvnitř vnějšího pláště tak, že vně kolem obvodu válcového pláště mezi válcovým pláštěm a vnějším tlakovým pláštěm parogenerátoru je vytvořena průchozí mezera. Tato mezera má velikost umožňující cirkulaci chladicího média, přičemž mezitrubkový prostor je dole opatřen alespoň jednou mezitrubkovou výpustí kondenzátu, umožňující svým tvarem a rozměry vypouštění kondenzátu, který je při provozu zařízení separován z paroplynové směsi. Mezitrubková výpust kondenzátu je vyústěna vně mezitrubkového prostoru. Tím se rozumí, že podle konkrétního provedení je uskutečněno vyústění buď ven z vnějšího pláště, nebo sice do prostoru uvnitř vnějšího pláště avšak mimo mezitrubkový prostor, jak bude blíže popsáno dále.

Svislý separační parogenerátor podle navrženého řešení má s výhodou pod výparníkem, tvořeným válcovým pláštěm s trubkami a trubkovnicemi, uložen alespoň jeden chladič, který je opatřen prvky pro přívod i odvod chladicího média. Prostor, nacházející se mezi výparníkem a chladičem, je s výhodou rozdělen alespoň jednou přepážkou, nazývanou dále z důvodu možnosti odlišení od jiných uváděných přepážek jako dolní přepážka. Při výše uvedeném uspořádání je

prostor pod chladičem opatřen alespoň jednou přídavnou výpustí kondenzátu, dále nazývanou jako přídavná kondenzátová výpust, umožňující svým tvarem a rozměry vypouštění kondenzátu. Dolní přídavná kondenzátová výpust je vyústěna ven z vnějšího pláště.

5 Mezitrubkový prostor je s výhodou propojen s prostorem, nacházejícím se pod dolní přepážkou, což je provedeno prostřednictvím alespoň jednoho dolního spojovacího kanálu. Jako dolní je zde tento kanál označen pro odlišení od ostatních dále uváděných kanálů, vzhledem k jeho umístění pod dolní přepážkou.

10 Nad výparníkem parogenerátoru, tvořeným válcovým pláštěm s trubkami a trubkovnicemi, může být s výhodou uložen alespoň jeden chladič. Ten musí být opatřen prvky pro přívod a případně i odvod chladicího média. Prostor mezi výparníkem a chladičem je rozdělen pomocí alespoň jedné horní přepážky. Prostor, nacházející se nad horní přepážkou, je ve své spodní části opatřen alespoň jednou přídavnou kondenzátovou výpustí, mající tvar a rozměry umožňující vypouštění kondenzátu, separovaného z paroplynové směsi, a případně i odváděného chladicího média.

15 Horní primární nátrubek může být s výhodou proveden jako alespoň dvoudílné těleso, které obsahuje alespoň dva díly, jež jsou navzájem oddělené. V tom případě se horní díl primárního nátrubku nachází ve stěně vnějšího pláště a je zaústěn na jedné straně vně vnějšího pláště a na druhé straně do prostoru nad horní přepážkou. Dolní díl primárního nátrubku je zaústěn na jedné straně do prostoru nad horní přepážkou a na druhé straně do mezitrubkového prostoru. Dolní díl může být proveden jako přímá spojka uvedených prostor, ale také může vést oklikou, například přes vnější plášť.

25 Další možná výhodná varianta provedení parogenerátoru je taková, že v jednom, společném vnějším plášti parogenerátoru jsou nad sebou uloženy alespoň dva výparníky, tvořené válcovým pláštěm s trubkami a trubkovnicemi, přičemž mezi těmito výparníky je vytvořen prostor, umožňující svým tvarem a velikostí pohyb chladicího média, a tento prostor je rozdělen pomocí alespoň jedné dělicí stěny. Každý z obsažených výparníků je vybaven vlastními sekundárními nátrubky pro přívod a odvod chladicího média a vlastní mezitrubkovou výpustí kondenzátu. Sekundární nátrubky jsou s další výhodou propojeny, a to paralelně.

30 V případě parogenerátoru se dvěma nebo více výparníky podle předchozího odstavce je optimální, aby mezitrubkové prostory výparníků byly navzájem propojeny. Sousední výparníky nad sebou jsou s výhodou propojeny pomocí alespoň jedné spojovací trubice. Celý parogenerátor má v tom případě s výhodou pouze jednu dvojici primárních nátrubků. Pomocí spojovací trubice jsou totiž výparníky propojeny nad sebou v sérii. Spojovací trubice může být přímá, ale také může vést z mezitrubkového prostoru jednoho výparníku do mezitrubkového prostoru jiného výparníku oklikou, například přes vnější plášť. Toto řešení je z hlediska funkce i účelnosti nejvýhodnější.

35 Alternativně je možné mezitrubkové prostory výparníků nespojovat pomocí spojovací trubice, ale ponechat je odděleny. Každý výparník má v tom případě vlastní primární nátrubky.

40 Navržené technické řešení umožňuje, aby separace oxidu uhličitého proběhla při co nejnižší teplotě a zbytkový obsah páry v něm byl co nejnižší. Navržený separační parogenerátor lze podle potřeby zkonstruovat ve zvolené variantě podle účelu a dosahovaného účinku. Je možné provedení jen s jedním vnitřním výparníkem pro výrobu syté páry z odpařovaného média. V tomto případě nelze výstupní teplotu ochlazovaného média snížit pod teplotu varu odpařovaného média, ale separační parogenerátor bude jednodušší a lacinější. Pokud se zvolí varianta, kde výparník je doplněn chladičem, je dosaženo chlazení kondenzátem parní turbíny a u ochlazovaného média se může dosáhnout nižší teplota, než je teplota varu ohřívajícího odpařovaného média, ale vyšší, než je výstupní teplota ohřívajícího parního kondenzátu. Tato varianta provedení však bude složitější a dražší. Uspořádání podle navrženého technického řešení umožňuje přímo v tělese separačního parogenerátoru využít pro předehřev kondenzátu parní turbíny část tepla kondenzátu, vzniklého kondenzací jedné složky ochlazovaného média. Výhodné je také, že teplota vnitřního povrchu tělesa separačního parogenerátoru se po jeho výšce takřka nemění, takže přídavné namáhání vnějšího pláště zapříčiněné rozdílem teplot je minimální. Další výhodou navrženého

řešení je, že je možné zlepšit dosahované výsledky tím, že se zhotoví varianta parogenerátoru v uspořádání s navrženým chladičem, což umožní dosáhnout nižší teploty ochlazovaného média. Chladič může být umístěn v samotném tělese parogenerátoru. Při velké výšce parogenerátoru je výhodná varianta provedení s výparníky situovanými nad sebou. Při ní je dosaženo rozdělení vnitřního prostoru separátoru na více částí s menší výškou, kde jsou obsaženy dva nebo více výparníků, což umožňuje snížit teplotu varu odpařovaného média na vstupu do každého z výparníků. Tím je dosaženo snížení potřebného rozdílu tlaků obou médií na vstupu do výparníků.

Navržený svislý separační parogenerátor může být využit pro nejmodernější systémy určené pro elektrárny a teplárny. Je využitelný i v těch systémech, v nichž dosud nebylo možno použít parogenerátor z důvodu problémů se stávajícími parogenerátory. Může být zhotoven ve variantě provedení, která bude nejvhodnější pro dané uspořádání systému a zde plně funkční, což umožní komerční realizaci těchto moderních systémů.

Přehled obrázků na výkresech

Navržené řešení je objasněno pomocí výkresů, kde znázorňují obr. 1 příkladný svislý separační parogenerátor v základním uspořádání při pohledu zepředu v podélném řezu, obr. 2 pohled na příčný řez vedený tímto separačním parogenerátorem v linii A-A naznačené na předchozím obrázku, obr. 3 schéma příkladného oběhu se zapojeným parogenerátorem podle předchozích obrázků, obr. 4 příkladný separační parogenerátor s chladičem pod soustavou trubek, obr. 5 příkladný separační parogenerátor s chladičem nad soustavou trubek, obr. 6 příkladný separační parogenerátor se dvěma soustavami trubek nad sebou a spojovací trubicí a obr. 7 příkladný separační parogenerátor se dvěma soustavami trubek nad sebou a vlastními primárními nátrubky.

Příklady provedení technického řešení

Příklad 1

Příkladem provedení navrženého řešení v nejjednodušší podobě je svislý separační parogenerátor podle obr. 1 a 2.

Separální parogenerátor má vnější plášť 1 tvořený uzavřenou tlakovou nádobou, situovanou vertikálně. Uvnitř se nachází soustava teplosměnných trubek 2, tvořená z rovnoběžných vertikálně situovaných trubic, jejichž konce jsou upevněny v trubkovnicích 3, 4. Teplosměnné trubky 2 jsou průchozí, mají neuzavřené konce, a nad horní trubkovnicí 3 a pod dolní trubkovnicí 4 jsou ve vnitřním prostoru vnějšího pláště 1 vytvořeny dutiny 5. Teplosměnné trubky 2 nejsou přilehlé, nýbrž jsou od sebe v určité vzdálenosti. Mezi trubkami 2 se nachází mezitrubkový prostor 6, jenž je uzavřen nahoře a dole trubkovnicemi 3, 4. Vnější plášť 1 je opatřen dvojicí primárních nátrubků 7, 8, vyústěných nahoře a dole, majících uvnitř kanály pro přívod a odvod ochlazovaného média. Vnější plášť 1 je dále opatřen dvojicí sekundárních nátrubků 9, 10, majících uvnitř kanály pro přívod a odvod chladicího média. Oba primární nátrubky 7, 8 jsou zaústěny do mezitrubkového prostoru 6. Sekundární nátrubky 9, 10 jsou zaústěny do dutiny 5 nad horní trubkovnicí 3, tedy do prostoru propojeného s prostorem trubek 2. Soustava teplosměnných trubek 2 je opatřena válcovým pláštěm 11, nahoře a dole uzavřeným trubkovnicemi 3, 4. Kolem dokola obvodu válcového pláště 11 mezi válcovým pláštěm 11 a vnějším pláštěm 1 parogenerátoru se nachází mezera 12, která je ve směru shora dolů průchozí a má velikost umožňující cirkulaci chladicího média. Celek soustavy teplosměnných trubek 2, válcového pláště 11 a trubkovnice 3, 4 představuje výparník. Mezitrubkový prostor 6 je v dolní oblasti opatřen mezitrubkovou výpustí 13, s vnitřním kanálem pro vypouštění kondenzátu separovaného z paroplynové směsi. V tomto příkladném provedení má mezitrubková výpust 13 kondenzátu podobu trubice s jedním koncem upevněným v dolní trubkovnici 4, kde tato trubice je vyvedena a vyústěna ven z vnějšího pláště 1. Upevnění mezitrubkové výpusti 13 v dolní trubkovnici 4 je výhodné, ale není podmínkou.

Při provozu tohoto parogenerátoru může být generovaná paroplynová směs vytvářena jako směs plynu nekondenzujícího, například oxidu uhličitého, a plynu kondenzujícího, například vodní

páry. Paroplynová směs představuje ochlazované médium. Ohříváním, chladicím, médiem je odpařovaná kapalina, například voda, jejíž pára se před vstupem do nízkotlaké turbíny dále přehřívá na pracovní teplotu nízkotlaké turbíny. Při provozu separačního parogenerátoru jsou dolní dutina 5, teplosměnné trubky 2, mezera 12 a část prostoru horní dutiny 5 nad horní trubkovnicí 3 výparníku zavodněny, a to do pracovní výšky hladiny h. Pro zavodnění vodou jakožto chladicím médiem slouží přívodní sekundární nátrubek 9. Pro vstup paroplynové směsi do mezitrubkového prostoru 6 slouží dolní primární nátrubek 8. Tlak paroplynové směsi jakožto ochlazovaného média na vstupu do mezitrubkového prostoru 6 je vyšší než tlak syté páry, jakožto chladicího média nacházejícího se nad hladinou kapaliny chladicího média v pracovní výšce hladiny h, takže chladicí médium nad hladinou v pracovní výšce hladiny h má teplotu nižší než ochlazované médium v mezitrubkovém prostoru 6. Chladicí médium ve vstupní části teplosměnných trubek 2 bude mít vzhledem k převýšení hladiny h v pracovní výšce vyšší teplotu varu než jaká je na hladině h, takže se bude nejdříve ohřívát na teplotu, odpovídající teplotě varu při vyšším tlaku, a teprve po jejím dosažení se začne odpařovat. Teplosměnné trubky 2 se tak po délce rozdělí na část ohřívací a odpařovací. V ohřívací části teplosměnných trubek 2 bude jiný součinitel přestupu tepla z média do stěny trubky 2 než v odpařovací části trubek 2. Vzhledem k vyšší teplotě varu bude ve vstupní části teplosměnných trubek 2, nižší teplotní spád mezi paroplynovou směsí a chladicím médiem, což oboje má vliv na množství předaného tepla ve výparníku. Tlak chladicího média a převýšení jeho hladiny h se proto musí stanovit podle požadovaného teplotního rozdílu mezi oběma médii. Platí, že větší teplotní rozdíl se dosáhne při větším rozdílu mezi vstupními tlaky obou z médií ve vstupní části teplosměnných trubek 2 a vede ke zmenšení teplosměnné plochy výparníku, nebo ke zvýšení jeho tepelného výkonu, ale současně má větší rozdíl mezi tlaky obou médií za následek snížení účinnosti oběhu. Z paroplynové směsi, proudící směrem nahoru do mezitrubkového prostoru 6, se odlučuje kondenzát, jenž je odváděn mezitrubkovou výpustí 13. Zbytková paroplynová směs, obsahující oxid uhličitý s příměsí vodní páry, je odváděna nahore z parogenerátoru prostřednictvím horního primárního nátrubku 7. Sytá vodní pára, uvolňovaná z ohřívání vody jakožto chladicího média, je odváděna z parogenerátoru přes výstupní sekundární nátrubek 10. Chladicí médium následkem navrženého uspořádání v zařízení účinně cirkuluje. Je dosaženo přirozené cirkulace. Mezera 12 mezi válcovým pláštěm 11 výparníku a vnějším pláštěm 1 parogenerátoru plní funkci zavodňovacího systému pro teplosměnné trubky 2. Uložení výparníku uvnitř vnějšího pláště 1 je provedeno pomocí vhodných prostředků připojení, jež nezpůsobí neprůchodnost mezery 12, například pomocí lokálních podpěr 21.

Při zde popsaném uspořádání parogenerátoru je celý vnitřní povrch vnějšího pláště 1 ve styku s chladicím médiem o stejné teplotě, která odpovídá teplotě varu chladicího média při daném tlaku. To má příznivý vliv na pevnostní namáhání válcového úseku vnějšího pláště 1, neboť prakticky nedochází k jeho přidavnému namáhání z titulu rozdílných teplot ve svislém směru.

Svislý parogenerátor podle tohoto příkladného provedení může být využit kupříkladu pro zapojení do oběhu s generátorem 111, vysokotlakou turbínou 112 a nízkotlakou turbínou 113, jak ukazuje schéma na obr. 3. V generátoru 111, kterým může být například modifikovaný raketový motor, je spalováno palivo, například zemní plyn, okysličovaný přiváděným kyslíkem. Spalováním vzniká paroplynová směs na bázi vodní páry a oxidu uhličitého, která se na požadované teplotě udržuje chlazením vstříkovanou vodou. V popsaném oběhu je k výstupu vysokotlaké turbíny 112 připojen přehřívák 114 syté páry, s výstupem jednak na nízkotlakou turbínu 113, a jednak na dolní primární nátrubek 8 parogenerátoru, přičemž přehřívák 114 je dále připojen k sekundárnímu nátrubku 10 parogenerátoru. Dále se zde nachází expandér 115, napájecí nádrž 116, kondenzátor 117, čerpadla 118, chladicí jednotka 119 aj. Schéma je předvedeno k demonstraci, jak je možno pomocí navrženého parogenerátoru v oběhu účelně využívat teplo ochlazované paroplynové směsi. Pro názornost jsou také naznačeny směry proudění médií v oběhu, což je provedeno šipkami. Paroplynová směs o vhodné teplotě, například 600 °C a tlaku, například 150 bar, tedy 15 MPa, se přivádí do vysokotlaké turbíny 112 a po expanzi, například na tlak 5 bar, tedy 0,5 MPa, se přivádí do přehříváku 114 syté páry, v němž se teplota paroplynové směsi sníží přibližně na teplotu odpovídající saturační teplotě při daném parciálním tlaku vodní páry v paroplynové směsi. Takto ochlazená paroplynová směs proudí do parogenerátoru přes dolní pri-

mární nátrubek 8, kde se v mezitrubkovém prostoru 6 ochladí pod saturační teplotu, takže část vodní páry z paroplynové směsi zkondenzuje. Kondenzát odloučený z paroplynové směsi je odváděn z parogenerátoru prostřednictvím mezitrubkové výpusti 13, odkud je veden do expandéru 115, a následně využit pro generátor 111, a zčásti také jako chladicí médium přiváděné do parogenerátoru přívodním sekundárním nátrubkem 9 přes napájecí nádrž 116. Zbytková paroplynová směs na bázi oxidu uhličitého se zbytkovou příměsí vodní páry je odváděna přes horní primární nátrubek 7 pryč ze systému jako využitelný produkt. Teplo, uvolněné v parogenerátoru ochlazením paroplynové směsi a kondenzací části páry, se využije k výrobě syté páry z chladicího média, například o tlaku 3 bary, tedy 0,3 MPa. Vyrobená sytá pára je odváděna z parogenerátoru přes výstupní sekundární nátrubek 10 do přehříváku 114 syté páry, v němž se přehřeje na požadovanou teplotu teplem ochlazovaného média, tedy paroplynové směsi, a v přehřátém stavu je dále využita pro nízkotlakou turbínu 113.

Příklad 2

Jiné příkladné provedení demonstruje svislý separační parogenerátor podle obr. 4.

Horní část trubkového parogenerátoru je uspořádána stejně jako v předchozím příkladu. Také tento separační parogenerátor má vnější plášť 1 tvořený uzavřenou tlakovou nádobou, situovanou vertikálně. Uvnitř se nachází soustava teplosměnných trubek 2, vytvořená z rovnoběžných trubic s konci upevněnými v trubkovnicích 3, 4. Teplosměnné trubky 2 jsou průchozí, mají otevřené konce a nad horní trubkovnicí 3 a pod dolní trubkovnicí 4 jsou ve vnitřním prostoru vnějšího pláště 1 vytvořeny dutiny 5, umožňující proudění chladicího média přes trubky 2. Mezi teplosměnnými trubkami 2 se nachází mezitrubkový prostor 6, jenž je uzavřen nahoře a dole trubkovnicemi 3, 4. Vnější plášť 1 je opatřen dvojicí primárních nátrubků 7, 8, vyústěných vně, pro přívod a odvod ochlazovaného média, tedy paroplynové směsi. Vnější plášť 1 je opatřen dvojicí sekundárních nátrubků 9, 10 pro přívod a odvod chladicího média. Oba primární nátrubky 7, 8 jsou druhým koncem zaústěny do mezitrubkového prostoru 6. Sekundární nátrubky 9, 10 jsou zaústěny do dutiny 5 nad horní trubkovnicí 3, tedy do prostoru propojeného s prostorem v trubkách 2. Soustava teplosměnných trubek 2 je kolem dokola oplášťována válcovým pláštěm 11, nahoře a dole uzavřeným trubkovnicemi 3, 4. V mezikruží vně obvodu válcového pláště 11, mezi válcovým pláštěm 11 a vnějším pláštěm 1 parogenerátoru, se nachází mezera 12, která je ve směru shora dolů průchozí a má velikost, umožňující, aby přes ni cirkulovalo chladicí médium. Mezitrubkový prostor 6 je v dolní oblasti opatřen mezitrubkovou výpustí 13 pro vypouštění kondenzátu odlučovaného z paroplynové směsi. Tento kondenzát protéká mezikruhovým prostorem mezi mezitrubkovou výpustí 13 a dolním primárním nátrubkem 8.

Také v tomto příkladném provedení má horní primární nátrubek 7 jednoduchou podobu a jeho jeden konec je zaústěn v mezitrubkovém prostoru 6 a druhý konec je vyústěn vně vnějšího pláště 1.

Dolní část parogenerátoru má odlišné uspořádání. Pod výparníkem, tvořeným válcovým pláštěm 11 s trubkami 2 a trubkovnicemi 3, 4, je umístěn chladič 14 s prvky 15 pro přívod i odvod chladicího média. Tento chladič 14 umožňuje účinné dochlazování kondenzátu, odlučovaného z paroplynové směsi. Dolní dutina 5 parogenerátoru je mezi výparníkem a chladičem 14 rozdělena dolní přepážkou 16, kde výrazem dolní se míní umístění pod dolní trubkovnicí 4 výparníku. Pomocí této dolní přepážky 16 je dosaženo oddělení kondenzátu paroplynové směsi v prostoru chladiče 14 od zavodněného prostoru cirkulačního okruhu chladicího média ve výparníku s pracovní hladinou h. Tato dolní přepážka 16 tak účelně upravuje cirkulaci a proudění médií uvnitř parogenerátoru a zamezuje nežádoucímu smísení kondenzátu z paroplynové směsi s chladicím médiem, přiváděným do parogenerátoru prostřednictvím přívodního sekundárního nátrubku 9. Prostor pod chladičem 14 je opatřen přídavnou kondenzátovou výpustí 17, umožňující vypouštění kondenzátu separovaného z paroplynové směsi a dochlazeného chladičem 14. Tato přídavná kondenzátová výpust 17 je vyústěna dole ven z vnějšího pláště 1.

U popsané varianty provedení je výhodně dořešena mezitrubková výpust 13 z výparníku tak, že je uskutečněna jako spojovací kanál, jehož prostřednictvím je mezitrubkový prostor 6 propojen s částí dolní dutiny 5, nacházející se pod dolní přepážkou 16.

- 5 Tato alternativa provedení umožňuje dochlazování kondenzátu odloučeného z paroplynové směsi při jejím ochlazení ve výparníku. Pro chladič 14 je možno použít jiné chladicí médium, než pro výparník. Chladič 14 může být využit jako zařízení pro předehřívání v něm použitého chladicího média.

Příklad 3

Další příkladné provedení demonstruje svislý separační parogenerátor podle obr. 5.

- 10 Dolní část trubkového parogenerátoru je uspořádána stejně jako v prvním příkladu. Také tento separační parogenerátor má vnější plášť 1 tvořený uzavřenou tlakovou nádobou, situovanou vertikálně. Uvnitř se nachází soustava teplosměnných trubek 2, vytvořená z trubíc, jejichž konce jsou upevněny v trubkovnicích 3, 4. Teplosměnné trubky 2 jsou průchozí, mají otevřené konce a nad horní trubkovicí 3 a pod dolní trubkovicí 4 jsou ve vnitřním prostoru vnějšího pláště 1
15 vytvořeny dutiny 5, umožňující proudění chladicího média přes trubky 2. Mezi teplosměnnými trubkami 2 se nachází mezitrubkový prostor 6, jenž je uzavřen nahoře a dole trubkovnicemi 3, 4. Vnější plášť 1 je opatřen primárními nátrubky 7, 8 pro přívod a odvod ochlazovaného média, vyústěnými vně. Vnější plášť 1 je dále opatřen dvojicí sekundárních nátrubků 9, 10 pro přívod a odvod chladicího média. Dolní primární nátrubek 8 je horním koncem zaústěn do mezitrubkového
20 prostoru 6. Horní primární nátrubek 7 je dvoudílný, jak bude objasněno dále.

- Soustava teplosměnných trubek 2 je opatřena válcovým pláštěm 11, nahoře a dole uzavřeným trubkovnicemi 3, 4. Kolem dokola obvodu válcového pláště 11, v mezikruží mezi válcovým pláštěm 11 a vnějším pláštěm 1, se nachází mezera 12, která je ve směru shora dolů průchozí a má velikost umožňující cirkulaci chladicího média. Mezitrubkový prostor 6 je v dolní oblasti
25 opatřen mezitrubkovou výpustí 13 pro odvod kondenzátu separovaného z paroplynové směsi, vyústěnou ven z vnějšího pláště 1. V tomto příkladném provedení má dolní primární nátrubek 8 jeden konec vyústěn vně vnějšího pláště 1 a druhý konec má zaústěn do mezitrubkového prostoru 6.

- Horní část parogenerátoru má odlišné uspořádání. Nad výparníkem, tvořeným válcovým pláštěm
30 11 s trubkami 2 a trubkovnicemi 3, 4, je umístěn chladič 14, provedený jako trubková teplosměnná plocha, s prvky 15 pro přívod i odvod chladicího média. Tento chladič 14 umožňuje účinné dochlazování zbytkového ochlazovaného média vystupujícího z výparníku před odchodem ochlazovaného média z parogenerátoru. Horní dutina 5 parogenerátoru je mezi výparníkem a chladičem 14 rozdělena horní přepážkou 18, kde výraz horní je použit z důvodu jejího umístění
35 nad výparníkem, nad jeho horní trubkovicí 3. Tato horní přepážka 18 účelně upravuje cirkulaci médií uvnitř parogenerátoru a zamezuje nežádoucímu smísení kondenzátu z chladiče 14 s chladícím médiem, přiváděným do parogenerátoru prostřednictvím přívodního sekundárního nátrubku 9. Prostor nacházející se pod chladičem 14 je opatřen kondenzátovou výpustí 17 pro vypouštění kondenzátu, vzniklého při dochlazování zbytkové paroplynové směsi v chladiči 14. Kondenzátová výpust 17 má jedno ústí ve spodní části prostoru nad horní přepážkou 18 a druhé ústí umístěné vně z vnějšího pláště 1.
40

- U popsané varianty provedení je výhodně dořešen horní primární nátrubek 7. Ten sestává ze dvou navzájem oddělených dílů 71, 72. Horní díl 71 primárního nátrubku 7 se nachází ve stěně vnějšího pláště 1 a je zaústěn na jedné straně ven z vnějšího pláště 1 a na druhé straně do části
45 dutiny 5 nacházející se nad horní přepážkou 18. Dolní díl 72 primárního nátrubku 7 je zaústěn na jedné straně do části dutiny 5 nacházející se nad horní přepážkou 18 a na druhé straně do mezitrubkového prostoru 6.

Tato alternativa provedení umožňuje dochlazení zbytkové paroplynové směsi na nižší teplotu s využitím tepla ochlazovaného média a odseparování dalšího nežádoucího množství páry ze zbytk-

kové paroplynové směsi. Pro chladič 14 je možno použít jiné chladicí médium, dokonce o jiné teplotě, než pro výparník.

- Chladič 14 může být případně proveden jako směšovací výměník tepla s vhodně uspořádanými vestavbami. V tom případě je chladič 14 opatřen prvky 15 pouze pro přívod chladicího média.
- 5 Chladicí médium je v případě této alternativy rozprašováno v chladiči 14 a odváděno společně s kondenzátem, vzniklým z paroplynové směsi, a to kondenzátovou výpustí 17. Prvky 15 pro přívod chladicího média jsou zvoleny v podobě umožňující rozprašování chladicího média.

Příklad 4

Další příkladné provedení demonstruje svislý separační parogenerátor podle obr. 6.

- 10 Separační parogenerátor má vnější plášť 1 tvořený uzavřenou tlakovou nádobou, situovanou vertikálně. Uvnitř se nachází dva nad sebou situované výparníky. Každý z nich je vytvořen jako opláštěná soustava teplosměnných trubek 2 s konci upevněnými v trubkovnicích 3, 4. Teplosměnné trubky 2 jsou průchozí, mají otevřené konce a nad horní trubkovicí 3 a pod dolní trubkovicí 4 jsou ve vnitřním prostoru vnějšího pláště 1 vytvořeny dutiny 5 umožňující proudění
- 15 chladicího média, z prostoru dutin 5 přes trubky 2. Mezi teplosměnnými trubkami 2 se nachází mezitrubkový prostor 6, jenž je uzavřen nahoře a dole trubkovicemi 3, 4. Každá soustava teplosměnných trubek 2 je opatřena válcovým pláštěm 11, nahoře a dole uzavřeným trubkovicemi 3, 4. Kolem dokola obvodu válcového pláště 11, mezi válcovým pláštěm 11 a vnějším pláštěm 1 parogenerátoru, se nachází mezera 12, která je ve směru shora dolů průchozí a má velikost,
- 20 umožňující cirkulaci chladicího média. Mezitrubkový prostor 6 každého výměníku je v dolní oblasti opatřen mezitrubkovou výpustí 13 pro vypouštění kondenzátu separovaného z paroplynové směsi, vyústěnou ven z vnějšího pláště 1.

- Vnější plášť 1 je opatřen dvojicí primárních nátrubků 7, 8 pro přívod a odvod ochlazovaného média, vyústěných vně. Vnější plášť 1 je dále opatřen pro každý z výparníků jednou dvojicí
- 25 sekundárních nátrubků 9, 10 pro přívod a odvod chladicího média. Horní primární nátrubek 7 má horní konec vyústěn ven z vnějšího pláště 1 a dolní konec má zaústěn do mezitrubkového prostoru 6 horního výparníku. Dolní primární nátrubek 8 je horním koncem zaústěn do mezitrubkového prostoru 6 dolního výparníku a dolním ven z vnějšího pláště 1.

- Prostor nacházející se mezi výparníky je rozdělen pomocí dělicí stěny 19. Mezitrubkové prostory 6 těchto výparníků jsou navzájem propojeny, což je v tomto demonstrativním případě provedeno pomocí spojovací trubice 20. Každý výparník je vybaven vlastní mezitrubkovou výpustí 13 kondenzátu.
- 30

- Rozdělením teplosměnných trubek 2 a mezitrubkového prostoru 6 pomocí vytvoření alespoň dvou výparníků nad sebou se pracovní výška hladiny h cirkulačních okruhů ve srovnání s nerozděleným uspořádáním zmenší, a tím je dosaženo snížení tlaku odpařovaného chladicího média, tedy vody, na vstupu do teplosměnných trubek 2. Na obr. 6 je popsáno provedení, kde mají výparníky paralelní přívodní sekundární nátrubky 9, paralelní odvodní výstupní sekundární nátrubky 10 a paralelní mezitrubkové výpusti 13. Propojení mezitrubkových prostor 6 výparníků je sériové. Toto příkladné provedení je pro svoji jednoduchost pro zapojení v oběhu nejvýhodnější.
- 35

Příklad 5

40

Další příkladné provedení demonstruje svislý separační parogenerátor podle obr. 7.

- Uspořádání parogenerátoru je podobné jako popsané v předchozím příkladu. Výparníky však mají paralelní přívodní sekundární nátrubky 9, paralelní odvodní výstupní sekundární nátrubky 10, paralelní mezitrubkové výpusti 13, paralelní horní primární nátrubky 7 a paralelní dolní primární nátrubky 8.
- 45

Všechny zde popsané varianty provedení je možno navzájem kombinovat podle potřeby a záměru dosahovaného účinku. Teplo z médií je možno využívat pro úpravu teplotních poměrů pro okolní a/nebo připojená zařízení.

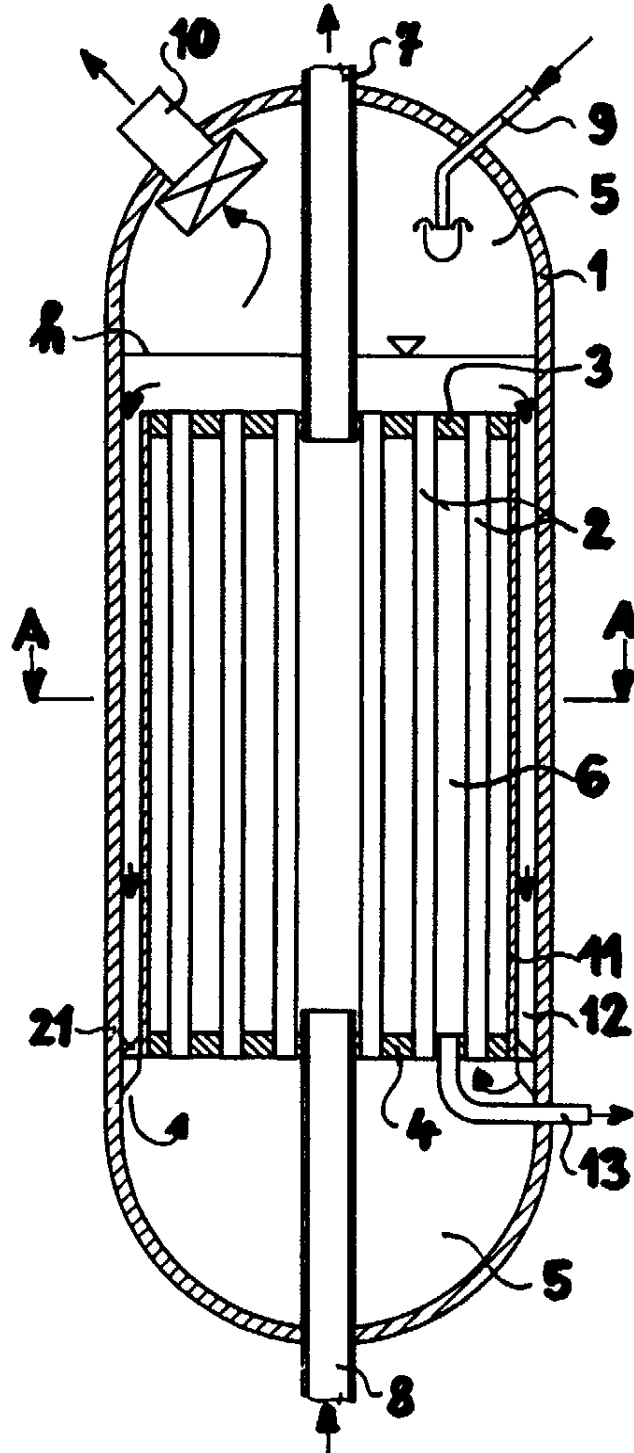
NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Svislý separační parogenerátor, zahrnující vnější plášť (1) a v něm uloženou alespoň jednu soustavu teplosměnných trubek (2), majících otevřené konce, jež jsou upevněny v horní a dolní trubkovnici (3, 4), kde nad horní trubkovnicí (3) a pod dolní trubkovnicí (4) se ve vnitřním prostoru vnějšího pláště (1) nachází dutiny (5) s prostorem propojeným s prostorem v trubkách (2), přičemž mezi trubkami (2) se nachází mezitrubkový prostor (6) uzavřený nahoře a dole trubkovnicemi (3, 4), a kde vnější plášť (1) má podobu uzavřené tlakové nádoby opatřené alespoň jednou dvojicí primárních nátrubků (7, 8) pro přívod a odvod ochlazovaného média na bázi paroplynové směsi a alespoň jednou dvojicí sekundárních nátrubků (9, 10) pro přívod a odvod chladicího média, kde primární nátrubky (7, 8) jsou zaústěny do mezitrubkového prostoru (6) a sekundární nátrubky (9, 10) jsou zaústěny do prostoru propojeného s prostorem trubek (2),
10 **vyznačující se tím**, že soustava teplosměnných trubek (2) je opatřena válcovým pláštěm (11) nahoře a dole uzavřeným trubkovnicemi (3, 4), přičemž vně kolem obvodu válcového pláště (11), mezi válcovým pláštěm (11) a vnějším pláštěm (1) parogenerátoru, je vytvořena obvodová a ve vertikálním směru průchozí mezera (12) o velikosti umožňující cirkulaci chladicího média, přičemž mezitrubkový prostor (6) nacházející se ve válcovém plášti (11) je dole
15 opatřen alespoň jednou mezitrubkovou výpustí (13) kondenzátu umožňující vypouštění kondenzátu separovaného z paroplynové směsi mimo mezitrubkový prostor (6).
2. Svislý separační parogenerátor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pod výparníkem, tvořeným válcovým pláštěm (11) s trubkami (2) a trubkovnicemi (3, 4), je uložen alespoň jeden chladič (14) opatřený prvky (15) pro přívod i odvod chladicího média a prostor
25 mezi výparníkem a chladičem (14) je rozdělen alespoň jednou dolní přepážkou (16), přičemž prostor nacházející se pod chladičem (14) je opatřen alespoň jednou přidavnou kondenzátovou výpustí (17), umožňující vypouštění kondenzátu separovaného z paroplynové směsi, kterážto přidavná kondenzátová výpust (17) je vyústěna ven z vnějšího pláště (1).
3. Svislý separační parogenerátor podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že alespoň jedna mezitrubková výpust (13) je provedena jako spojovací kanál, jehož prostřednictvím je mezitrubkový prostor (6) propojen s prostorem pod dolní přepážkou (16).
4. Svislý separační parogenerátor podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že nad výparníkem, tvořeným válcovým pláštěm (11) s trubkami (2) a trubkovnicemi (3, 4), je uložen alespoň jeden chladič (14) opatřený prvky (15) pro přívod a případně i odvod chladicího média a
35 prostor mezi výparníkem a chladičem (14) je rozdělen pomocí alespoň jedné horní přepážky (18), přičemž prostor nacházející se nad horní přepážkou (18) je ve své spodní části opatřen alespoň jednou přidavnou kondenzátovou výpustí (17), umožňující vypouštění kondenzátu, separovaného z paroplynové směsi, a případně i odváděného chladicího média.
5. Svislý separační parogenerátor podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že horní primární nátrubek (7) sestává ze dvou dílů (71, 72), navzájem oddělených, z nichž horní díl (71) primárního nátrubku (7) se nachází ve stěně vnějšího pláště (1) a je zaústěn na jedné straně vně vnějšího pláště (1) a na druhé straně do prostoru nad horní přepážkou (18) a dolní díl (72) primárního nátrubku (7) je zaústěn na jedné straně do prostoru nad horní přepážkou (18) a na druhé straně do mezitrubkového prostoru (6).
- 40

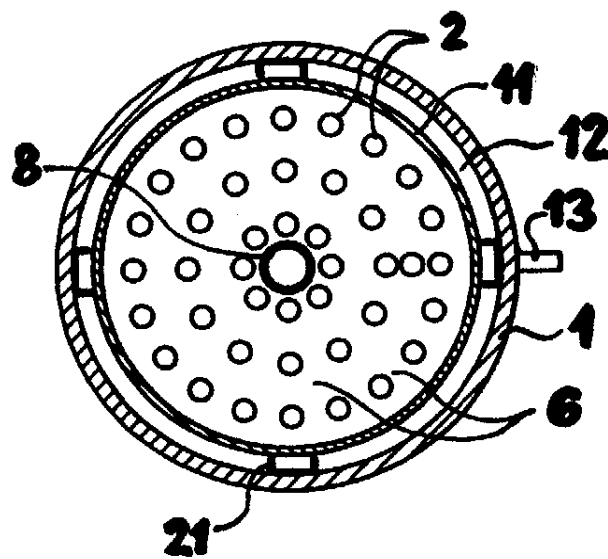
6. Svislý separační parogenerátor podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že v jednom vnějším plášti (1) jsou nad sebou uloženy alespoň dva výparníky tvořené válcovým pláštěm (11) s trubkami (2) a trubkovnicemi (3, 4), kde prostor mezi těmito výparníky je rozdělen pomocí alespoň jedné dělicí stěny (19), přičemž každý z těchto výparníků má vlastní sekundární nátrubky (9, 10) pro přívod a odvod chladicího média a vlastní mezitrubkovou výpusť (13) kondenzátu a přičemž tyto sekundární nátrubky (9, 10) jsou propojeny paralelně.
7. Svislý separační parogenerátor podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že mezitrubkové prostory (6) těchto výparníků jsou navzájem propojeny pomocí alespoň jedné spojovací trubice (20) a parogenerátor má pouze jednu dvojici primárních nátrubků (7, 8).
- 10 8. Svislý separační parogenerátor podle nároku 6, k výměně tepla mezi médii, **vyznačující se tím**, že mezitrubkové prostory (6) těchto výparníků jsou odděleny a každý výparník má vlastní primární nátrubky (7, 8).

7 výkresů

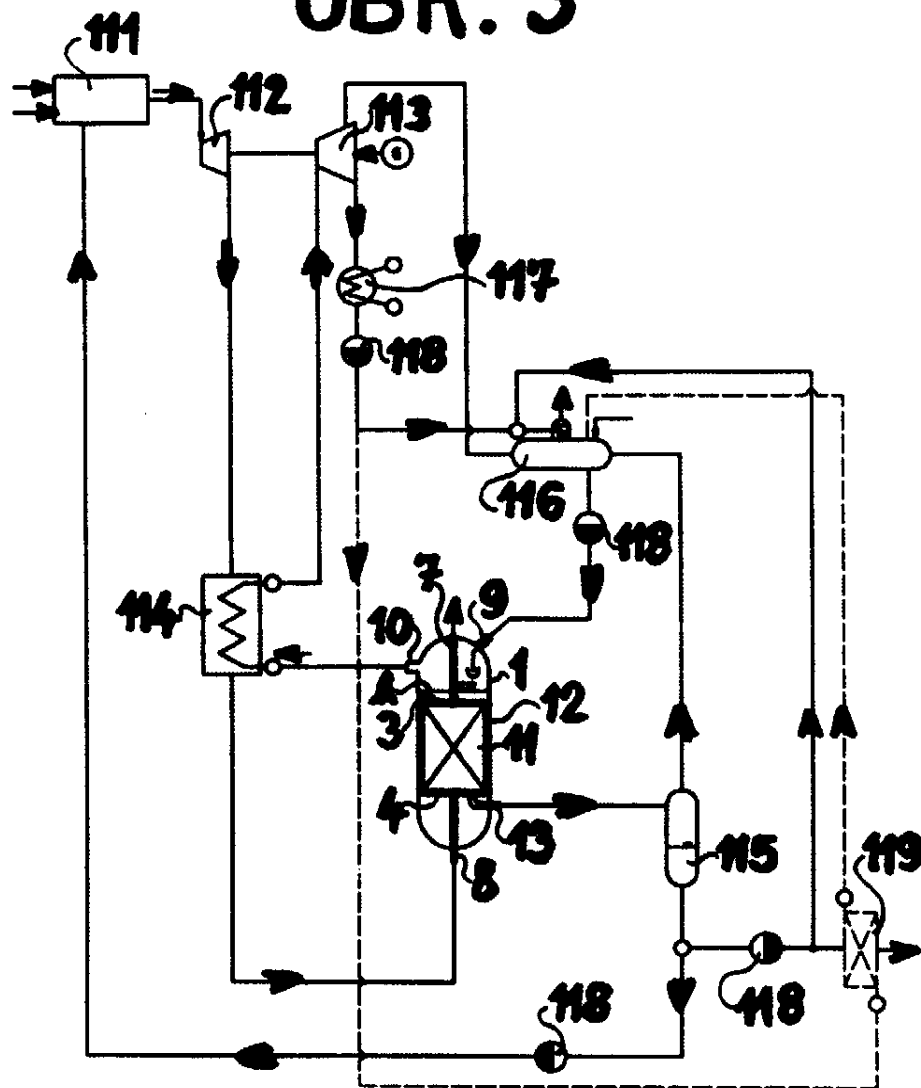
0BR.1



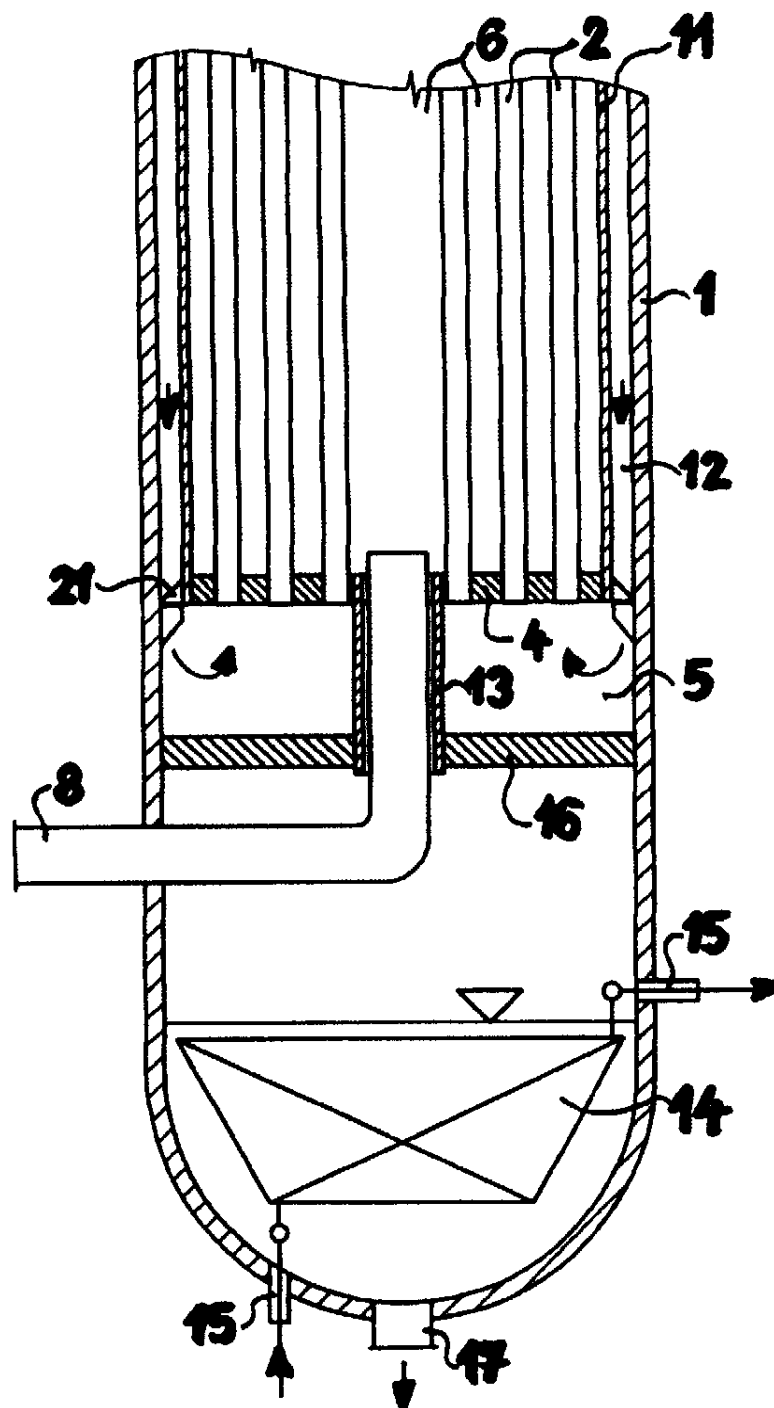
OBR. 2



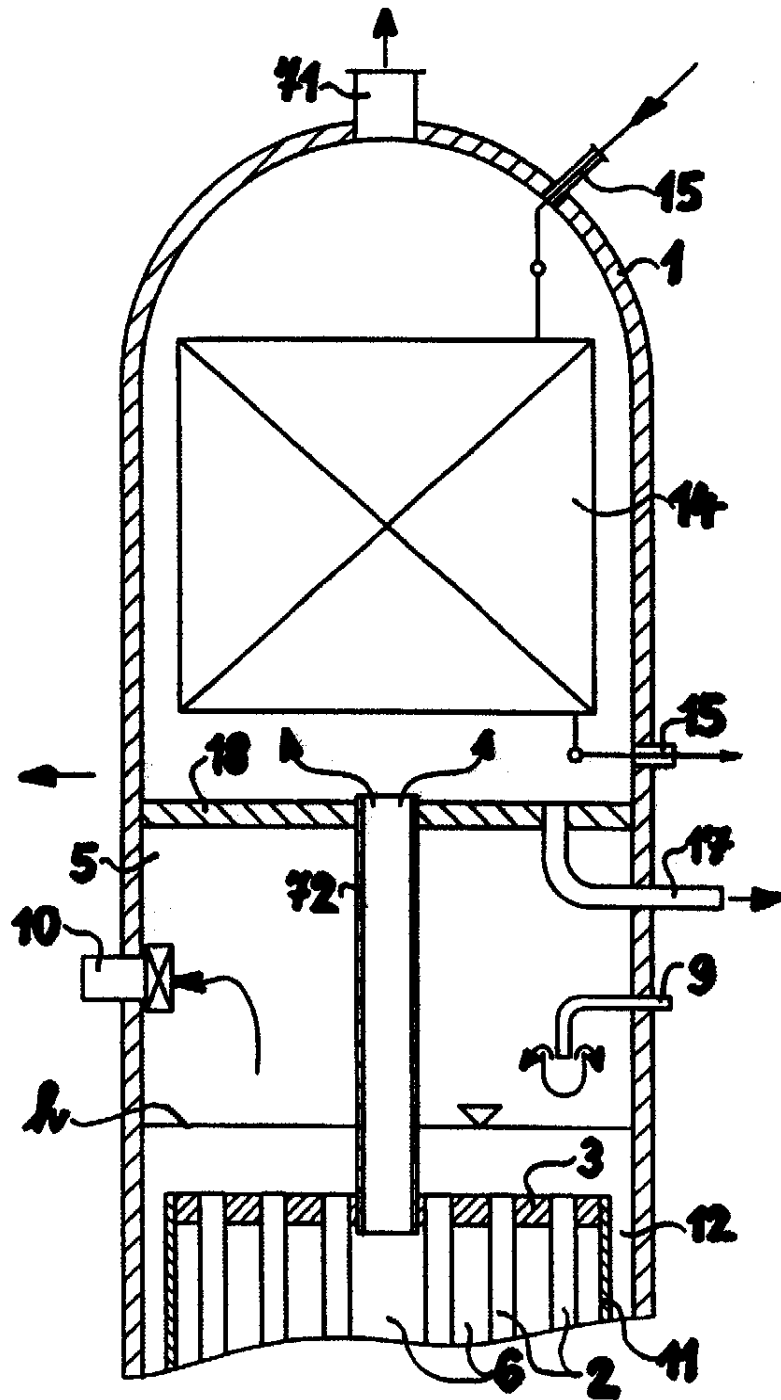
OBR. 3



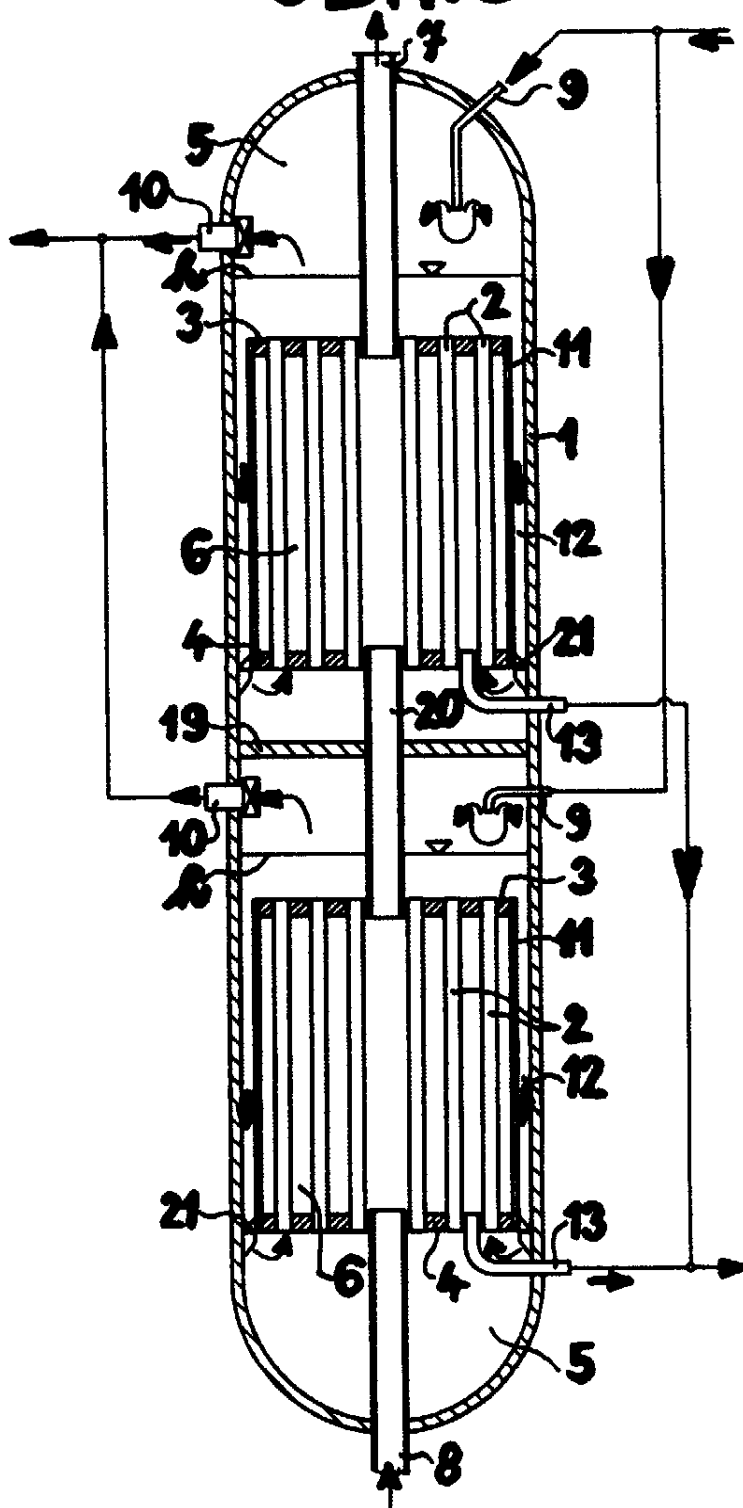
OBR.4



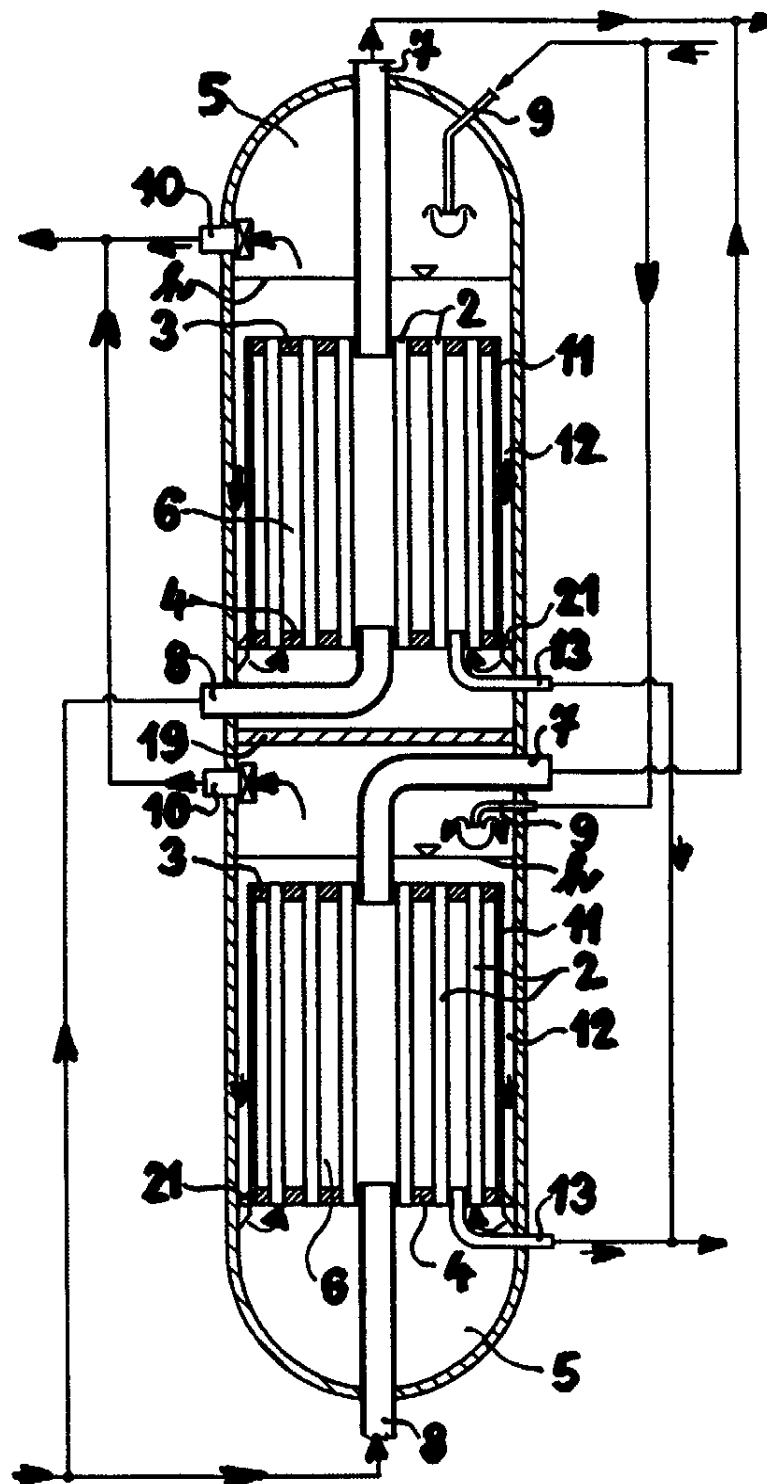
OBR. 5



OBR. 6



OBR.7



Konec dokumentu