

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2012-541

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F24H 1/22 (2006.01)
F24D 12/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **09.08.2012**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **19.02.2014**
(Věstník č. 8/2014)

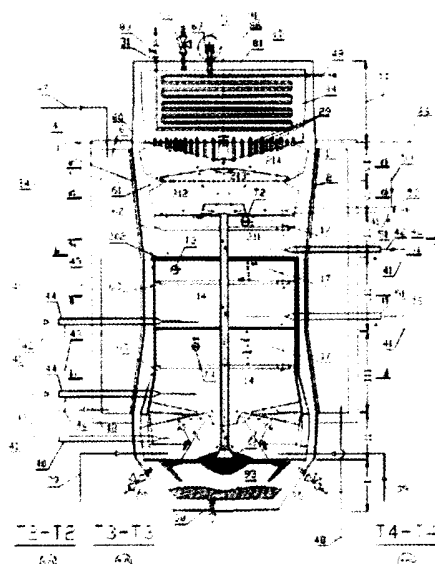
(71) Přihlašovatel:
Krajčová Renata, Slavičín, CZ
Hrabě František, Praha, CZ

(72) Původce:
Exel Robin, Brno, CZ
Krajčová Jitka, Praha, CZ

(74) Zástupce:
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški,
Lidická 51, Brno, 60200

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Cirkulační topný kotel pro kombinovanou
výrobu tepla, páry a elektrické energie**

(57) Anotace:
Cirkulační topný kotel pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie sestávající ze spalovací části a výměňkové části, přičemž jeho stěnu (98) tvoří soustava plášťů, které jsou uzavřené v oblasti, kde obklopují teplosměnné prostory spalovací části, kterou tvoří směrem vzhůru na sebe navazující sekce II inicializace plamenného víru, alespoň jedna sekce III spalování paliva, sekce V srážení a separace spalitelných částic a sekce VI vytápění s prostupem tepla opatřená na rozhraní s výměňkovou částí alespoň jedním tlakovým ventilem.



ČIRKULAČNÍ TOPNÝ KOTEL PRO KOMBINOVANOU VÝROBU TEPLA, PÁRY A ELEKTRICKÉ ENERGIE

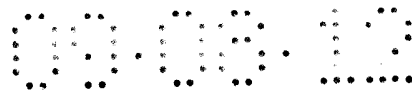
Oblast techniky

Vynález se týká cirkulačního topného kotle pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie sestávajícího ze sekcí uspořádaných v těle kotle, které lze podle volitelné sestavy kotle měnit.

Dosavadní stav techniky

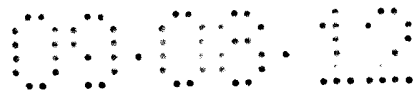
V současné době jsou obecně známy a využívány následující topné systémy, solární panely pro ohřev vody, tepelná čerpadla, kotle různé konstrukce. Ze současných technologických znalostí víme, že energetické systémy určené k výrobě upotřebitelné energie určené, jak pro průmysl, tak pro domácnosti, mohou narušovat svou činností životní prostředí. Relativně čistou energii je možné obdržet jen ze solárního zdroje, například solární systém založený na Trombeho stěně, proudu vody či vzduchu nebo použitím utilizačních kotlů využívající geotermální zdroj tepla. Výše jmenované energetické systémy můžeme počítat jako zdroje energie nezávadné pro životní prostředí, tedy ekologické při výrobě energie.

Energii je možné získat také spalováním. Kotel je zařízení vyrábějící horkou vodu nebo tlakovou páru pro otopné, technologické nebo energetické účely. Sestává v obecném případě ze spalovací části (s případným příslušenstvím) a z výměňkové části. Není účelem zde rozebírat veškeré způsoby výroby energie nebo dělení kotlů třeba podle způsobu jejich nasazení, použití, provedení, použitého paliva, pracovního média nebo jejich výzbroje. Hlavní funkcí kotlů je přenos tepla produkovaného spalováním paliva do vody a nakonec k výrobě páry. Páry vyrobené v kotli se používá pro různé účely, včetně vytápění, sterilizace a sušení a zvlhčování a výroby elektrické energie. Na kotle lze nahlížet jako na použitelná technologická zařízení, která svým provozem při využití různého paliva generují při svém výrobním provozu nejen upotřebitelnou energii, ale různé pevné i plynné technologické odpady. Tyto odpady mají většinou negativní dopady na životní prostředí, ale přes tyto nevýhody jsou doposud pro lidstvo nezbytnými technickými zařízeními. V současné době se pro výrobu páry anebo teplé vody používají kotle o výkonu až po několik tisíc tun



páry za hodinu, tj. použitelné pro elektrárenský blok až do výkonu 2000 MW, přitom tlak páry se může volit od barometrického tlaku až do nadkritické oblasti tlaku cca 25 MPa. Tyto kotle mohou být např. v uspořádání jako roštové, s válcovým roštem pro spalování odpadu, strmotrubné, bubnové, nízkotlaké kotle, vysokotlaké kotle apod.

Klasické uspořádání technologie pro výrobu elektrické energie sestává z kotle, tvořeného pláštěm s topeništěm s roštem a popelníkem, do kterého ústí trysky primárního vzduchu. Do prostoru topeniště ústí přívody paliva a sekundárního vzduchu. Nad topeništěm je uspořádán výměník, který je vstupem napojený na přívod vody, přičemž z jeho výstupu je odváděna pára pro turbínu pohánějící generátor. Kotel je ukončen odvodem spalin, do něhož je vřazen odlučovač pevných částí, který vrací zpět do kotle zbytky nespáleného paliva a dále je obvykle do odvodu spalin napojen další stupeň čištění, a to v místě před únikem spalin do komína. Kotel se sousým vodním pláštěm a spalovacím prostorem je popsán ve francouzském patentu ^{FR} 2 154 347. Zde je popsán topný kotel, u něhož jsou dva válcové vodní pláště uspořádány vzájemně souose. Přitom vnitřní prostor, obklopený vnitřním vodním pláštěm, vytváří spalovací prostor, zatímco meziprostor mezi vodními plášti slouží jako kanál kouřového plynu. V tomto kanálu kouřového plynu se nachází šroubová vložka. Tento topný kotel je relativně konstrukčně komplikovaný. Zhotovení je tedy relativně drahé a servisní práce jsou těžko proveditelné a časově náročné. Zvláště nepříznivé je nebezpečí chladných míst, u nichž může při redukováném výkonu hořáku nastat kondenzace škodlivých látek z kouřových plynů, což pak vede k problémům s korozí. Tento topný kotel se tedy nehodí pro provoz s vícestupňovým hořákem. Tento známý topný kotel nemá žádný prostředek pro přípravu teplé vody, to znamená, takzvanou přípravu užitkové vody. Je důležité, aby výkon topného kotle a hořáku byl ve vzájemném souladu. Proto bylo dosud v dolní oblasti výkonu nutné vyrábět velikosti kotlů s odstupňováním asi po 5 kW, což je velmi nevýhodné. Nedostatky výše popisovaného řešení částečně odstraňuje topný kotel popisovaný v patentovém spisu České republiky ^{CZ} 281 126. Jedná se o kotel opatřený vícestupňovým nebo modulovým hořákem uvnitř, kterého je vytvořen teplosměnný prostor obklopený prvním vodním pláštěm, který je tvořen vnější a vnitřní stěnou, přičemž v teplosměnném prostoru je umístěn druhý vodní plášť, který se rozprostírá po části délky teplosměnného prostoru. Mezi vodními plášti je vytvořen první meziprostor s prvním výstupem kouřového plynu. Uvnitř druhého vodního pláště je vytvořen vnitřní prostor, který je na odvrácené straně od hořáku opatřen



druhým výstupem kouřového plynu. Topný kotel je opatřen prostředkem pro regulaci proudu kouřového plynu z prvního výstupu kouřového plynu a /nebo pro regulaci proudu plynu z druhého výstupu kouřového plynu z prvního výstupu kouřového plynu a/nebo pro regulaci proudu kouřového plynu. Prostředek pro regulaci proudu kouřového plynu je tvořen klapkou kouřového plynu. Výstupy kouřového plynu ústí do společné kouřové trubky a klapka kouřového plynu je společná pro oba dva výstupy kouřového plynu.

Dále je znám cirkulační fluidní kotel na uhlí a biomasu, který je popsán v přihlášce vynálezu České republiky ^{PV} 2007-909 . Konstrukce fluidního kotle na uhlí a biomasu vycházejí z českých patentů ^{CZ} 283 457 a ^{CZ} 294 451. Cirkulační fluidní kotel na uhlí a biomasu má topeniště, které je vymezeno z boků membránovými stěnami, z čela membránovou stěnou, zezadu membránovou stěnou, shora přesazeným stropem tvořeným membránovými stěnami propojenými trubkami, ze spodu je topeniště vymezeno trubkovým propadovým roštěm propojeným s ventilátorem primárního spalovacího vzduchu a recyklačních spalin, membránová stěna je přes sesyp nebo sesypy propojena s dávkovačem nebo dávkovači uhlí a biomasy, sesyp nebo sesypy jsou propojeny přívodem sekundárního vzduchu nebo sekundárního vzduchu a recyklačních spalin, v topeništi je obsažena sypaná vrstva křemičitého písku, v této vrstvě je instalována trubková vestavba, která je demontovatelná a vyjímatelná z topeniště, trasa spalin je na začátku vymezena trubkami a je tvořena systémem konvenčních výměníků fluidního cirkulačního kotle, chladičem spalin s pneumatickými vodními tryskami, cyklonem nebo cyklony, tkaninovým filtrem nebo tkaninovými filtry a kouřovým ventilátorem, teplota spalin na vstupu do spalínového kanálu přesazeného stropu topeniště je min. 700 °C.

U dosud známých kotlů probíhá spalování ve spalovací části za atmosférického tlaku a veškeré doposud známé systémy kotlů ve věci snížení emisí pod jejich stanovenou normu jen řeší uspořádání ohniště a způsob chemické a/nebo mechanické cesty. Žádný známý topný systém přitom neřeší při snižování emisí svou konstrukcí a/nebo svou technologickou funkcí spalování pod tlakem.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je konstrukce cirkulačního topného kotle pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie, který by bez masivních investic dokázal



spalovat odpady a jakákoliv paliva s množstvím nežádoucích příměsí, které jsou pro ekologii životního prostředí nepřijatelné. A zároveň by zajistil nezbytné zdroje energie tepelné i elektrické, např. na těžko dostupných místech.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny cirkulačním topným kotlem pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie sestávajícím ze spalovací části a výměňkové části, který spočívá v tom, že jeho stěnu tvoří soustava plášťů, které jsou uzavřeny v oblasti, kde obklopují teplosměnné prostory spalovací části, kterou tvoří směrem vzhůru na sebe navazující sekce **II** inicializace plamenného víru, alespoň jedna sekce **III** spalování paliva, sekce **V** srážení a separace spalitelných částic a sekce **VI** vytápění s prostupem tepla opatřená na rozhraní s výměňkovou částí alespoň jedním tlakovým ventilem. Topný kotel dle tohoto provedení je vhodný zejména pro spalování plynného i kapalného paliva, která obsahují mnoho příměsí a nečistot.

Cirkulační kotel je řešen jako přetlakový, tj. ve spalovací části kotle, která je uzavřena v soustavě plášťů a izolována od vnějšího prostředí, je dosahován oproti atmosférickému tlaku zvýšený tlak. Navíc je při spalování dosahováno také vysokých teplot, až kolem cca 1650 °C. Konstrukce kotle a uvedené tlakové a teplotní podmínky významně ovlivní proces spalování probíhající ve spalovací části kotle, jak je popsáno níže.

Pojem sekce cirkulačního kotle představuje technologický celek zajišťující konkrétní činnost nebo funkci zvolené celkové sestavy kotle. Sekce zahrnuje konkrétní přiléhající soustavu plášťů kotle, případný přívod paliva, odpadu, okysličovadla a kapalného vzduchu a vnitřní technologické vybavení dané sekce. Dle potřeby mohou jednotlivé prvky vnitřního technologického vybavení jednotlivých sekcí zasahovat i do prostoru sekcí sousedních, případně mohou některé prvky vnitřního technologického vybavení sdílet.

V případě, že nespalujeme ušlechtilé palivo, ale palivo obsahující příměsí a/nebo nečistoty, tudíž očekáváme vznik pevných nespalitelných částí, pak do spalovací části kotle zařadíme dále sekci **IV** separace nespalitelných částic, která je uspořádána mezi sekcí **III** spalování paliva a sekcí **V** srážení a separace spalitelných částic.

Nespalitelné částice je třeba z teplosměnného prostoru kotle odvádět. Odběr nespalitelného popela může být ve stěně kotle instalován kdekoli pod sekcí **IV**



separace nespalitelných částic, s výhodou pak je do spalovací části kotle zařazena sekce **I** nespalitelného odpadu, která je uspořádána pod sekci **II** inicializace plamenného víru. Do této sekce částice nespalitelného popela padají a jsou odtud odebírány prostřednictvím odběru nespalitelného popela.

Veškeré doposud známé stěny kotlů jsou tvořeny obecně soustavou pláštěů, které mají za úkol kotel izolovat od vnějšího prostředí, případně využít pláštěm prostupující teplo k ohřevu tekutiny, typicky vody, čímž se sníží tepelné ztráty a zvýší celková účinnost kotle. Vysoký tlak a vysoká teplota ve spalovací části kotle s sebou přináší zvýšené nároky na jeho stěny, které jsou tvořeny více plášti, které jsou s výhodou uspořádány souose vůči sobě bez nutnosti jeho připojení na chladicí soustavy. Uvedené pláště tvoří stěnu kotle, dále také nazývanou soustava pláštěů. Kotel má v ideálním případě kruhový průřez, ovšem průřez může být v podstatě libovolný obecný mnohoúhelník alespoň s třemi stranami.

Stěnu cirkulačního topného kotle tedy s výhodou tvoří první plášť, u kterého je vhodné, aby byl vytvořen z žáruvzdorného materiálu, který je obklopen druhým pláštěm, který je s výhodou vytvořen z tlakuodolného materiálu, typicky oceli.

U některých provedení cirkulačního topného kotle prochází prvním pláštěm svod nespalitelného popela.

Z důvodu minimalizace úniků sálavého tepla je druhý plášť s výhodou obklopen vodním pláštěm, který je dále obklopen venkovním pláštěm. Vodní plášť je konstruován typicky jako průtočný a plní funkci předeříváče a ohříváče teplé vody. Výhodné je, že cirkulační kotel nejen minimalizuje technologické úniky sálavého tepla, ale naopak toto teplo technologicky využívá, a to prostřednictvím Peltierova článku k výrobě elektrické energie, který je z jedné strany ohříván tepelnými průniky z vnitřních pláštěů a z druhé strany je ochlazován vodním pláštěm, přičemž voda z vodního pláště je využívána pro ohřev teplé vody pro další spotřebu. Na základě tohoto technologického uspořádání takto dochází k vzniku elektrického proudu odebíratelného z tohoto Peltierova článku za současného pohlcení vyzařovaného tepla z teplosměnného prostoru cirkulačního kotle jeho prvním a druhým pláštěm. V tomto výhodném provedení je tedy Peltierův článek uspořádán mezi druhým vnitřním ocelovým pláštěm a vodním pláštěm.



Z důvodu snížení tepelného prostupu z teplosměnného prostoru kotle do okolí může stěnu ze soustavy na sebe navazujících uspořádaných plášťů uzavírat z vnější strany izolační plášť.

Je pochopitelně výhodné, nejen z konstrukčních důvodů, když jsou jednotlivé pláště uspořádány souose.

Cirkulační topný kotel sestává ze sekce **II** inicializace plamenného víru, kterou s výhodou tvoří přiléhající část stěny, uvnitř které je uspořádána spirální skříň s alespoň jedním tangenciálním vstupem plamene, která je napojena svým výstupem na rychlostní komoru, dále propojenou s prstencem, kdy do rychlostní komory ústí přívod paliva a okysličovadla, přičemž spirální skříň, rychlostní komora a prstenec obklopují zásobník spalitelného popela, který je uspořádán ve středu sekce **II** inicializace plamenného víru tak, že jej protíná vertikální osa cirkulačního kotle, kdy do sekce **II** ústí svod spalitelného popela, který je opatřen alespoň jedním otvorem propojujícím jej se zásobníkem spalitelného popela, přičemž zásobník spalitelného popela je dále propojen s prstencem a zásobník spalitelného popela spolu s vnitřní částí přiléhajícího prstence shora uzavírá první oddělovací deska opatřená v oblasti, ve které překrývá prstenec, alespoň jedním otvorem, po jehož stranách vystupují směrem ke svodu spalitelného popela kotle vertikální výztužné lopatky, přičemž druhá oddělovací deska shora uzavírá rychlostní komoru s vnější částí prstence a je opatřena radiálními rozváděcími lopatkami, které mají půdorys ve tvaru oblouku. Plamenný vír, vzniká přidáním paliva a okysličovadla a udělením rotačního pohybu plamenu výztužnými a rozváděcími lopatkami, které jsou uspořádány v sekci **II** inicializace plamenného víru. Pomocí výztužných a rozváděcích lopatek dochází k rozdělení plamene vstupujícího do následující sekce na soustavu dílčích plamenů úhlově posunutých pohybujících se kolem společné spirálovité osy směrem vzhůru. Tuto soustavu dílčích plamenů nazýváme plamenným vírem.

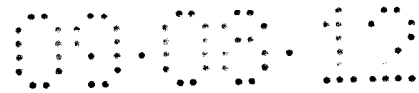
Pro lepší usměrnění plamenného víru, u kterého je výhodné, když postupuje pomalu směrem vzhůru, tj. po trajektorii, která se co nejméně odchyluje od horizontálního směru, je výhodou, když druhá oddělovací deska přesahuje přes okraj prstence směrem k ose kotle. Takto je plamen pomalu veden ve směru vertikálním po výstupu z otvorů v první oddělovací desce. Ze stejných důvodů je výhodné, když druhá oddělovací deska má oproti horizontální rovině mírný sklon tak, že okraj druhé oddělovací desky blíže ose kotle je výš, než okraj obvodový, a zároveň když mezi



rozdávěcími lopatkami je plamen dále veden směrem k obvodu kotle pomalu vzhůru, čehož je dosaženo tím, že na druhé oddělovací desce mezi rozváděcími lopatkami je uspořádán prstencový klín, jehož výška se směrem k obvodu kotle zvyšuje.

Cirkulační topný kotel sestává ze sekce III spalování paliva, kterou tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující tlakovou vírovou komoru sestávající ze dvou stupňů, středem ve směru vertikálním prochází svod spalitelného popela, kdy první stupeň představuje prostor tlakového hoření, do kterého ústí přívod paliva, kapalného vzduchu a plynného okysličovadla, kdy první stupeň je zakončen horizontální první přepážkou, která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, přičemž na tuto první přepážku navazuje druhý stupeň tlakové vírové komory, který je představován labyrintem zakončeným horizontální druhou přepážkou. V sekci III spalování paliva dochází k tomu, že plamenný vír získá teplotu až cca 1650 °C. Tato sekce se může dle požadavků na kotel a palivo v rámci sestavy kotle i opakovat.

Do labyrintu vstupuje plamenný vír prostřednictvím alespoň jednoho průchodu plamene, kterým může podélná štěrbin, soustava štěrbin nebo soustava otvorů apod. Labyrint zajišťuje, aby plamenný vír jeho průchodem tzv. cykloval, tj. stlačoval a rozpínal se, a aby se spalované části – popeloviny, které v labyrintu hoří, co nejdéle při průchodu labyrintem zdržely. Labyrint slouží v podstatě také jako tlakový uzávěr. Cyklování plamenného víru je dosaženo tím, že labyrint je tvořen oddělenými dílčími prostory uzavřenými mezi oddělovacími deskami, kterými je veden procházející plamenný vír, přičemž sousední dílčí prostory jsou propojeny průchody plamene uspořádanými v oddělovacích deskách, jejichž průřez je menší, než průřez propojených dílčích prostorů. Zdržení spalovaných částí v labyrintu, a tím i jejich dokonalejší spálení, je dosaženo již zmiňovaným cyklováním, které zajišťuje střídavé urychlení nebo zpomalování (rotačního) pohybu plamenného víru, čímž celkově zpomalí průchod plamenného víru labyrintem, a také tím, že uspořádané dílčí prostory labyrintu vedou plamenný vír po dráze, která je delší, než kdyby plamenný vír prošel oblastí labyrintu přímo. V jednom z příkladných provedení může být labyrint tvořen soustavou horizontálních oddělovacích desek, které ve směru vertikálním mají vůči sobě odstup, jenž může být vytvořen vložením vymezovacího prstence, přičemž v těchto oddělovacích deskách jsou při jejich obvodu uspořádány průchody plamene pro průchod plamenného víru mezi prostory labyrintu. Tyto průchody mají s výhodou



tvár šterbiny. Horizontální oddělovací desky mohou s výhodou vykazovat sklon oproti horizontální rovině, přičemž průchod mezi prostory labyrintu je na každé oddělovací desce uspořádán při dolní části jejího obvodu a skloněné sousední oddělovací desky jsou navzájem vůči sobě pootočený podle osy rotace shodné s vertikální osou kotle (oddělovací desky nejsou uspořádány se souhlasným sklonem, ale jsou navzájem vůči sobě pootočený), aby procházející plamenný vír musel urazit mezi navazujícími průchody mezi prostory labyrintu delší dráhu a během této dráhy se průřez procházeného dílčího prostoru labyrintu zvětšil a zase zmenšil. V případě horizontálních desek se sklonem oproti horizontální rovině zpravidla u sousedních oddělovacích desek horní část obvodu spodní oddělovací desky nezasahuje výše, než spodní část obvodu horní oddělovací desky. Pro zajištění rotačního pohybu plamenného víru je výhodné, když jsou oddělovací desky vůči sobě navzájem otočeny o 125 až 180°, s výhodou o 135° a průchody byly nejlépe uspořádány v této úhlové výseči.

Sběr nespalitelných částic je založen na odstředivé síle působící na obvodu rotujícího plamenného víru a sběrném žlábků. Cirkulační topný kotel sestává ze sekce V srážení a separace spalitelných částic, kterou tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující separační komoru, do které ústí přívod ionizovaného vzduchu, kapalného vzduchu a ohřáté vody a jejíž stěna je v horní části zakončena výstupkem, jenž je vytvořen po obvodu prvního pláště kotle a vstupuje do teplosměnného prostoru kotle, přičemž víko sekce V srážení a separace spalitelných částic je tvořen odraznou deskou, jejíž stěny ve směru k ose kotle stoupají, která je v oblasti kolem osy kotle opatřena usměřovacím prvkem, jehož stěny ve směru k ose kotle klesají, a ke které jsou na jejím obvodu upevněny rozváděcí lopatky, které jsou též připevněny k třetímu výstupku, přičemž ve spodní části separační komory je uspořádán sběrný kužel (prvek), který ústí do svodu spalitelných částic v předcházející sekci.

Průřez v horizontálním řezu separační komory se směrem vzhůru zvětšuje.

Usměřovací prvek má s výhodou tvar kuželovitý a odrazná deska kónický tvar. Jak usměřovací prvek, tak odrazná deska přispívají k tomu, že rotující plamen, který vystoupá při obvodu separační komory, je sveden k ose kotle, kde se vnitřní hrana vzniklého rotujícího plamenného prstence protáhne směrem dolů. Plameny při

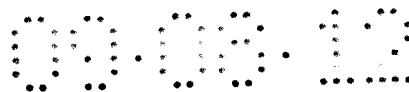


vnitřní hraně prstence zpomalí, ztratí unášecí schopnost a spalitelné částice padají do sběrného kužele.

Cirkulační topný kotel dále sestává ze sekce **VI** vytápění s prostupem tepla, kterou tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující vyhřívací prostor vymezený zdola odraznou deskou, vůči které je v odstupu uspořádána protilehlá odpařovací deska opatřená alespoň jedním prostupem tepla opatřeným zpětným ventilem. V této sekci je již očištěný plamen, který ohřívá odpařovací desku, přičemž teplo prostupuje prostupy tepla dále do výměňkové části. S výhodou mají prostupy tepla trubkový tvar a vystupují z odpařovací desky směrem vzhůru.

Cirkulační topný kotel může být s výhodou opatřen sekci **IV** separace nespalitelných částic, jak již bylo uvedeno výše. Sekci **IV** separace nespalitelných částic tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující dohořivací komoru sestávající ze dvou stupňů, středem ve směru vertikálním prochází svod spalitelného popela, kdy první stupeň představuje prostor separace nespalitelných částic vymezený zdola dnem, tvořeným jednak deskou, která je při jejím obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, a jednak po obvodu sběrným žlábkem, ve kterém je vyústěn alespoň jeden vstup svodu nespalitelného popela, přičemž do prostoru separace nespalitelných částic ústí přívod kapalného vzduchu a ionizovaného vzduchu a na jehož obvodu (z pláště směrem dovnitř vystupuje) je uspořádán alespoň jeden Reynoldsův práh, první stupeň je zakončen horizontální první deskou, která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, přičemž na tuto desku navazuje druhý stupeň dohořivací komory, který je představován labyrintem zakončeným horizontální přepážkou, která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene. Tuto sekci využijeme v případě, že v kotli není spalováno tzv. ušlechtilé palivo, tj. očekáváme, že palivo bude obsahovat různé příměsi a nečistoty. Sběr nespalitelných částic je založen na odstředivé síle působící na obvodu rotujícího plamenného víru a sběrného žlábkem, který mění rychlostní poměry na spodním okraji plamenného víru pohybujícího se v teplosměnném prostoru dohořivací komory.

Je výhodné, když je první stupeň dohořivací komory nejširší ve své spodní části a průřez prvního stupně dohořivací komory se směrem vzhůru zmenšuje.



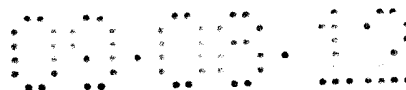
Sběrný žlábek může mít různý tvar, aby plnil funkci sběru nespalitelných částic. Výhodně má sběrný žlábek v řezu tvar hyperboly a spád jeho dna je alespoň 3 ‰, a to vždy po 1/2 své délky mezi vyústěním vstupů svodu nespalitelného popela.

Nespalitelné částice svedené do svodu/ů nespalitelného popela mohou být z teplosměnného prostoru kotle odváděny různým způsobem, musí však být zachován tlak uvnitř kotle. Výhodné je, když cirkulační topný kotel dále obsahuje sekci I nespalitelného odpadu, kterou tvoří přiléhající část soustavy plášťů, uvnitř které je uspořádán zásobník nespalitelného popela, do kterého ústí jednak alespoň jeden svod nespalitelného popela a jednak alespoň jeden odběr nespalitelného popela. Nespalitelný popel ze zásobníku nespalitelného popela může být odebírán jak za provozu, tak v odstávkách kotle.

Z bezpečnostních důvodů je výhodné, aby do sekce I nespalitelného odpadu ústil také alespoň jeden pojistný tlakový ventil.

Dále je výhodné, aby plamenný vír při svém postupu vzhůru v oblasti prvního stupně tlakové vírové komory byl v horizontální rovině stlačován a rozpínán. Děje se tak za využívání Reynoldsových poznatků aplikovaných do výstupků (dále jen Reynoldsovy prahy), které mění tlakové a rychlostní poměry proudu plamenného víru v jeho horizontální rovině. Plamenný vír při svém postupu po spirále proudí laminárně a z pláště dovnitř vystupující Reynoldsovy prahy zajišťují stlačení (při průchodu přes Reynoldsův práh) a rozpínání proudu plamene (za Reynoldsovým prahem), přičemž charakter laminárního proudění zůstává zachován. V souvislosti se stlačováním a rozpínáním dochází také ke zrychlení a zpomalení uspořádaného lineárního proudění. Z výše uvedených důvodů je tedy výhodné, aby z prvního pláště v oblasti prvního stupně tlakové vírové komory směrem do teplosměnného prostoru kotle vstupoval alespoň jeden Reynoldsův práh.

S výhodou je Reynoldsův práh rovnoběžný s vertikální osou kotle a je vhodné, když má stejnou výšku jako první stupeň tlakové vírové komory. Reynoldsův práh může být vytvořen jako součást prvního pláště úpravou jeho profilu, tj. např. úpravou tvaru vyzdívky kotle.



V sekci II inicializace plamenného víru, sekci III spalování paliva, sekci IV separace nespalitelných částic a sekci V srážení a separace spalitelných částic jsou do teplosměnného prostoru kotle pod tlakem prostřednictvím přívodů vháněny palivo včetně spalitelného odpadu, voda a okysličovadlo v různé kombinaci.

Palivo, voda a okysličovadla mohou být do kotle vháněny samostatně a promíseny až v prostoru kotle, ovšem s výhodou dochází k jejich promísení ještě před vstupem do kotle.

Přívodem, který umožňuje vytvoření směsi paliva a/nebo okysličovadla nebo vody a okysličovadla ještě před vstupem do kotle, může být ve výhodném provedení ejektor. Jedná se o čerpací zařízení, které má svou funkci založenou na využití podtlaku. Pro vytvoření podtlaku ejektor používá pracovní médium. Pracovním médiem může být kapalina, vzduch, pára nebo plyn, ale také kal o různé vazkosti, zrnitosti nebo složení, přičemž jako výhodné pracovní médium se jeví kapalina. Kapalina vykonává práci svým prouděním v trysce, čímž dochází k vytvoření nezbytného pracovního podtlaku a tím následného sání čerpaného média.

Ve smyslu tohoto vynálezu čerpaným médiem ejektoru může být jakékoliv rozemleté, tekuté nebo plynné palivo nebo spalitelný odpad anebo voda. Okysličovadlo může být jak v kapalném, tak plynném stavu, s výhodou se v řešeních dle vynálezu použijí zkapalněný vzduch a ionizovaný vzduch, například směs tlakového vzduchu obohaceného O_3 , kde tato okysličovadla nebo voda musí být dopravovány do ejektoru pod dostatečným pracovním tlakem.

Z důvodu lepšího promísení směsi v ejektoru, a to zejména u paliv tuhých, je výhodné, když vstupem čerpaného média do směřovacího prostoru ejektoru je spirální skříň.

Výhodou cirkulačního kotle pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie je jeho řešení jako integračního kotle pro výrobu tepla a ohřev teplé vody, páry bez nutnosti trubkových přehříváčů i výparníků a který také funguje jako spalovna obtížně spalitelných odpadů. Výhodné je, že cirkulační kotel navíc umožňuje přímou výrobu elektrické energie např. pro pohon parní kondenzační turbíny a rotačních generátorů nebo dynam.



Výhodné je, že cirkulační kotel podle tohoto vynálezu lze díky svým vyměnitelným sekcím použít pro vytvoření sestavy kotle, která může být využita při vytápění domácností nebo při průmyslové výrobě tepla a páry nebo elektrické energie. Cirkulační kotel lze konstruovat o tepelném výkonu od 15 kW po 1000 MW i více. Cirkulační kotel lze výhodně modifikovat také s ohledem na spalované palivo, kterým může být kromě běžných paliv, jako je uhlí, uhelný mou, také odpad s problematickými příměsemi, a to bez jejich úniku do ovzduší a vzniku problematických odpadních popelovin.

Výhodou je též, že ke svému provozu nepotřebuje technologická zařízení, jako jsou komíny pro odvod spalin do ovzduší, chladiče a další výzbroj obvyklou pro provoz kotle. Jedná se o uzavřený systém, který produkuje teplou vodu, páru a elektrickou energii. Produkovaná pára o požadovaném tlaku je použitelná např. pro parní turbíny a i zbytkové teplo vyzařené spalovací sekcí je využitelné k výrobě teplé vody, případně elektrické energie.

Konstrukce cirkulačního kotle podle tohoto vynálezu umožňuje dosažení vysokých teplot, i teplot vyšších než 1650 °C, a tuto teplotu udržet alespoň po dobu pěti minut. Udržení tak vysoké provozní teploty se dosáhne několikerou vstupy oxidizovadla vháněného do prostoru spalování paliva i spalitelného odpadu, dodávaných do teplosměnného prostoru výhodně prostřednictvím ejektorů a pomocí plamenného víru. Tato teplota umožní shoření životnímu prostředí závadných látek, takže nespalitelný odpad je ekologicky nezávadný a může být dále využíván. Kotel tedy produkuje nezávadný odpad, a to v minimálním množství.

Zanedbatelné není ani to, jak je řešeno několikanásobné vratné dávkování spalitelného popela do spalovacího procesu.

Je známo, že ve všech známých kotlích probíhá proces spalování – hoření, jen při atmosférických tlakových podmínkách. Tento proces je realizován i u fluidního kotle. Jedná se v těchto známých kotlích přitom vždy o proces generování tepla pomocí spalování hořlavé látky za přítomnosti oxidizovadla a atmosférického tlaku, a to jak u průmyslových, tak i domácích kotlů. Dané výchozí podmínky hoření způsobují, že při tomto procesu spalování hořlavé látky za atmosférického tlaku je



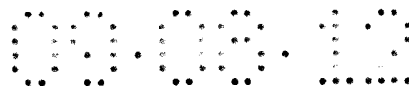
vyprodukované nejen žádané teplo, ale i spaliny, kterými jsou vždy různé sloučeniny uhlíku a kyslíku s jejich různými příměsemi.

V těchto známých procesech hoření paliva u současných známých technických konstrukcí kotle je zaručující podmínkou správné funkce hoření jak přísun okysličovadla – vzdušného kyslíku, tak přísun paliva za nezbytné podmínky zajištění vlastního tahu kotle.

Tedy víme že při spalování paliva nebo odpadů probíhá oxidace tuhých, kapalných či plyných spalitelných složek na oxid uhličitý, vodu, popel a další látky. Tento proces je kontrolovatelný a ovlivnitelný např. použitou teplotou spalování, druhem odpadu (obsahem hořlavých látek), fyzikálními vlastnostmi odpadu (stupněm dělitelnosti), intenzitou okysličování. Odpad je zlikvidován rychle, jeho objem je zmenšen cca na 10% původního objemu, jeho hmotnost je snížena cca na 30% původní hmotnosti. Odpad je dokonale hygienizován, tj. zbaven choroboplodných zárodků a nebezpečné polutanty jsou solidifikovány. Při spalování paliva nebo odpadů vzniká velké množství tepelné energie, kterou je možné dále využít, doposud ale tento proces u známých konstrukcí kotlů probíhá za atmosférického či velmi malého přetlaku vzniklého z tlakového vhánění vzdušného kyslíku, vždy za podmínky přísunu jen tolik jeho množství, aby nedošlo k uhašení tohoto probíhajícího procesu hoření paliva. Hoření je vlastně jen jednofázové, tedy není dále využívaná vázaná energie vzniklá z tohoto prvotního procesu hoření ve vzniklých nových formách plyných složek.

Použije-li se jen princip vzniku hořlavé dokonalé směsi pomocí nasycení paliva jak kapalným vzduchem a to před jeho smícháním se stlačeným vzduchem syceným ozonem a to před přísunem této relativně velmi hořlavé až výbušné směsi do teplosměnného prostoru kotle dle vynálezu, dojde k dostatečné podmínce velmi výkonného procesu spalování za podmínky konstrukce současného atmosférického kotle.

Dostatečným prvotním kontaktem paliva s okysličující látkou (stlačeným vzduchem či ozonem) by měl být snížen vznik zplodin nedokonalého spalování (např. nasycených a nenasyčených uhlovodíků, kyanovodíků a kyseliny kyanovodíkové, aminů, oxidu fosforitého). Dostatečnou destrukci složek obsažených v palivu zajistí vysoká teplota plamene (až 1 300 °C).



Jelikož také v této konstrukci víme, že do teplosměnného prostoru - ohniště bude přidáván uhelný prach a vodní pára, je zjevné, že dojde v daném teplosměnném prostoru našeho cirkulačního kotle ke vzniku smíšeného generátorového plynu ($H_2 + CO$), který bude dalším zdrojem energie.

Při odlučování příměsí z nosného plynu bude uplatněn gravitační vlastně mechanický odlučovač, který je přímo součástí vnitřní konstrukce kotle, tedy jeho jednou možnou sekci, ve kterém se uplatní gravitační a odstředivý princip, a to bez nutného přísunu dodatečné energie k zajištění jeho správné funkce.

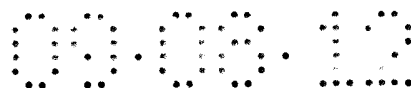
Ze spalování nebezpečných odpadů vznikne popel, který slouží jako puzzolanové pojivo. Díky tomuto pojivu budou solidifikovány nebezpečné produkty hoření, které případně vzniknou. Solidifikující médium (popel) obalí (enkapsuluje) částičky jedovatých látek. Tím dojde k jejich izolaci.

Přitom tyto procesy probíhají za atmosférického nebo jen mírně zvýšeného vnitřního tlaku kotle.

Z výše uvedeného je jednoznačná ta skutečnost, že pokud do procesu hoření přidáme další, a to fyzikální, podmínku, tj. zvýšený tlak, vznikají jiné procesy a principy hoření, tedy i chování plamenného víru v teplosměnném prostoru hoření.

Realizujeme-li tedy proces spalování paliva za zvýšeného tlaku, tedy přetlaku, a tento bude konstantní, je z výše uvedeného chemického a fyzikálního aspektu zjevná skutečnost, že dojde v daném teplosměnném prostoru k dvojstupňovému procesu hoření paliva a okysličovadla, kdy na počátku dojde ke shoření prvotních složek paliva a vygenerování dostatečné teploty a tlaku a zároveň k reakcím paliva, viz výše, které umožní vznik následných složek paliva hořících za vyšších teplot a tlaků při podmínce dostatečného okysličovadla. Takto dojde k potřebnému proběhnutí generujícímu vznik plazmatického principu hoření směsi jako následnému druhému cyklu hoření plynných složek paliva, a to v její minimální nutné teplotní podmínce $1650^{\circ}C$ za dostatečného kompresního tlaku 5 až 7 MPa zaručených technickou konstrukcí kotle a jeho zpevňujícím pláštěm.

Tímto jsou splněny technologické podmínky nutné pro vznik nezbytných reakcí vedoucích k dokonalému hoření a tím i dosažení možného dokonalého bezzbytkového uvolnění vázané energie v použitém palivu a dosažení procesem



plazmatického hoření vzniklých plyných složek z procesu k jejich bezezbytkovému strávení a přeměně v teplo.

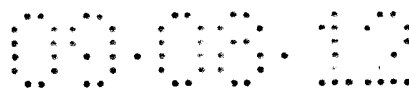
Jedná o kotel pracující v přetlakovém režimu a palivo je vháněno pod tlakem za dostatečného a optimálního množství okysličovadla udržující nutnou podmínku hoření směsi a to i pod tlakem, a tím i dosažení velmi vysokých teplot hoření min 1650 °C, tím je zaručen nezbytný tah v kotli a odvod zbytkového tepla do komínové soustavy pomocí přetlakových ventilů.

Další výhody cirkulačního kotle podle tohoto vynálezu jsou následující:

- využívá energii vzniklou spalováním všech odpadů. Jedná se o zcela nový, účinný zdroj výroby elektrické a tepelné energie;
- provoz cirkulačního kotle je ekologický, nedochází k vypouštění ani k úniku žádných škodlivých látek do ovzduší;
- produkce elektrické energie vyráběná tímto cirkulačním kotlem zaručuje velmi rychlou investiční návratnost při minimalizaci vynucených činností spojených s dosavadními způsoby likvidace odpadů, umožňuje vznik nových ziskových aktivit
- každá dodávaná sestava cirkulačního kotle je přesně přizpůsobena požadavkům zákazníka dle tímto předpokládané varianty spalovaného paliva a likvidovaného odpadu a požadované vzájemné produkce elektrické a tepelné energie;
- cirkulační kotel je určen pro jakéhokoliv výrobce tepla a elektrické energie a i k ekonomickému zhodnocení odpadu;

Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude objasněn pomocí přiložených výkresů, kde na obr. 1 je znázorněno zjednodušené schéma příkladného provedení cirkulačního kotle pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie s energetickými vstupy a výstupy a obr. 2 je znázorněno detailní schéma tohoto provedení cirkulačního kotle pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie, na obr. 3 jsou v řezu znázorněny



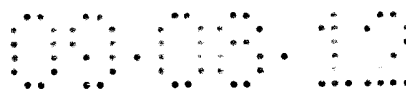
detaily stěny tohoto provedení kotle tvořené sestavou plášťů těla kotle spolu s ejektorem 44, obr. 4 znázorňuje detail zaústění ejektoru 51 s přívodem tlakového vzduchu a okysličovadla, obr. 5 znázorňuje detail zaústění ejektoru 53 s přívodem tlakového vzduchu, okysličovadla a přívodu vody, obr. 6 znázorňuje detaily konstrukčních částí ejektorů, obr. 7 znázorňuje detail ejektoru 40, obr. 8 znázorňuje detail ejektoru 44, obr. 9 znázorňuje detail ejektoru 51, obr. 10 znázorňuje detail ejektoru 53, obr. 11 znázorňuje řez F-F v těle kotle v sekci VI, obr. 12 znázorňuje řez G-G v těle kotle v sekci V, obr. 13 znázorňuje řez H-H v těle kotle v sekci IV, obr. 14 znázorňuje řez I-I v těle kotle v sekci III z pohledu shora, obr. 15 znázorňuje řez J-J v těle kotle v sekci III z pohledu ze spodu, obr. 16 znázorňuje řez K-K v těle kotle v sekci IV a rozmístění Reynoldsových prahů a svodů částic nespalitelného popela, obr. 17 znázorňuje odraznou desku s usměrňovacím kuželem a detail ventilu trubkového prostupu, obr. 18 znázorňuje schéma příkladného provedení cirkulačního kotle pro plynné i kapalně palivo, obr. 19 znázorňuje schéma příkladného provedení cirkulačního kotle pro tuhé ušlechtilé palivo, obr. 20 znázorňuje varianty řezů stěn bez vodního chlazení, obr. 21 znázorňuje varianty řezů stěn s vodním chlazením.

Příkladné provedení vynálezu

Princip konstrukce cirkulačního kotle podle tohoto vynálezu bude objasněn na příkladných provedeních, která nemají z hlediska ochrany žádný omezující vliv.

Cirkulační topný kotel pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie s rotujícím plamenem v teplosměnném prostoru podle jednoho z provedení je znázorněn na obr. 1 a obr. 2. Jedná se o plně vybavený univerzální cirkulační kotel pro spalování libovolného paliva, tedy i problematického tuhého paliva s nežádoucími příměsemi, nebo nebezpečných průmyslových odpadů spolu se spalitelným domovním odpadem. Cirkulační kotel v tomto provedení sestává ze spalovací části, uvnitř které jsou usprádané jednotlivé na sebe navazující sekce. Jedná se o sekci **I** nespalitelného odpadu, sekci **II** inicializace plamenného víru, dvě sekce **III** spalování paliva viz. obr. 14 a obr. 15, sekci **IV** separace nespalitelných částic, viz obr. 13 a obr. 17, sekci **V** srážení a separace spalitelných částic, viz obr. 12, a sekci **VI** vytápění s prostupem tepla, viz obr. 11. Spalovací část je shora uzavřena výměníkem.

Stěnu kotle tvoří soustava několika na sebe navazujících souose uspořádaných válcovitých plášťů, jak je patrné z obr. 3. Tato soustava válcovitých plášťů obklopuje



teplosměnné prostory jednotlivých sekcí I až VI, jak je patrné z obr. 1. Soustavu plášťů tvoří první plášť 1, který je z důvodu snadné montáže dělený a uvnitř kterého je vytvořen teplosměnný prostor. Vzhledem k dosahovaným vysokým teplotám v teplosměnném prostoru je vhodné, aby první plášť 1 byl těmto teplotám odolný. Na tento první plášť 1 navazuje druhý ocelový plášť 2, jenž zpevňuje první plášť 1 tak, aby bezpečně odolával vnitřním tlakům, které mohou dosáhnout až cca 25 MPa. Na druhém plášti 2 je uspořádán Peltierův článek 3. Tento článek 3 je obklopen vodním pláštěm 6, který poskytuje chladicí kapalinu pro Peltierův článek 3. Vodní plášť 6 je obklopen venkovním pláštěm 4, na který navazuje izolační plášť 5. Vodní plášť 6 je konstruován jako průtočný a zároveň plní i funkci přehříváče a ohříváče teplé vody. Jeho průtočnost je zajištěna prostřednictvím přívodu 48 chladicí vody a odvodu 47 teplé vody. Jak je z obr. 1 a obr. 2 patrné, Peltierův článek 3, vodní plášť 6, venkovní plášť kotle 4 i izolační plášť 5 kotle částečně obklopují zbývající pláště kotle v oblasti kolem spalovací části kotle. V jiném provedení však mohou tyto pláště obklopuvat i výměníkovou část kotle. Přívod paliva, spalitelného odpadu a okysličovadla do cirkulačního kotle je zajišťován pomocí prvního ejektoru 40, dvou druhých ejektorů 44, dvou třetích ejektorů 51 a čtvrtého ejektoru 53, které jsou zaústěny do těla kotle v různých místech jednotlivých sekcí a budou popsány níže.

Konstrukce prvního ejektoru 40 je znázorněna na obr. 7. Ejektor sestává z částí vzájemně spojených pomocí přírub. Tyto části tvoří druhá směšovací komora 77, do níž jsou zaústěny dvě trubice 78 pro přívod pracovního média, které jsou uspořádány vůči sobě pod úhlem od 15 do 45°, přičemž komora je dále opatřena otvorem 79 pro uložení regulačního trnu a na svém plášti má po celém obvodu upraven přívod 75 paliva v podobě spirální skříně. Ve druhé směšovací komoře 77 je směšovací tryska 76 uspořádaná v odstupu vůči konvergentní trysce 74, které je uspořádaná na výstupu z druhé směšovací komory 77, a která zasahuje do prostoru první směšovací komory 73. Na první směšovací komoru 73 navazuje krček 72 ejektoru, který je ukončen difuzorem 71, který má v řezu kolmém k své ose rotace tvar kruhu, zatímco na svém výstupu má upraveno zešíkmení pod úhlem od 5 do 75°, s výhodou 30°, které má v řezu vůči vertikální ose 86 cirkulačního kotle tvar kapky. Pro zajištění podtlaku je delší konec zešíkmení difuzoru 71 prvního ejektoru 40 orientován v horizontální rovině proti proudu rotujícího plamenného víru tak, jak je znázorněno na obr. 6. Dále je difuzor 71 opatřen ochranným pláštěm 69. První ejektor 40



má palivo 43 napojeno na přívod paliva 75 v podobě spirální skříně a okysličovadlo, kterým je kapalný vzduch 41, vháněno do trubice 78.

Konstrukce druhého ejektoru 44 je znázorněna na obr. 8. Ejektor sestává z částí vzájemně spojených pomocí přírub. Tyto části tvoří, druhá směšovací komora 77, do níž jsou zaústěny dvě trubice 78 pro přívod pracovního média, které jsou uspořádány vůči sobě pod úhlem od 15 do 45°, přičemž komora je dále opatřena otvorem 79 pro uložení regulačního trnu a na svém plášti má po celém obvodu upravenou spirální skříň pro přívod 75 paliva, jako čerpaného média. V druhé směšovací komoře 77 je směšovací tryska 76 uspořádaná v odstupu vůči konvergentní trysce 74, která je uspořádána na výstupu z druhé směšovací komory 77 a která zasahuje do prostoru první směšovací komory 73, do níž je v místě za konvergentní tryskou 74 zaústěna trubice 80 přívodu nasávaného media. Na první směšovací komoru 73, navazuje krček 72 ejektoru, který je ukončen difuzorem 71, který má v řezu kolmém k své ose rotace tvar kruhu, zatímco na svém výstupu má upraveno zešíkmení pod úhlem od 5 do 75°, s výhodou 30°, které má v řezu vůči vertikální ose 86 vírového kotle tvar kapky. Pro zajištění podtlaku je delší konec zešíkmení difuzoru 71 prvního ejektoru 40 orientován v horizontální rovině proti proudu rotujícího plamenného víru tak, jak je znázorněno na obr. 6. Dále je difuzor 71 opatřen ochranným pláštěm 69. Druhý ejektor 44 má palivo 43 napojeno na spirální skříň 75, kapalný vzduch 41, který představuje pracovní médium, na trubici 78 a ionizovaný vzduch 42 na trubici 80.

Konstrukce třetího ejektoru 51 je znázorněna na obr. 9 a detail jeho zaústění do stěny kotle na obr. 4. Ejektor sestává z částí vzájemně spojených pomocí přírub. Tyto části tvoří druhá směšovací komora 77, do níž jsou zaústěny dvě trubice 78 pro přívod pracovního média, které jsou uspořádány vůči sobě pod úhlem od 15 do 45°, přičemž komora je dále opatřena otvorem 79 pro uložení regulačního trnu. Druhá směšovací komora 77 je na výstupu opatřena konvergentní tryskou 74, která zasahuje do prostoru první směšovací komory 73, do níž je v místě za konvergentní tryskou 74 zaústěna trubice 80 přívodu čerpaného media. Na první směšovací komoru 73 navazuje krček 72 ejektoru, který je ukončen difuzorem 71, který má v řezu kolmém k své ose rotace tvar kruhu, zatímco na svém výstupu má upraveno zešíkmení pod úhlem od 5 do 75°, s výhodou 30°, které má v řezu vůči vertikální ose 86 vírového kotle tvar kapky, přičemž difuzor 71 je opatřen ochranným pláštěm 69.



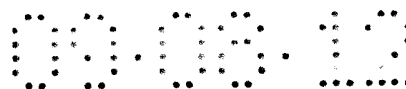
Konstrukce čtvrtého ejektoru **53** je znázorněna na obr. 10, detail jeho zaústění do stěny **98** kotle na obr. 5. Ejektor sestává z částí vzájemně spojených pomocí přírub. Tyto části tvoří druhá směšovací komora **77**, do níž jsou zaústěny dvě trubice **78** pro přívod pracovního média, které jsou uspořádány vůči sobě pod úhlem od 15 do 45°, přičemž komora je dále opatřena otvorem **79** pro uložení regulačního trnu. Druhá směšovací komora **77** je na výstupu opatřena konvergentní tryskou **74**, která zasahuje do prostoru první směšovací komory **73**, do níž jsou v místě za konvergentní tryskou **74** proti sobě zaústěny dvě trubice **80** přívodu čerpaného (nasávaného) media. Na první směšovací komoru **73**, navazuje krček **72** ejektoru, který je ukončen difuzorem **71**, který má v řezu kolmém ke své ose rotace tvar kruhu, zatímco na svém výstupu má upraveno zešíkmení pod úhlem od 5 do 75°, s výhodou 30°, které má v řezu vůči vertikální ose **86** cirkulačního kotle tvar kapky, přičemž difuzor **71** je dále opatřen ochranným pláštěm **69**.

Příkladnou sestavu cirkulačního kotle, jak je znázorněna na obr. 1 a 2, tvoří výše jmenované sekce teplosměnného prostoru a výměňková část.

První částí kotle je sekce **I** nespalitelného odpadu. Tuto sekci tvoří zásobník **37** nespalitelného popela, do kterého ústí, jednak dvojice pojistných ventilů **66**, jednak svody **36** nespalitelného popela a odběr **38** nespalitelného popela.

Druhou částí kotle je sekce **II** inicializace plamenného víru. Tato sekce slouží k rozdělení a zajištění kruhového pohybu plamene a zároveň tím i jeho prvotní unášecí síly. Stěna kotle v této sekci **II** je tvořena prvním pláštěm **1**, který je odolný vysokým teplotám, na který navazuje druhý ocelový plášť **2**. Prvním pláštěm **1** prochází svod **36** nespalitelného popela. Iniciační plamen je veden přes tangenciální vstup, který je řešený pomocí spirálové skříně **7** (šnekoidu), do prstencové rychlostní komory **8**, kde iniciační plamen vystupuje středem pomocí prstence **9** rychlostní komory **8**. Iniciační plamen může být do rychlostní komory **8** veden vícero tangenciálními vstupy **7**. Tímto se docílí, že iniciační plamen se pohybuje v lineárních proudnicích směrem vzhůru proti gravitační síle. Do mohutnosti v rychlostní komoře **8** nabytý iniciační plamen pomocí prvního ejektoru **40** prochází přes prstenec **9** rychlostní komory **8** do vírové tlakové komory **14**.

První ejektor **40** zajišťuje přísun směsi paliva a okysličovadla do tlakové rychlostní komory **8**. Tento první ejektor **40** ústí do prostoru rychlostní komory **8**. Rychlostní



komora 8 je konstruována tak, aby na ni navazoval prstenec 9 zajišťující pomocí podtlakové síly plamenného víru dopravu částic 33 spalitelného popela ze zásobníku 34 spalitelného popela. Tento zásobník 34 je uspořádán souose s vnitřním pláštěm 1 kotle tak, aby se částice 33 spalitelného popela cyklicky vracely opět do spalovacího procesu probíhajícího ve vírové tlakové komoře 14. Ukončení vstupu iniciačního plamene je řešeno pomocí druhé oddělovací desky 12 a první oddělovací desky 10, a mezi tyto jsou umístěné výztužné lopatky 13 vymezující tak vlastní výstupy. Dále první a druhá oddělovací deska 10 a 12 plní zde v této sestavě funkci dna vírové tlakové komory 14. Je žádoucí, aby druhá oddělovací deska 12 byla opatřena rozváděcími lopatkami 15 ve tvaru spirály, které jsou upořádány vertikálně. Dále je žádoucí, aby prostup vytvořený mezi první a druhou oddělovací deskou 10 a 12 umožňoval plamennému víru průchod z prostoru prstence 9 tlakové rychlostní komory 8 do prostoru vírové tlakové komory 14. Přitom je tento prostup řešen pomocí výztužných lopatek 13, uspořádaných mezi oddělovací druhou deskou 12 a první oddělovací deskou 10, navazujících kolmo k rovině této druhé oddělovací desky 12 pevně na její lícové straně opatřené rozváděcími lopatkami 15, které mají společně nejlépe tvar několikanásobné Archimédovy spirály. Na tyto rozváděcí lopatky 15 navazují a to prostupem plamenného víru výztužnými lopatkami 13 vzniklé proudy iniciačního plamene, jak je patrné z obrázku 15. Je žádoucí, aby plamen ve svém vzestupném pohybu urychlovací komorou 9 nasával částice 33 spalitelného popela ze zásobníku 34 spalitelného popela.

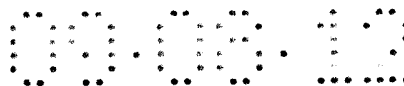
Tímto uspořádáním sekce II získáme na výstupu iniciačního plamene z této sekce do následné sekce III soustavu soustředně a úhlově posunutých proudů iniciačního plamene, kterou dále nazýváme plamenný vír.

Třetí částí kotle je sekce III spalování paliva. Stěna kotle v této sekci II je tvořena prvním pláštěm 1, který je odolný vysokým teplotám, na který navazuje druhý ocelový plášť 2. Na druhém plášti 2 je uspořádán Peltierův článek 3. Tento článek 3 je obklopen vodním pláštěm 6, který poskytuje chladicí kapalinu pro Peltierův článek 3. Vodní plášť 6 je obklopen venkovním pláštěm 4, na který navazuje izolační plášť 5. Prvním pláštěm 1 prochází svod 36 nespalitelného popela a středem sekce svod 89 spalitelného popela. Tuto sekci tvoří tlaková vírová komora 14, která má dva stupně, kde první z nich má tvar mírně se zužujícího komolého kužele, na který



navazuje druhý stupeň ve tvaru válce. První stupeň tlakové vírové komory **14** je v řezu znázorněn na obr. 15. Plamenný vír spolu s unášenými částmi **33** spalitelného popela do tlakové vírové komory **14** vstupuje přes prostup vytvořený mezi první a druhou oddělovací deskou **10** a **12**. Dodatečný vstup paliva do vírové tlakové komory **14** pro zvýšení tlaku i rychlosti plamenného víru v této komoře je řešen pomocí druhého ejektoru **44** s přívodem paliva **43**, s přívodem kapalného vzduchu **41** a přívodem plynného okysličovadla - ionizovaného vzduchu **42** viz obr. 8. Druhý ejektor **44** má palivo **43** napojeno pomocí spirální skříně (dále také šnekoid) **75** a okysličovadlo, kterým je kapalný vzduch **41** vstupující do trubice **78**. Druhý ejektor **44** zajišťuje přísun směsi paliva a okysličovadla do vírové komory **14**, přičemž pro zajištění podtlaku je delší konec zešikmení difuzoru **71** paliva druhého ejektoru **44** orientován v horizontální rovině proti proudu rotujícího plamenného víru. Zaústění druhého ejektoru **44** do teplosměnného prostoru je znázorněno na obr. 3. Jak je z obr. 15 patrné, z prvního pláště tlakové vírové komory **14** vystupují Reynoldsovy prahy **58**. Reynoldsovy prahy **58** plní funkci jak zpevnění konstrukce kotle, tak zajištění cyklické změny tlakových poměrů plamenného víru procházejícího tlakovou vírovou komorou **14**, přičemž v těchto Reynoldsových prazích **58** se zároveň nachází svod **36** nespalitelného popela ústící do zásobníku **37** nespalitelného popela. Obsah zásobníku **37** nespalitelného popela může mít další průmyslové využití.

Tlakovou vírovou komorou **14** může procházet alespoň jeden Reynoldsův práh **58**, přičemž jako výhodné se jeví, procházejí-li tlakovou vírovou komorou **14** tři Reynoldsovy prahy **58** uspořádané na vnitřní stěně prvního pláště **1** kotle. První stupeň tlakové vírové komory **14** je zakončen první přepážkou **16**, která má v tomto provedení konvexní tvar s nejnižším místem ve svém středu. Dále je první přepážka **16** v místě svého nejvyššího místa na obvodu opatřena podélnou štěrbinou **56** pro vstup rotujícího plamenného víru. Na první přepážku **16** navazuje druhý stupeň tlakové vírové komory **14**, představovaný labyrintem **17**, ve kterém je uspořádána první soustava oddělovacích desek **55** uspořádaných navzájem tak, že vytváří oddělené dílčí prostory. Sousední dílčí prostory jsou propojeny průchody plamene uspořádanými v oddělovacích deskách **55**, jejichž průřez je menší, než průřez propojených dílčích prostorů. Oddělovací desky **55** vykazují sklon ve směru horizontálním, a to jak ve směru k vertikální ose kotle, tak ve směru na osu kolmém, přičemž ve směru vertikálním vůči sobě mají odstup, přičemž sklon jednotlivých



oddělovacích desek 55 ve výsledném součtu obou sklonů vykazuje v tomto provedení hodnoty v rozmezí 0,25-0,40 %. Odstup oddělovacích desek 55 vůči sobě je zajištěn vložením vymezovacího prstence 87.

Dále je žádoucí, aby první soustava oddělovacích desek 55 umístěná v tlakové vírové komoře 14 měla průchody plamene 56 v oddělovacích deskách 55 v podobě štěrbin uspořádaných do spirály, jak je patrné z obr. 20. Uspořádání štěrbin 56 do spirály a vzájemný sklon desek 55 zajišťují urychlování nebo zpomalování rotačního pohybu plamenného víru, který postupuje směrem vzhůru po spirále.

Dále je žádoucí, aby oddělovací desky 55 umístěné ve vírové tlakové komoře 14 byly při spodní části svého obvodu nebo přímo v místě svého nejnižšího bodu na obvodu, opatřeny podélnými štěrbinami 56, které jsou zároveň místem průchodu plamenného víru do následujícího dílčího prostoru, přičemž je výhodné, aby délka štěrbin 56 činila 1/15 z celkového obvodu oddělovací desky 55. Dále je žádoucí, aby oddělovací desky 55 a tudíž i podélné štěrbin 56 vytvořené na jednotlivých oddělovacích deskách 55 byly vůči sobě pootočené o úhel 125° až 180°.

Dále je žádoucí, aby plamenný vír ve svém vzestupném rotačním pohybu nesl spalitelný popel a palivo dodatečně dodávané do prostoru prvního dílu vírové tlakové komory 14 pomocí druhého ejektoru 44. Regulace plamenného víru může být řešena pomocí výztužných lopatek 13, které mohou být pohyblivé a jsou upevněny v místě, okrajů štěrbin 56 mezi sousedními oddělovacími deskami 55.

Čtvrtou částí kotle je znovu sekce III spalování paliva. Tato druhá sekce III spalování paliva může být s výhodou využita ke spalování odpadů, případně jiných obtížně spalitelných paliv, proto sekci III spalování paliva v tomto uspořádání říkáme spalovna. Oproti výše popsané sekci III spalování paliva v jejím základním uspořádání je v tomto případě do vírové komory 14 navíc zaústěn alespoň jeden třetí ejektor 51 s přívodem kapalného vzduchu 41 a přívodem ionizovaného vzduchu 42 tak, jak je znázorněn na obr. 9. Druhý a třetí ejektor 45 a 51 zajišťují, kromě paliva, přísun kapalného vzduchu 41 a ionizovaného vzduchu 42 do vírové komory 14. Vyústění těchto ejektorů do vírové komory 14 je uspořádáno v její první třetině, přičemž pro zajištění podtlaku je delší konec zešikmení difuzoru 71 i u třetího ejektoru 51 orientován v horizontální rovině proti proudu rotujícího plamenného víru



tak, jak je znázorněno na obr. 6. Okysličovadlo tvoří směs kapalného vzduchu **41** s obsahem O_3 v množství až 40 %.

Sklon jednotlivých oddělovacích desek **55** labyrintu **17** v této čtvrté části kotle ve výsledném součtu obou sklonů vykazuje v této druhé sekci **III** spalování paliva hodnoty v rozmezí 0,35-0,60 ‰.

Dále je žádoucí, aby délka štěrbiny **56** zaujímala $3/32$ z celkového obvodu oddělovací desky **55**. Přitom je výhodné, aby u dvou následných oddělovacích desek **55** štěrbina **56** u horní oddělovací desky **55** byla pootočena o 125° až 180° oproti štěrbině **56** u spodní oddělovací desky **55** a to ve směru rotace plamenného víru, tak jak je znázorněno na obr. 20.

Dále je žádoucí, aby plamenný vír ve svém vzestupném rotačním pohybu nesl spalitelný popel a odpad.

Pátou částí kotle je sekce **IV** separace nespalitelných částic. Stěna kotle v této sekci **IV** je stejně jako v sekci **III** tvořena prvním pláštěm **1**, který je odolný proti vysokým teplotám, na který navazuje druhý ocelový plášť **2**. Na druhém plášti **2** je uspořádán Peltierův článek **3**. Tento článek **3** je obklopen vodním pláštěm **6**, který poskytuje chladicí kapalinu pro Peltierův článek **3**. Vodní plášť **6** je obklopen venkovním pláštěm **4**, na který navazuje izolační plášť **5**. Prvním pláštěm **1** prochází svod **36** nespalitelného popela a středem sekce svod **89** spalitelného popela.

Sekce **IV** separace nespalitelných částic je tvořena dohořivací komorou **211**. Tato komora je řešena obdobným způsobem, jako tlaková vírová komora **14**, tj. sestává ze dvou stupňů, kdy první stupeň představuje prostor separace nespalitelných částic, na který navazuje druhý stupeň dohořivací komory **211**, který je představován labyrintem **17**. Plášť prvního stupně dohořivací komory **211** je řešen jako komolý kužel orientovaný ve směru osy těla kotle, který se zužuje směrem vzhůru ve směru postupu plamenného víru.

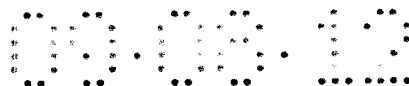
První stupeň dohořivací komory **211** tvoří prostor separace nespalitelných částic vymezený zdola dnem **202**, které je po obvodu opatřeno sběrným žlábkem **35**, který obklopuje čtvrtou přepážku **16** a ve kterém jsou vyústěny vstupy **201** svodu **36** nespalitelného popela. Sběrný žlábek **35** svádí nespalitelný popel do vstupu **201** svodu **36** nespalitelného popela, má v řezu tvar hyperboly a spád jeho dna je 3 ‰, a



to vždy $1/2$ své délky mezi vyústěním vstupů **201** svodu **36** nespalitelného popela. Tyto vstupy **201** zároveň umožňují plnit funkci pojistného ventilu. Do dohořivací komory **211** ústí třetí ejektor **51** s přívody **78** kapalného vzduchu **41** a přívodem **80** ionizovaného **42** vzduchu tak, jak je znázorněno na obr. 9 a detail jeho zaústění do stěny **98** kotle na obr. 4, přičemž jejich vyústění je uspořádáno ve spodní polovině dohořivací komory **211**. Pro zajištění podtlaku na vyústění difuzoru **71** pomocí plamenného víru je třetí ejektor **51** konstruován tak, aby delší konec zešíkmení difuzoru **71** byl orientován v horizontální rovině proti proudu rotujícího plamenného víru tak, jak je znázorněno na obr. 6, a umožnil tak podporu vstříku směsi ionizovaného vzduchu-okysličovadla. Dohořivací komora **211** je ukončena třetí přepážkou **16**, s výhodou vypouklou směrem dolů, na kterou navazuje labyrint **17** tvořený soustavou oddělovacích desek **55**, který je ukončen horizontální čtvrtou přepážkou **16**, která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene. Sklon jednotlivých oddělovacích desek **55** labyrintu **17** v této páté části kotle (v sekci **IV**) ve výsledném součtu obou sklonů vykazuje hodnoty v rozmezí 0,45-0,80 °%.

Přitom je výhodné, aby u dvou následných oddělovacích desek **55** labyrintu štěrbina **56** u horní oddělovací desky **55** byla pootočená o 135° oproti štěrbině **56** u spodní oddělovací desky **55** a to ve směru rotace plamenného víru, tak jak je znázorněno na obr. 20, přičemž délka štěrbiny **56** zaujímá $3/32$ celkového obvodu oddělovací desky **55**. Dále je žádoucí, aby plamenný vír ve svém vzestupném rotačním pohybu nesl spalitelný popel a palivo s přidávaným spalitelným odpadem.

Na sekci **IV** navazuje sekce **V** srážení a separace spalitelných částic. Tato sekce je tvořena separační komorou **212**, která má tvar směrem vzhůru se rozšiřujícího komolého kužele. Plamenný vír bude po průchodu labyrintem **17** předchozí sekce a následně po vstupu do separační komory **212** zpomalen ve své rychlosti a donucen vykonávat rotaci, jak ve vertikálním směru za svého současného rozpínání, tak v horizontálním směru za současné rotace kolem osy vnitřního pláště **2** kotle. Tato změna způsobu proudění plamenného víru v jeho postupném pohybu vzhůru je docílena směrem vzhůru vypouklým tvarem odrazné desky **23** viz obr. 19 opatřené směrem dolů vystupujícím usměrňovacím kuželem **24**, přičemž k této desce jsou otočně upevněny výztužné lopatky **13**, které jsou též připevněny k třetímu výstupku **61**, jenž je vytvořen po obvodu prvního pláště **1** kotle. Tato náhlá změna rychlosti i směru proudění plamenného víru má za důsledek zmenšení dostředné síly



víru v horizontálním směru jeho rotace. Přitom za pomoci odrazné desky **23** s usměrňovacím kuzelem **24** umožní spad spalitelných částí popela usměrněného gravitační silou a to směrem do sběrného kuzele **32**, který přechází v trubici **89** zaústěnou do zásobníku **37** spalitelného popela. Tímto způsobem je zajištěn návrat spalitelného popela do procesu hoření. Mezi odraznou deskou **23** a třetím výstupkem **61** je po obvodu pláště **1** vytvořena mezera osazená výztužnými lopatkami **13**. Teplonosný plamen z plamenného víru zbavený nečistot prochází výztužnými lopatkami **13** do vyhřívacího prostoru **214**, který tvoří sekci **VI** vytápění s prostupem tepla.

Vyhřívací prostor **214** sekce **VI** vytápění s prostupem tepla vymezuje zdola odrazná deska **23**, viz obr.17 vůči které je v odstupu uspořádána protilehlá kónická směrem dolů vystupující odpařovací deska **25** opatřená hlavní prostupem **26** tepla s ventilem **82**, trubkovými prostupy **29** opatřené ventily **82** viz obr.18 a vstupy trubkového výměníku **31**. Do vyhřívacího prostoru **214** prochází mechanických částí zbavený teplonosný plamen, který ohřívá kónickou odpařovací desku **25** s odpařovacími prostory **27**.

Výměňiková část **VII**, která navazuje na sekci **VI** vytápění s prostupem tepla, přičemž tyto části od sebe vymezuje dělicí rovina **88**. Výměňiková část **VII** kotle je tvořena pláštěm **85**, uvnitř kterého je uspořádán výměňík **81**. Plášť **85** je opatřen prvním pojistným ventilem **66** a dále je přes plášť **85** vyveden odvod **91** zbytkového tepla z prostoru **84** výměny energií. Výměňík **81** je opatřen přívodem **31** chladné vody, v kterém je zabudován uzavírací ventil a výstupem **49** páry.

Jednotlivé labyrinty, ale třeba i celé sekce modulárního kotle mohou být uspořádány na výstupcích **60**, **61**, **62** nebo **63**, jak je vidět na obr. 1.

Obr. 19 znázorňuje schéma příkladného provedení cirkulačního kotle pro plynné i kapalné palivo a ušlechtilá pevná paliva, kterými je např. dřevo, antracit. Díky dodávání tohoto typu paliva při spalování nevzniká nespalitelný odpad, konstrukce kotle tedy může být jednodušší. Cirkulační kotel v tomto provedení sestává z výměňikové části a spalovací části, uvnitř které jsou usprádané jednotlivé na sebe navazující sekce. Jedná se o sekci **II** inicializace plamenného víru, sekci **III** spalování paliva, sekci **V** srážení a separace spalitelných částic a sekci **VI** vytápění



s prostupem tepla. Uvedené sekce mají stejné uspořádání a plní stejné funkce jako v příkladném provedení výše.

Obr. 20 znázorňuje schéma příkladného provedení cirkulačního kotle pro ušlechtilá i neušlechtilá paliva, kdy není možné se s jistotou vyhnout nespalitelným příměsím. Konstrukce kotle přesto může být jednodušší, než jak je zobrazeno na obr. 1 a obr. 2 a cirkulační kotel v tomto provedení sestává z výměňkové části a spalovací části, uvnitř které jsou usprádané jednotlivé na sebe navazující sekce. Jedná se o sekci I nespalitelného odpadu, sekci II inicializace plamenného víru, sekci III spalování paliva, sekci IV separace nespalitelných částic, sekci V srážení a separace spalitelných částic a sekci VI vytápění s prostupem tepla. Uvedené sekce mají stejné uspořádání a plní stejné funkce jako v příkladných provedeních výše.

Stěny cirkulačního kotle mohou mít různá provedení. Obr. 21 znázorňuje varianty řezů stěn bez vodního chlazení, kdy v nejjednodušším provedení znázorněném dole je stěna tvořena prvním pláštěm 1, na který navazuje druhý plášť 2, jenž zpevňuje první plášť 1 (naznačen je také svod 36 nespalitelného popela a hrana Reynoldsova prahu 68). Stěna bez vodního chlazení může být ještě obklopena izolačním pláštěm 5, jak je znázorněno na obr. 21 nahoře.

Obr. 22 znázorňuje varianty řezů stěn s vodním chlazením, kdy v provedení znázorněném nahoře je stěna tvořena prvním pláštěm 1, na který navazuje druhý plášť 2. Na druhém plášti 2 je uspořádán Peltierův článek 3, který je obklopen vodním pláštěm 6. Vodní plášť 6 je dále obklopen venkovním pláštěm 4, na který navazuje izolační plášť 5. V provedení znázorněném na obr. 22 dole je stěna v řezu stejná pouze s tím rozdílem, že mezi vnitřním pláštěm 2 a vodním pláštěm 6 není uspořádán Peltierův článek 3.

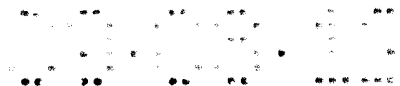
Spalovací část cirkulačního kotle se skládá ze sekcí na základě své konstrukce a následně se může proto začlenit do stávajících systémů výroby energie.

Funkce cirkulačního kotle znázorněného na obr. 1 a obr. 2 je následující. Cirkulační kotel pracuje v přetlakovém režimu. Iniciační plamen na tangenciálním vstupu do spirální skříně 7 do cirkulačního kotle musí dosahovat teploty minimálně 600 °C.



Iniciační plamen **39** vchází tangenciálně do vstupního hrdla spirální skříně **7** ústící do prstencové rychlostní komory **8** cirkulačního kotle přiléhající svou vnitřní stěnou na kuželovitý zásobník **34** spalitelného popela. Spirální skříň **7** zajišťuje lineární a rovnotlaký proud iniciačního plamene do rychlostní komory **8**, do které je prostřednictvím prvního ejektoru **40** vstřikováno palivo **43** a zkapalněný vzduch **41**. Iniciační plamen zde nabírá na mohutnosti a rychlosti za současného zvyšování tlaku. Iniciační plamen dále z rychlostní komory **8** vstupuje do podtlakového prstence **9** mající funkci savky. Zároveň iniciační plamen při svém výstupu z podtlakového prstence **9** umožňuje nasávání částic spalitelného popela **33** podtlakem, shromažďovaných v zásobníku **34** popela, přes nasávací otvory **11** zpět do spalovacího procesu. Přitom výstup iniciačního plamene z podtlakového prstence **9** do teplosměnného prostoru následující sekce je proveden pomocí několika otvorů umístěných soustředně vzhledem k vertikální ose kotle a opatřených výztužnými lopatkami **13**, které mají své spodní okraje umístěny na první oddělovací desce **10** a horní okraje na druhé oddělovací desce **12**. Iniciační plamen je tímto způsobem rozdělen na provazce úhlově navzájem posunuté, které směřují ke svodu **89** spalitelných částic **33**. Každý z provazců mívá tangenciálně svod **89** spalitelných částic **33** a vstupuje mezi svislé rozváděcí lopatky **15** spirálovitého tvaru zajišťující vznik plamenného víru.

Ve vírové tlakové komoře **14** je plamenný vír veden a usměrněn spirálovými výstupky **15** do teplosměnného prostoru vírové tlakové komory **14**, v níž je prostřednictvím tvarovaného dna vírové tlakové komory **14** zajištěno dokonalé promíchání plamenného víru s částicemi **33** spalitelného popela. Do vírové tlakové komory **14** je pomocí druhého ejektoru **44** vháněna směs paliva **43** kapalného vzduchu **41** a okysličovadla v podobě ionizovaného vzduchu **42**, čímž je docíleno masivního vývinu teploty plamenného víru až do 1650 °C. Plamenný vír v teplosměnném prostoru vírové tlakové komory **14** při rotačním pohybu směrem vzhůru je jak urychlován, tak brzděn pomocí Reynoldsových prahů **58** zajišťujících jeho cyklické rozpínání a stlačování. Plamenný vír o teplotě cca 1650 °C dále postupuje štěrbinou **56** první přepážky **16** do prvního labyrintu **17** tvořeného soustavou oddělovacích desek **55**. Jednotlivé oddělovací desky **55** zajišťují pohyb plamenného víru po spirále a jeho rozpínání a stlačování.



Do druhé vírové tlakové komory **14** prochází plamenný vír pomocí štěrbin **56** uspořádané v druhé přepážce **16**. V této komoře je plamenný vír obohacován o směs spalitelného odpadu **46**, kapalného vzduchu **41** a okysličovadla v podobě ionizovaného vzduchu **42** vháněné do teplosměnného prostoru druhé vírové tlakové komory **14** pomocí druhého ejektoru **44** a prvního ejektoru **51**. Tímto způsobem je v druhé vírové tlakové komoře **14** dosahováno shodné teploty plamenného víru cca 1650 °C, jako je tomu v první vírové tlakové komoře **14**.

Plamenný vír v teplosměnném prostoru obou vírových tlakových komor **14** vykonává rotační pohyb směrem vzhůru a je jak urychlován, tak brzděn, a to pomocí Reynoldsových prahů **58** zajišťujících jeho cyklické rozpínání a stlačování. Druhá vírová tlaková komora **14** je oddělena třetí přepážkou **16** opatřenou štěrbinou **56** zajišťující vstup plamenného víru do druhého labyrintu **17** tvořeného soustavou oddělovacích desek **55**. Jednotlivé oddělovací desky **55** zajišťují pohyb plamenného víru po spirále a jeho rozpínání a stlačování. Prostupem plamenného víru druhým labyrintem **17** s oddělovacími deskami **55** se štěrbinami **56** dosahujeme maximálního zdržení částic **33** spalitelného popela v tomto labyrintu **17** a to z důvodu jejich dokonalého shoření.

Plamenný vír do dohořivací komory **211** vstupuje nejprve přes štěrbinu **56** uspořádanou ve čtvrté přepážce **16**, jež tvoří spolu se sběrným žlabem **35** dno **202** dohořivací komory **211**. Plamenný vír obsahuje minimální množství částic **33** spalitelného popela. Do teplosměnného prostoru dohořivací komory **211** je pomocí druhého ejektoru **51** vháněna směs zkapalněného vzduchu **41** a okysličovadla v podobě ionizovaného vzduchu **42** tvořeného stlačeným vzduchem s podílem O₃ minimálně 40 %. Tímto je docíleno opětovné zvýšení teploty plamenného víru a tím možnosti maximální eliminace, jak nevhodných příměsí spalin, tak částic **33** spalitelného popela.

Dále v dohořivací komoře **211** se pomocí po obvodu dna **202** umístěných sběrných žlabů **35** a do nich ústících vstupů **201** svodů **36** nespalitelného popela umožňuje sběr nespalitelných částic **93** oddělených od plamenného víru. Sběr nespalitelných částic je založen na odstředivé síle působící na obvodu rotujícího plamenného víru a sběrného žlábků **35**, který mění rychlostní poměry na spodním okraji plamenného víru pohybujícího se v teplosměnném prostoru dohořivací komory **211**.



Plamenný vír očištěný o nespalitelné částice po průchodu třetím labyrintem **17** soustavy oddělovacích desek **55**, který plní shodnou funkci, jako první i druhý labyrint **17**, vstupuje do prostoru separační komory **212**. Zde je plamenný vír posílen směsí zkapalněného vzduchu **41**, okysličovadla v podobě ionizovaného vzduchu **42** tvořeného stlačeným vzduchem s podílem O_3 minimálně 40 % a vody, která je pomocí ejektoru **53** vháněna do separační komory **212**. V separační komoře **212** pomocí odrazné desky **23** s kuželem **24** vymezující srážecí prostor **213** je docíleno u plamenného víru změny tlaku, rychlosti a způsobu jeho rotace, a to jak v horizontálním, tak i vertikálním směru. Tímto způsobem změny proudění plamenného víru dochází k změně jeho unášecích schopností. Pomocí rozprašované vody za minimálního zvlhčení unášených částic **33** spalitelného popela a pomocí odrážecí desky **23** s usměrňovacím kuželem **24** tyto zbývající spalitelné částice **33** spalitelného popela, ještě obsažené v plamenném víru, nuceně padají do sběrného kužele **32** napojeného na svod **89** spalitelného popela.

Následně již jen jako teplo prostupuje plamenný vír do vyhřívacího prostoru **214** průchodem vymezeným odraznou deskou **23** s výztužnými lopatkami **13** a třetím výstupkem **61**, přičemž výztužné lopatky **13** jsou uspořádány pod úhlem po obvodu odrážecí desky **23**.

Ve vyhřívacím prostoru **214** teplo ohřívá dno odpařovací desky **25** a prochází, jednak hlavním prostupem **26** tepla a jednak trubkovými prostupy **29** opatřenými zpětnými tlakovými ventily a vstupuje do prostor výměníkové části kotle.

Průmyslová využitelnost

Cirkulační kotel podle tohoto vynálezu lze nejen použít i jako vlastní energetický zdroj pro vytápění domácností. Lze ho též využít i k likvidaci vlastního odpadu a tak se stát nezávislým na dodávkách energie velkých distributorů a zanedbatelné není ani to, že lze nadbytečnou tepelnou i elektrickou energii, prodávat.

Seznam vztahových značek

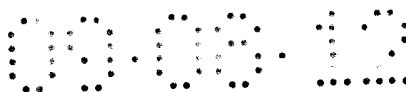
Spalovací část

- I sekce nespalitelného odpadu
- II sekce inicializace plamenného víru
- III sekce spalování paliva
- IV sekce separace nespalitelných částic
- V sekce srážení a separace nespalitelných částic
- VI sekce vytápění s prostupem tepla

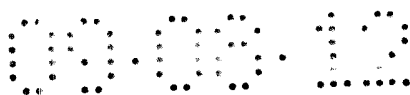
Výměňíková část

- VII sekce výměníku

- 1 první plášť
- 2 druhý plášť
- 3 Peltiérův článek
- 4 venkovní plášť
- 5 izolační plášť
- 6 vodní plášť
- 7 spirální skříň
- 8 rychlostní komora
- 9 prstenec
- 10 první oddělovací deska
- 11 nasávací otvor
- 12 druhá oddělovací deska
- 13 výztužné lopatky
- 14 tlaková vírová komora
- 15 rozváděcí lopatky
- 16 přepážka
- 17 labyrint
- 18 neobsazeno
- 19 neobsazeno
- 20 neobsazeno
- 201 vstup
- 202 dno
- 21 neobsazeno
- 211 dohořivací komora
- 212 separační komora
- 213 srážecí prostor
- 214 vyhřívací prostor
- 22 neobsazeno
- 23 odrazná deska
- 24 kužel
- 25 odpařovací deska
- 26 hlavní prostup tepla
- 27 odpařovací prostor
- 28 neobsazeno
- 29 trubkové prostupy
- 30 neobsazeno
- 31 vstup výměník tepla
- 32 sběrný kužel



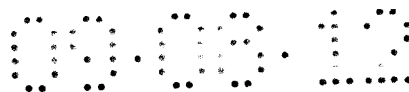
- 33 částice spalitelného popela
- 34 zásobník spalitelného popela
- 35 sběrný žlab
- 36 svod nespalitelného popela
- 37 zásobník nespalitelného popela
- 38 odběr nespalitelného popela
- 39 iniciační plamen
- 40 první ejektor
- 41 zkapalněný vzduch
- 42 ionizovaný vzduch
- 43 palivo
- 44 druhý ejektor
- 45 neobsazeno
- 46 neobsazeno
- 47 odběr teplé vody
- 48 přívod chladicí vody
- 49 výstup výměníku
- 50 přívod teplé vody - není v textu
- 51 třetí ejektor
- 52 neobsazeno
- 53 čtvrtý ejektor
- 54 neobsazeno
- 55 oddělovací deska
- 56 štěrbina
- 57 neobsazeno
- 58 Reynoldsův práh
- 59 neobsazeno
- 60 čtvrtý výstupek
- 61 třetí výstupek
- 62 druhý výstupek
- 63 první výstupek
- 64 neobsazeno
- 65 nosný strop
- 66 první pojistný ventil
- 67 druhý pojistný ventil
- 68 hrana Reynoldsova prahu
- 69 ochranný plášť difuzoru
- 70 prstencový klín
- 71 difuzor ejektoru
- 72 krček ejektoru
- 73 první směšovací komora ejektoru
- 74 konvergentní tryska
- 75 přívod paliva
- 76 směšovací tryska
- 77 druhá směšovací komora ejektoru
- 78 trubkové přívody pracovního média
- 79 otvor pro uložení regulačního trnu
- 80 trubkový přívod nasávaného média
- 81 výměník tvorby páry
- 82 ventil trubkových prostupů



- 83 třetí pojistný ventil
- 84 prostor výměny energií
- 85 plášť výměníku
- 86 vertikální osa cirkulačního kotle
- 87 vymežovací prstenec
- 88 dělicí rovina
- 89 svod spalitelných částic
- 90 směr proudění plamenného víru v horizontální rovině
- 91 odvod zbytkového tepla
- 92 regulační trn
- 93 částice nespalitelného popela
- 98 stěna

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Cirkulační topný kotel pro kombinovanou výrobu tepla, páry a elektrické energie sestávající ze spalovací části a výměňkové části, **vyznačující se tím**, že jeho stěnu (98) tvoří soustava plášťů, které jsou uzavřené v oblasti, kde obklopují teplosměnné prostory spalovací části, kterou tvoří směrem vzhůru na sebe navazující sekce II inicializace plamenného víru, alespoň jedna sekce III spalování paliva, sekce V srážení a separace spalitelných částic a sekce VI vytápění s prostupem tepla opatřená na rozhraní s výměňkovou částí alespoň jedním tlakovým ventilem.
2. Cirkulační topný kotel podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** spalovací část kotle dále obsahuje sekci IV separace nespalitelných částic, která je uspořádána mezi sekcí III spalování paliva a sekcí V srážení a separace spalitelných částic.
3. Cirkulační topný kotel podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že spalovací část kotle dále obsahuje sekci I nespalitelného odpadu, která je uspořádána pod sekcí II inicializace plamenného víru.
4. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že stěnu (98) tvoří první plášť (1), který je obklopen druhým pláštěm (2).
5. Cirkulační topný kotel podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že první plášť (1) je vytvořen z žáruvzdorného materiálu.
6. Cirkulační topný kotel podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že druhý plášť (2) je vytvořen z tlakuodolného materiálu.
7. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 4 až 6, **vyznačující se tím**, že druhý plášť (2) je obklopen vodním pláštěm (6), který je průtočný a je dále obklopen venkovním pláštěm (4).



8. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 4 až 7, **vyznačující se tím**, že mezi druhým pláštěm (2) a vodním pláštěm (6) je uspořádán Peltierův článek (3).
9. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 4 až 8, **vyznačující se tím**, že stěnu (98) z na sebe navazujících plášťů uzavírá z vnější strany navazující izolační plášť (5).
10. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 4 až 9, **vyznačující se tím**, že pláště jsou uspořádány souose.
11. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že sekci II inicializace plamenného víru tvoří přiléhající část stěny (98), uvnitř které je uspořádána spirální skříň (7) s alespoň jedním tangenciálním vstupem plamene, která je napojena svým výstupem na rychlostní komoru (8), dále propojenou s prstencem (9), kdy do rychlostní komory (8) ústí přívod paliva a okysličovadla, přičemž spirální skříň (7), rychlostní komora (8) a prstenec (9) obklopují zásobník (34) spalitelného popela, který je uspořádán ve středu sekce II inicializace plamenného víru tak, že jej protíná vertikální osa (86) cirkulačního kotle, kdy do sekce II ústí svod (89) spalitelného popela, který je opatřen alespoň jedním otvorem propojujícím jej se zásobníkem (34) spalitelného popela, přičemž zásobník (34) spalitelného popela je dále propojen s prstencem (9) a zásobník (34) spalitelného popela spolu s vnitřní částí přiléhajícího prstence (9) shora uzavírá první oddělovací deska (10) opatřená v oblasti, ve které překrývá prstenec (9), alespoň jedním otvorem, po jehož stranách vystupují směrem ke svodu (89) spalitelného popela vertikální výztužné lopatky (13), přičemž druhá oddělovací deska (12) shora uzavírá rychlostní komoru (8) s vnější částí prstence (9) a je opatřena radiálními rozváděcími lopatkami (15), které mají půdorys ve tvaru oblouku.
12. Cirkulační topný kotel podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že druhá oddělovací deska (12) přesahuje přes okraj prstence (9) směrem k ose kotle.
13. Cirkulační topný kotel podle nároku 11 nebo 12, **vyznačující se tím**, že na druhé oddělovací desce (12) mezi rozváděcími lopatkami (15) je uspořádán prstencový klín (70).



14. Cirkulační topný kotel_x podle některého z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že sekci III spalování paliva tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující tlakovou vírovou komoru (14) sestávající ze dvou stupňů, středem ve směru vertikálním prochází svod (89) spalitelného popela, kdy první stupeň představuje prostor tlakového hoření, do kterého ústí přívod paliva, kapalného vzduchu (41) a plynného okysličovadla (42), kdy první stupeň je zakončen horizontální první přepážkou (16), která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, přičemž na tuto první přepážku (16) navazuje druhý stupeň tlakové vírové komory (14), který je představován labyrintem (17) zakončeným horizontální druhou přepážkou (16).

15. Cirkulační topný kotel_o podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že z prvního pláště (1) v oblasti prvního stupně tlakové vírové komory (14) směrem do teplosměnného prostoru kotle vstupuje alespoň jeden Reynoldsův práh (58).

16. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 15, **vyznačující se tím**, že Reynoldsův práh (58) je rovnoběžný s vertikální osou (86) kotle.

17. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 15 nebo 16, **vyznačující se tím**, že Reynoldsův práh (58) je vytvořen jako součást prvního pláště úpravou jeho profilu.

18. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 14 až 17, **vyznačující se tím**, že labyrint (17) je tvořen oddělenými dílčími prostory uzavřenými mezi oddělovacími deskami (55), přičemž sousední dílčí prostory jsou propojeny průchody plamene uspořádanými v oddělovacích deskách (55), jejichž průřez je menší, než průřez propojených dílčích prostorů.

19. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 14 až 18, **vyznačující se tím**, že oddělovací desky (55) jsou horizontální, kdy ve směru vertikálním mají vůči sobě odstup, přičemž v těchto oddělovacích deskách (55) jsou uspořádány průchody plamene při jejich obvodu.

20. Cirkulační topný kotel podle nároku 19, **vyznačující se tím**, že oddělovací desky (55) vykazují sklon oproti horizontální rovině, přičemž průchod mezi dílčími prostory labyrintu (17) je na každé oddělovací desce (55) uspořádán při dolní části jejího obvodu a sousední skloněné oddělovací desky (55) jsou navzájem vůči sobě pootočený podle osy rotace shodné s vertikální osou (86) vírového kotle.



21. Cirkulační topný kotel podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že sousední oddělovací desky (55) jsou vůči sobě navzájem pootočený o 125 až 180°.
22. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 14 až 21, **vyznačující se tím**, že průřez prvního stupně tlakové vírové komory (14) se v horizontálním řezu směrem vzhůru zmenšuje.
23. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 14 až 21, **vyznačující se tím**, že přepážka (16) má jednu stranu vypouklou a druhou stranu rovnou.
24. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 14 až 22, **vyznačující se tím**, že průchodem plamene je podélná štěrbina (56) nebo soustava štěrbin nebo otvorů.
25. Cirkulační topný kotel_o podle některého z nároků 1 až 24, **vyznačující se tím**, že sekci V srážení a separace spalitelných částic tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující separační komoru (212), do které ústí přívod ionizovaného vzduchu, kapalného vzduchu (41) a ohřáté vody a jejíž stěna je v horní části zakončena třetím výstupkem (61), jenž je vytvořen po obvodu prvního pláště kotle a vstupuje do teplosměnného prostoru kotle, přičemž víko sekce V srážení a separace spalitelných částic je tvořen odraznou deskou (23), jejíž stěny ve směru k ose (86) kotle stoupají, která je v oblasti kolem osy (86) kotle opatřena usměrňovacím prvkem (24), jehož stěny ve směru k ose (86) kotle klesají, a ke které jsou na jejím obvodu upevněny rozváděcí lopatky (13), které jsou též připevněny k třetímu výstupku (61), přičemž ve spodní části separační komory (212) je uspořádán sběrný kužel (32) ústící do svodu (89) spalitelných částic v předcházející sekci.
26. Cirkulační topný kotel_o podle nároku 25, **vyznačující se tím**, že průřez v horizontálním řezu separační komory (212) se směrem vzhůru zvětšuje.
27. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 25 nebo 26, **vyznačující se tím**, že usměrňovací prvek (24) má tvar kuželovitý.
28. Cirkulační topný kotel_x podle některého z nároků 25 až 27, **vyznačující se tím**, že odrazná deska (23) má kónický tvar.
29. Cirkulační topný kotel_x podle některého z nároků 1 až 28, **vyznačující se tím**, že sekci VI vytápění s prostupem tepla tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující vyhřívací prostor (214) vymezený zdola odraznou deskou (23), vůči které



je v odstupu uspořádána protilehlá odpařovací deska (25) opatřená alespoň jedním prostupem tepla opatřeným zpětným ventilem (82).

30. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 29, **vyznačující se tím**, že prostupy tepla mají trubkový tvar a vystupují z odpařovací desky (25) směrem vzhůru.

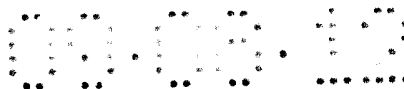
31. Cirkulační topný kotel_x podle některého z nároků 2 až 30, **vyznačující se tím**, že sekci **IV** separace nespalitelných částic tvoří přiléhající část soustavy plášťů obklopující dohořivací komoru (211) sestávající ze dvou stupňů, středem ve směru vertikálním prochází svod (89) spalitelného popela, kdy první stupeň představuje prostor separace nespalitelných částic vymezený zdola dnem (202), tvořeným jednak přepážkou (16), která je při jejím obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, a jednak po obvodu dna (202) sběrným žlábkem (35), ve kterém je vyústěn alespoň jeden vstup (201) svodu (36) nespalitelného popela, přičemž do prostoru separace nespalitelných částic ústí přívod kapalného vzduchu (41) a ionizovaného (42) vzduchu, první stupeň je zakončen horizontální třetí přepážkou (16), která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene, přičemž na tuto třetí přepážku (16) navazuje druhý stupeň dohořivací komory (211), který je představován labyrintem 17 zakončeným horizontální čtvrtou přepážkou (16), která je při obvodu opatřena alespoň jedním průchodem plamene.

32. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 31, **vyznačující se tím**, že průřez prvního stupně dohořivací komory (211) se směrem vzhůru zmenšuje.

33. Cirkulační topný kotel_x podle nároku 31 nebo 32, **vyznačující se tím**, že sběrný žlábek (35) má v řezu tvar hyperboly a spád jeho dna je alespoň 3 ‰, a to vždy po 1/2 své délky mezi vyústěním vstupů (201) svodu (36) nespalitelného popela.

34. Cirkulační topný kotel podle některého z nároků 31 až 33, **vyznačující se tím**, že sekci I nespalitelného odpadu tvoří přiléhající část soustavy plášťů, uvnitř které je uspořádán zásobník (37) nespalitelného popela, do kterého ústí jednak alespoň jeden svod (36) nespalitelného popela a jednak alespoň jeden odběr (38) nespalitelného popela.

35. Cirkulační topný kotel podle nároku 34, **vyznačující se tím**, že do zásobníku (37) nespalitelného popela dále ústí alespoň jeden pojistný ventil (66).

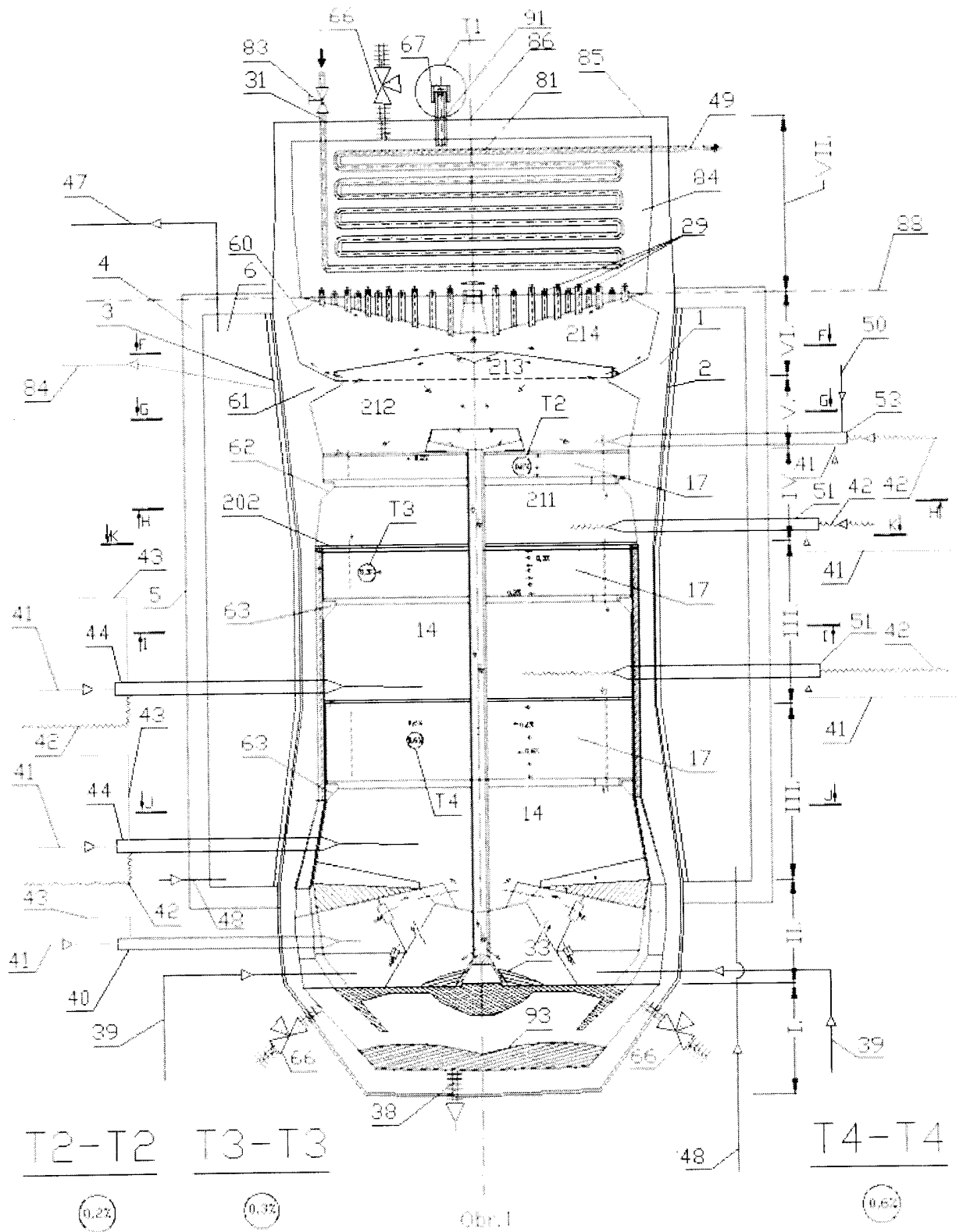


36. Cirkulační topný kotel, podle nároku 34 nebo 35, **vyznačující se tím**, že svod (36) nespalitelného popela prochází sekcí II inicializace plamenného víru a sekcí III spalování paliva.
37. Cirkulační topný kotel, podle nároku 36, **vyznačující se tím**, že svod (36) nespalitelného popela je veden v prvním plášti (1) kotle.
38. Cirkulační topný kotel, podle nároku 37, **vyznačující se tím**, že svod (36) nespalitelného popela v sekci III spalování paliva prochází Reynoldsovým prahem (58).
39. Cirkulační topný kotel, podle některého z nároků 11 až 37, **vyznačující se tím**, že přívodem paliva, vzduchu a okysličovadla je ejektor.
40. Cirkulační topný kotel, podle nároku 39, **vyznačující se tím**, že vstupem čerpaného média do směřovacího prostoru ejektoru je spirální skříň.

1/21

PV2912-541

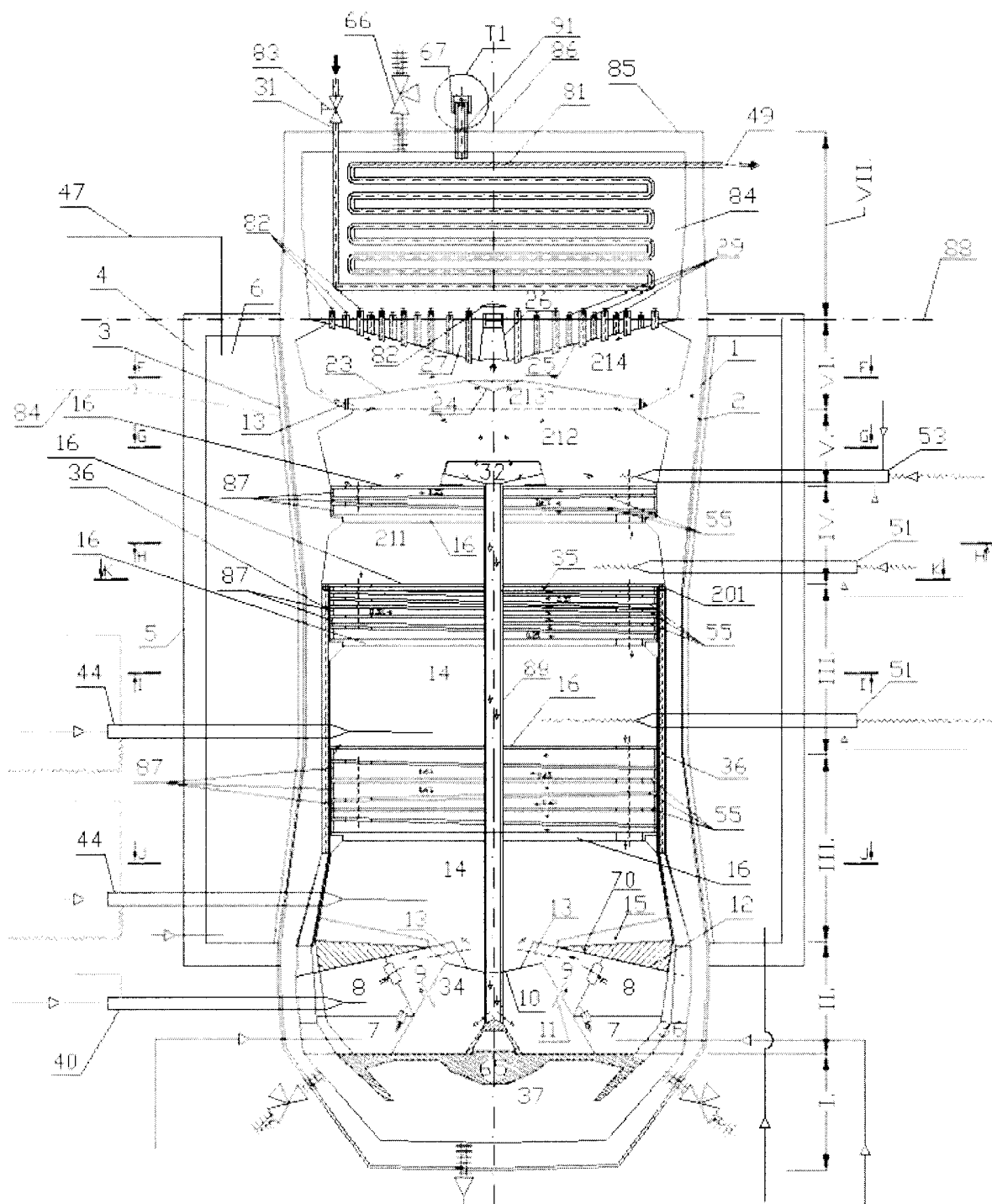
00.08.12



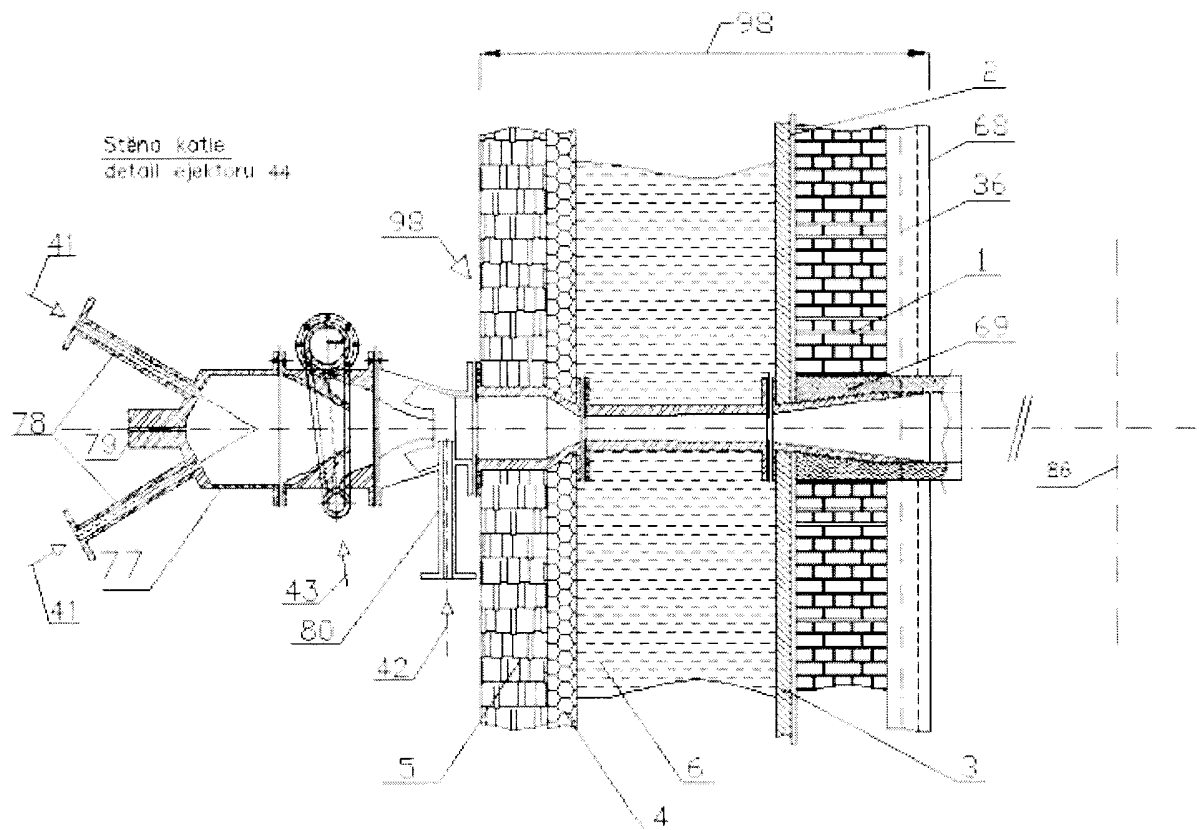
2/21

PV2912-541

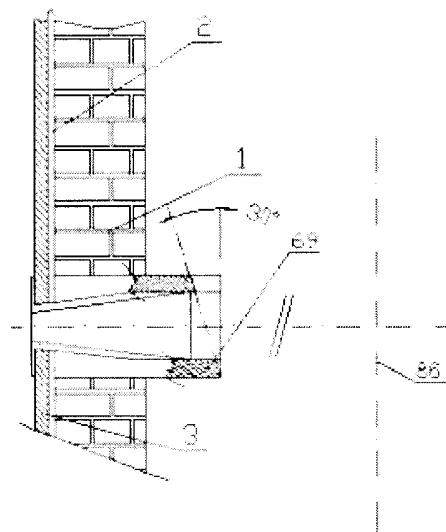
00.06.10



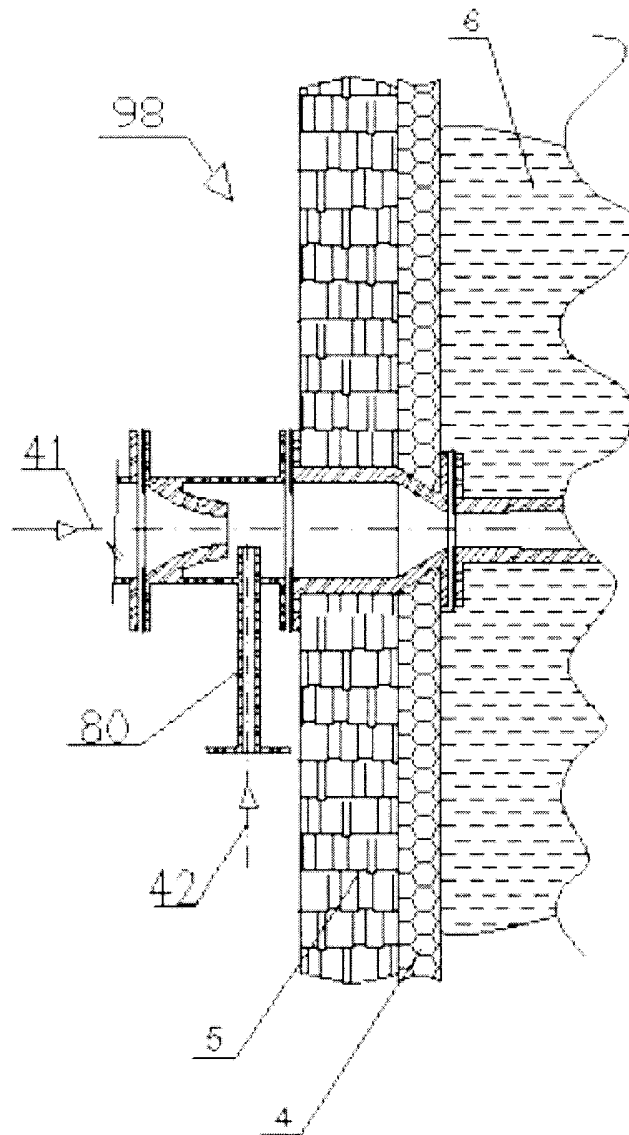
Obr.2



Řez stěnou kotle – horizontální
detail ejektoru 44



Stěna kotle
detail ejektoru 51



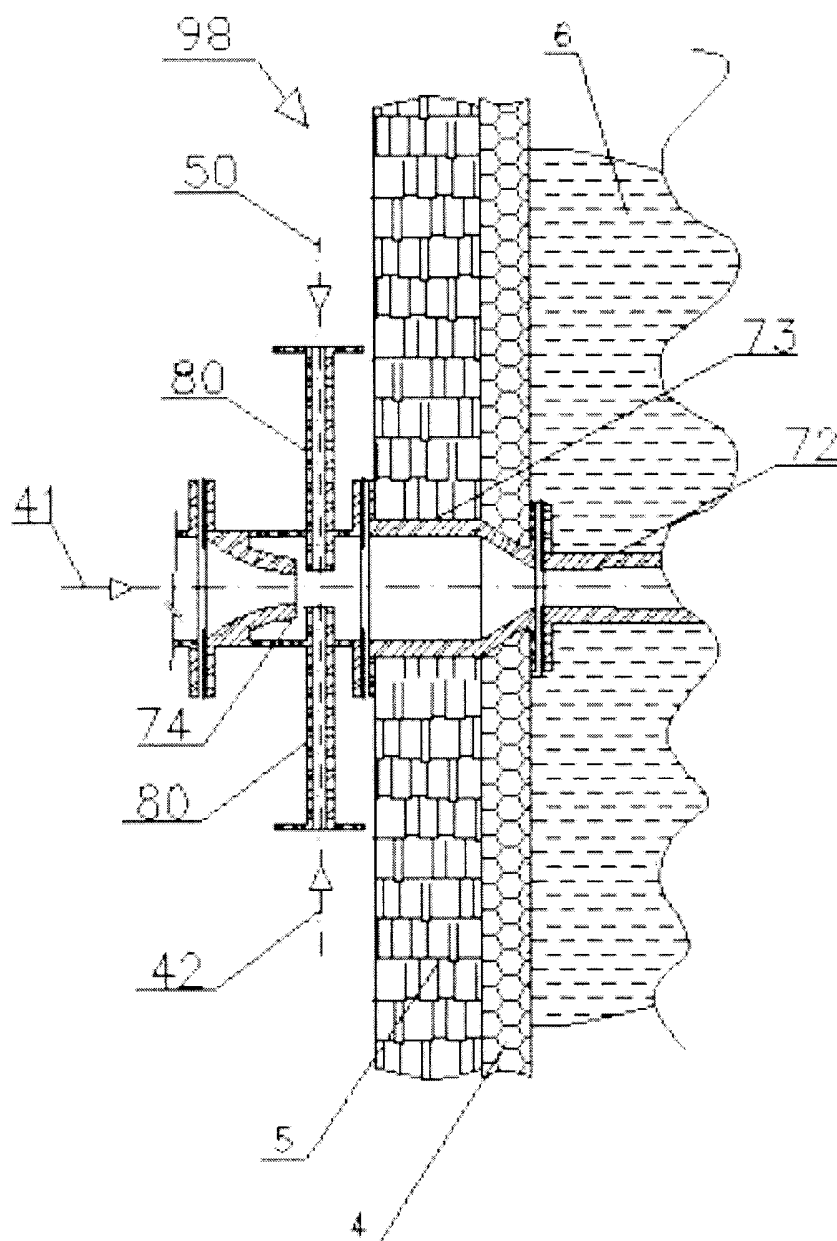
Obr. 4

5/21

PV 2012-541

00.08.12

Stěna kotle
detail ejektoru 53



Obr. 5

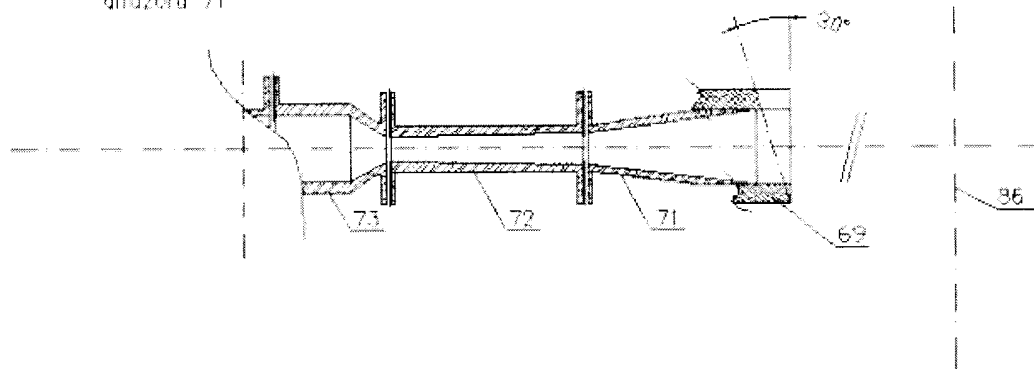
6/21

PV 2912-541

00.00.12

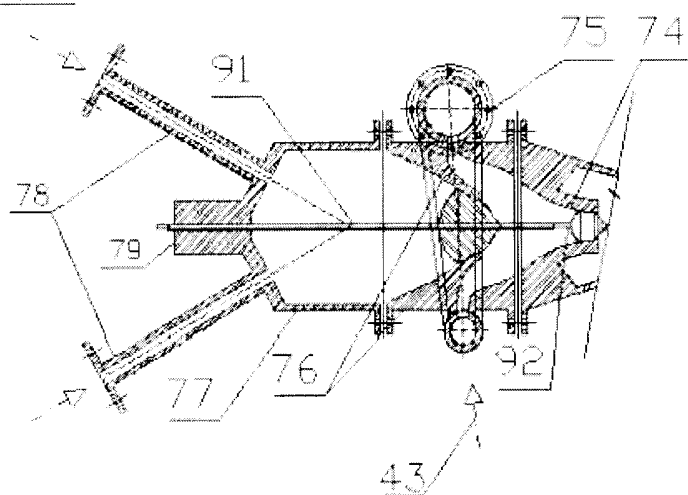
detail v ukončení

difuzoru 71



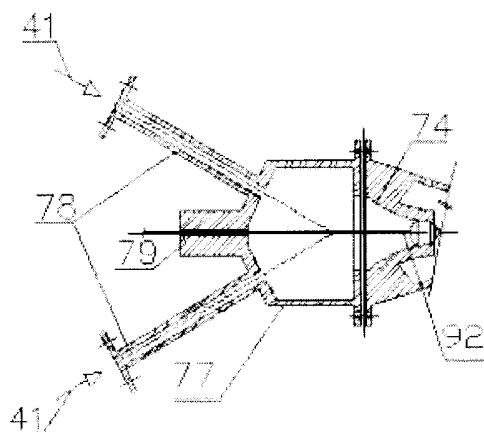
Detail ejektoru 40, 44

uzávěr trysky

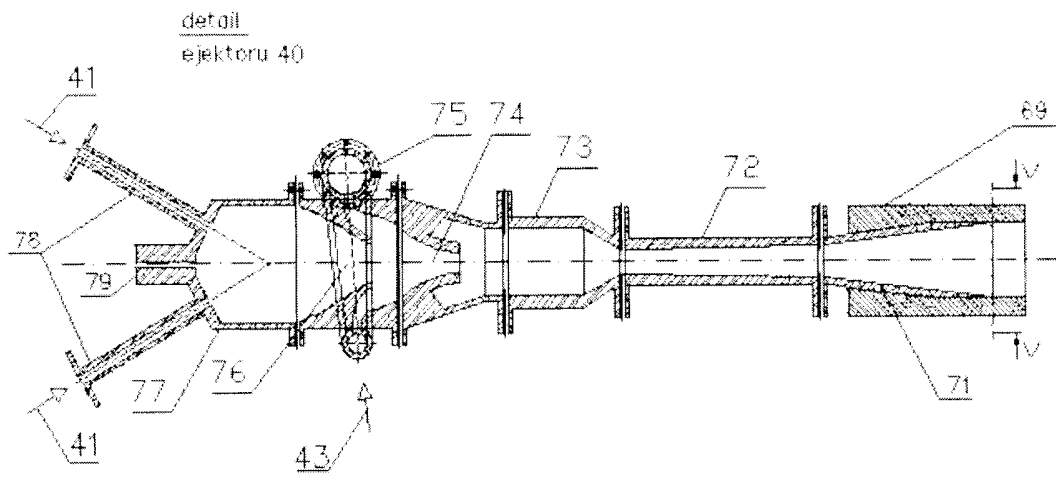


Detail ejektoru 51,53

uzávěr trysky



Obr.6

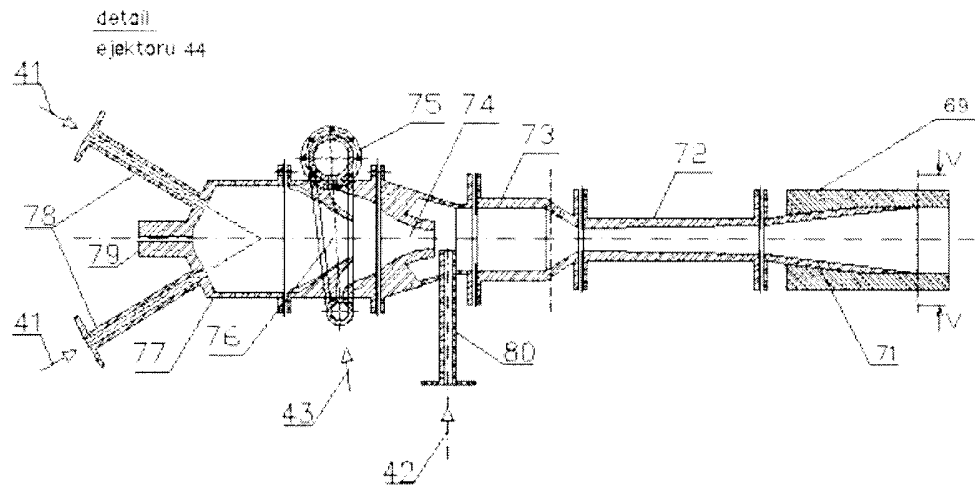


Obr. 7

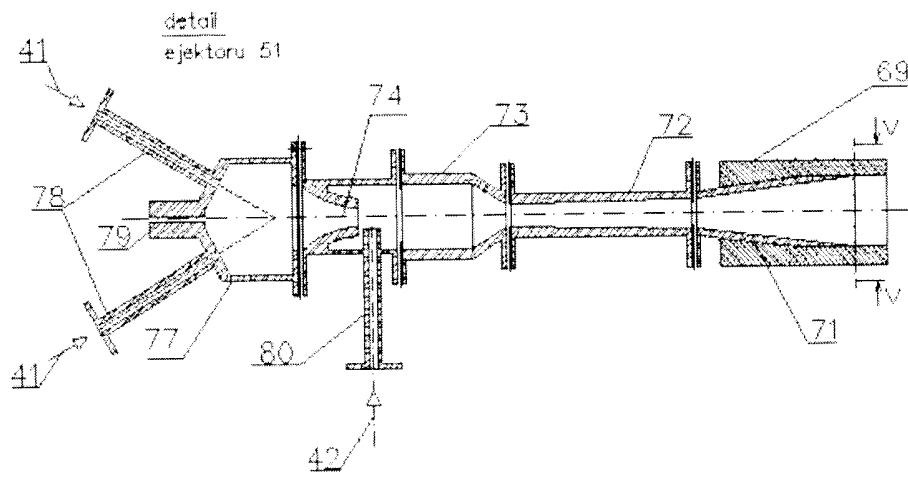
81
21

PV 2012-541

00.08.12



Obr. 8

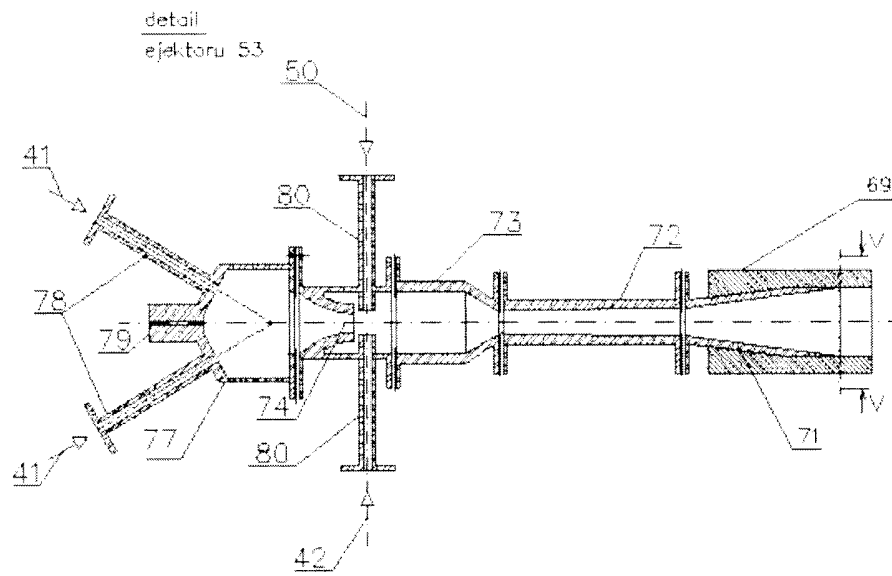


Obr. 9

10/
21

PV2912 - 541

00.08.12



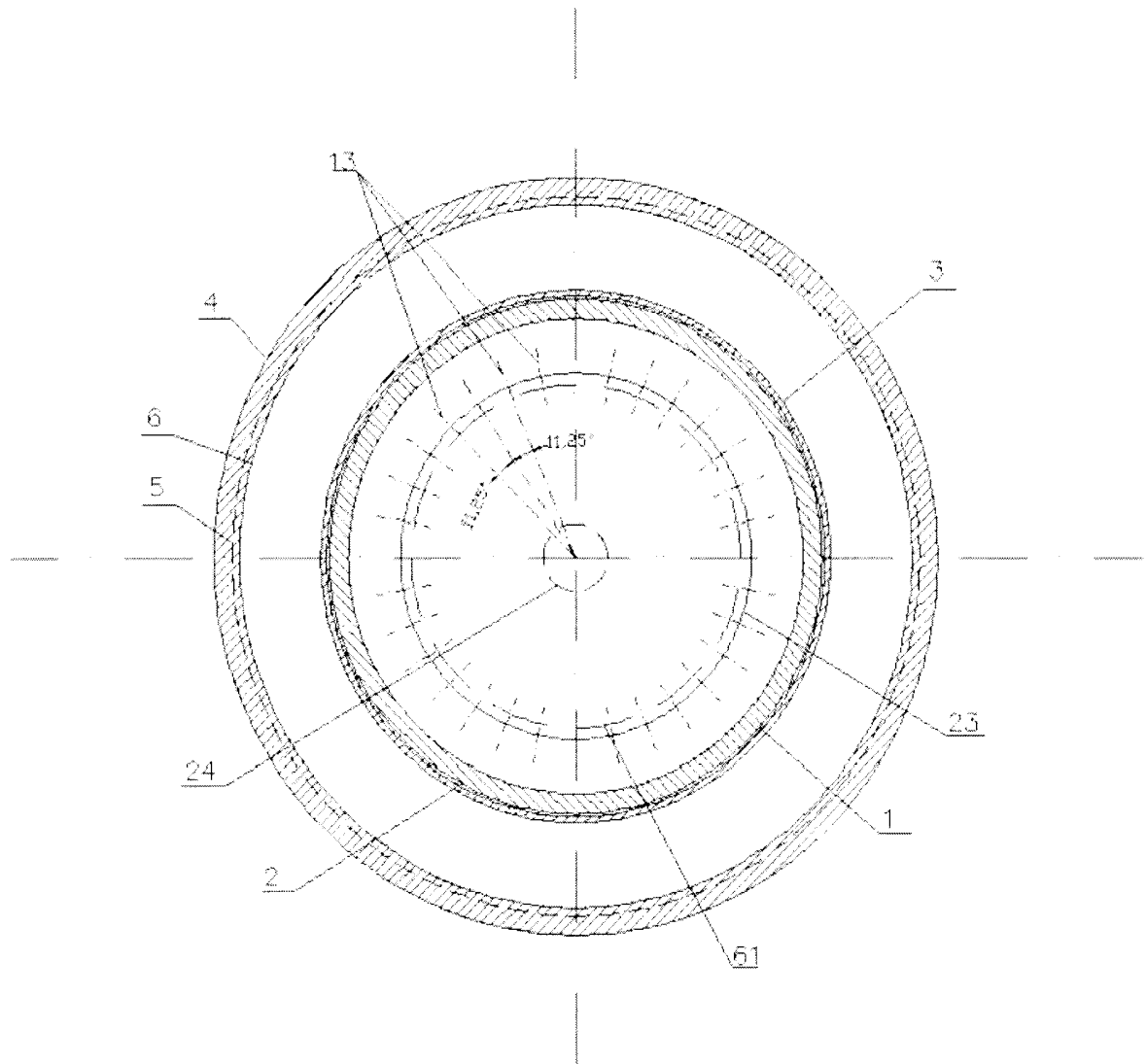
Obr.10

11/
21

PV 2012 - 541

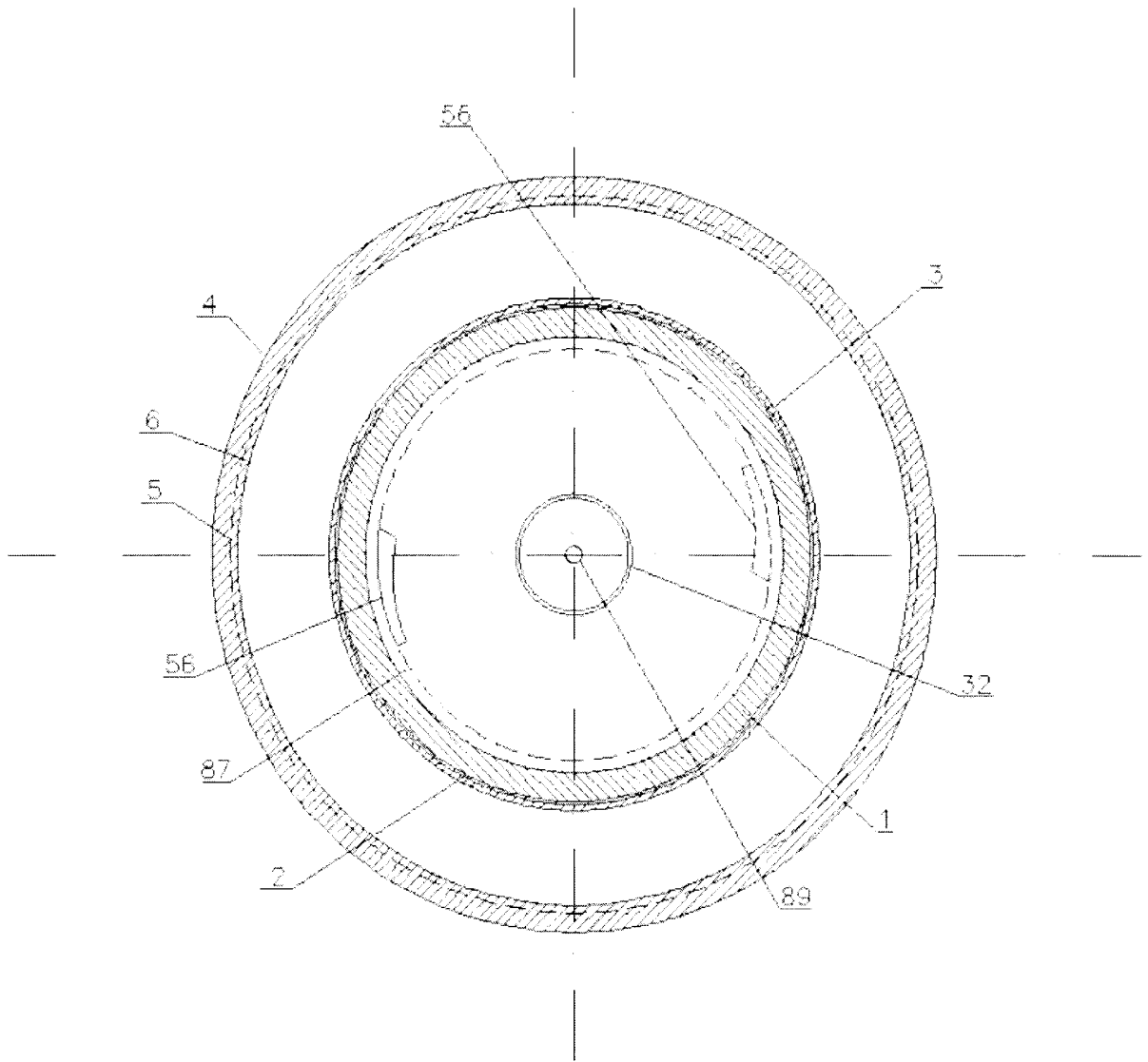
00.08.10

Řez F-F



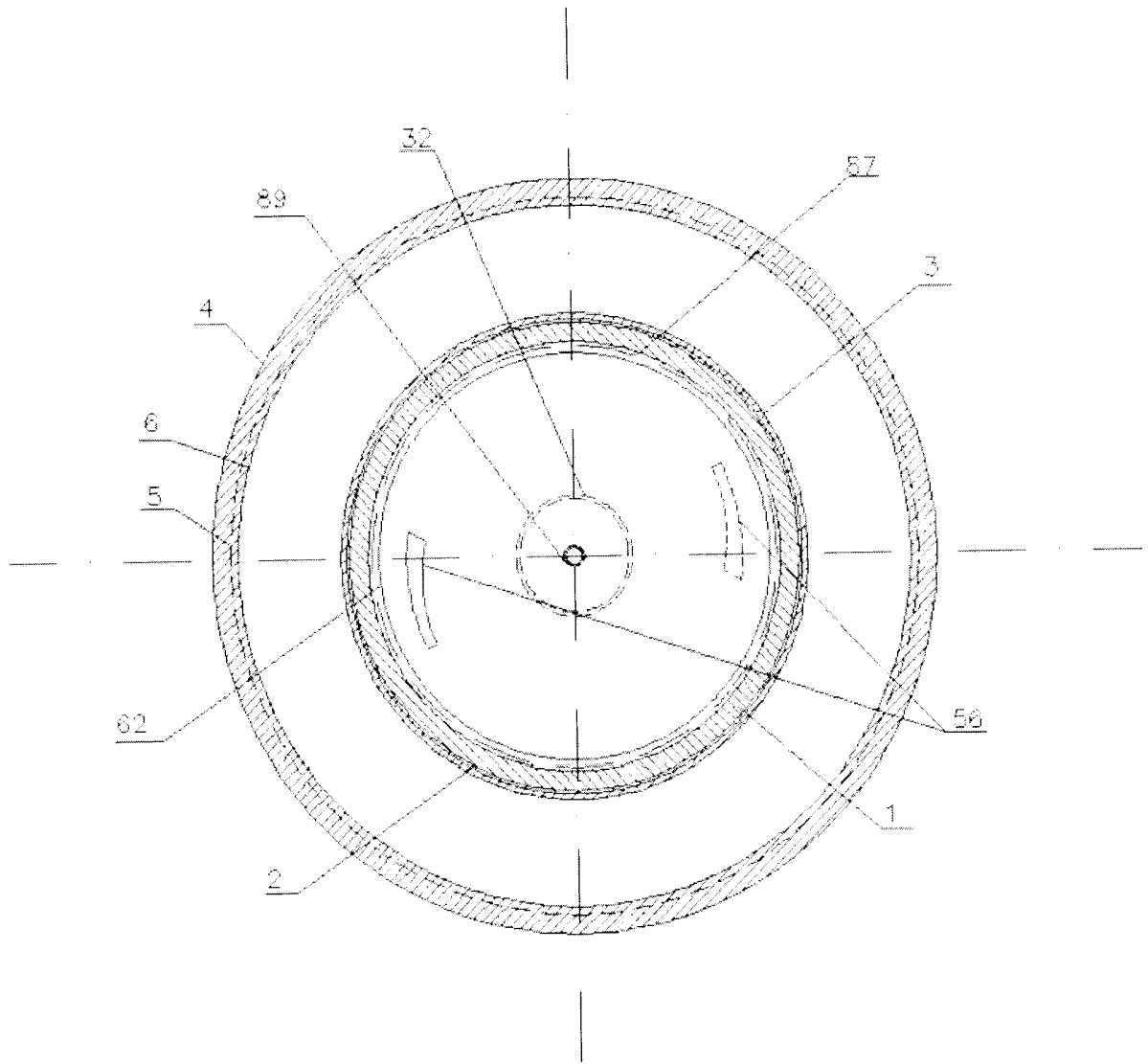
Obr.11

Rez G-G



Obr. 12

Řez H-H



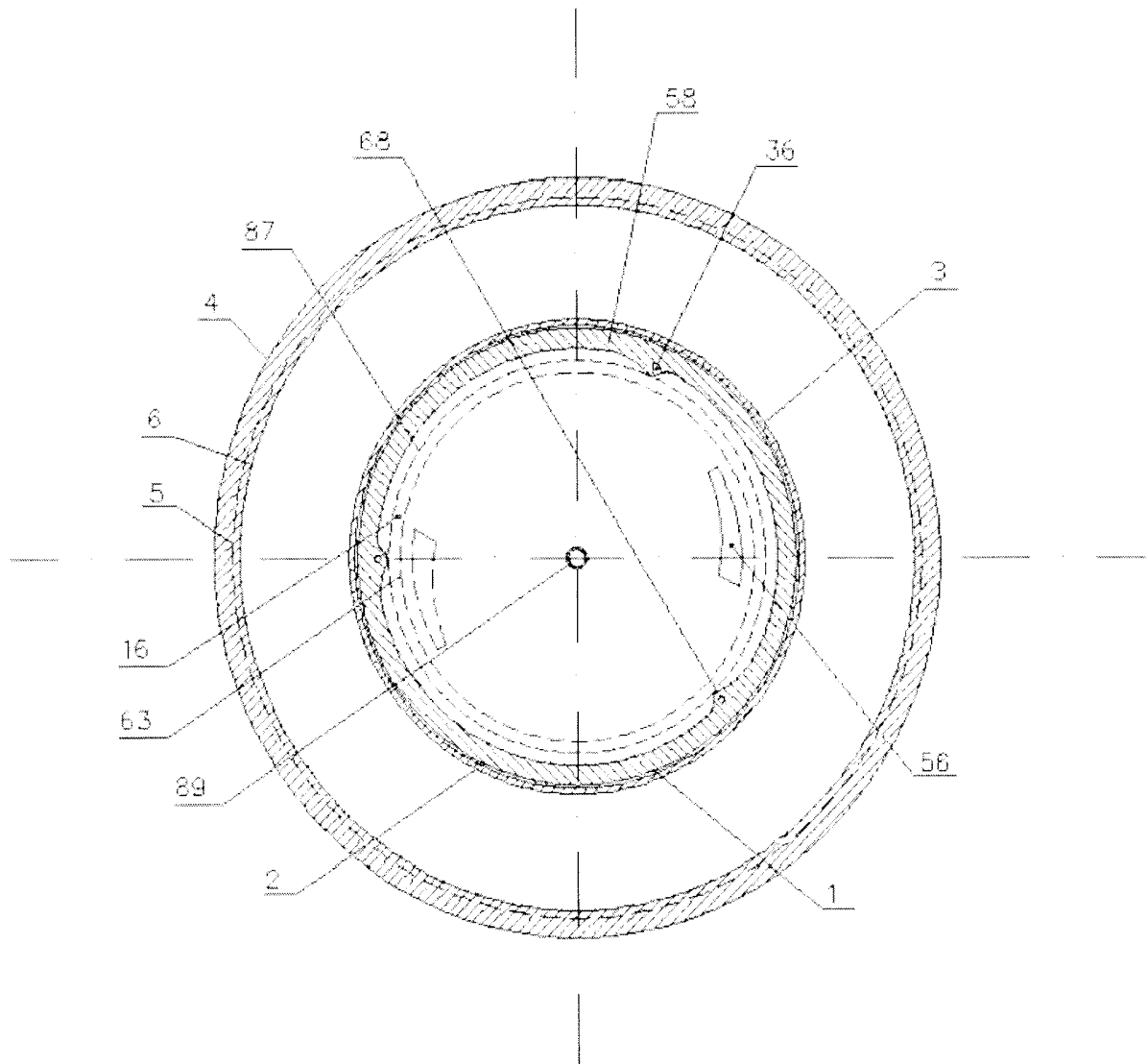
Obr. 13

14/
21

PV2012-547

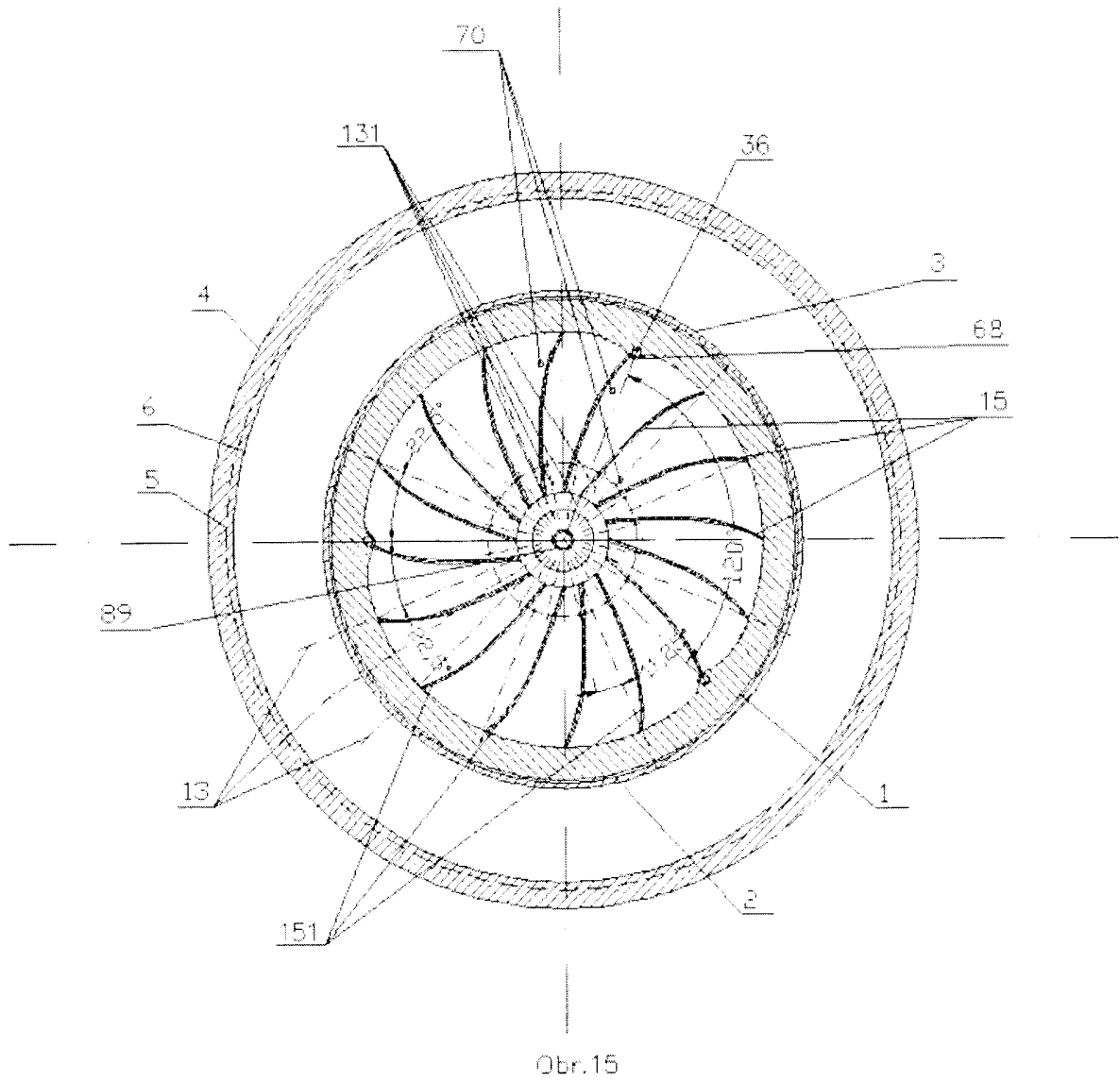
00.08.12

Řez I-I



Obr.14

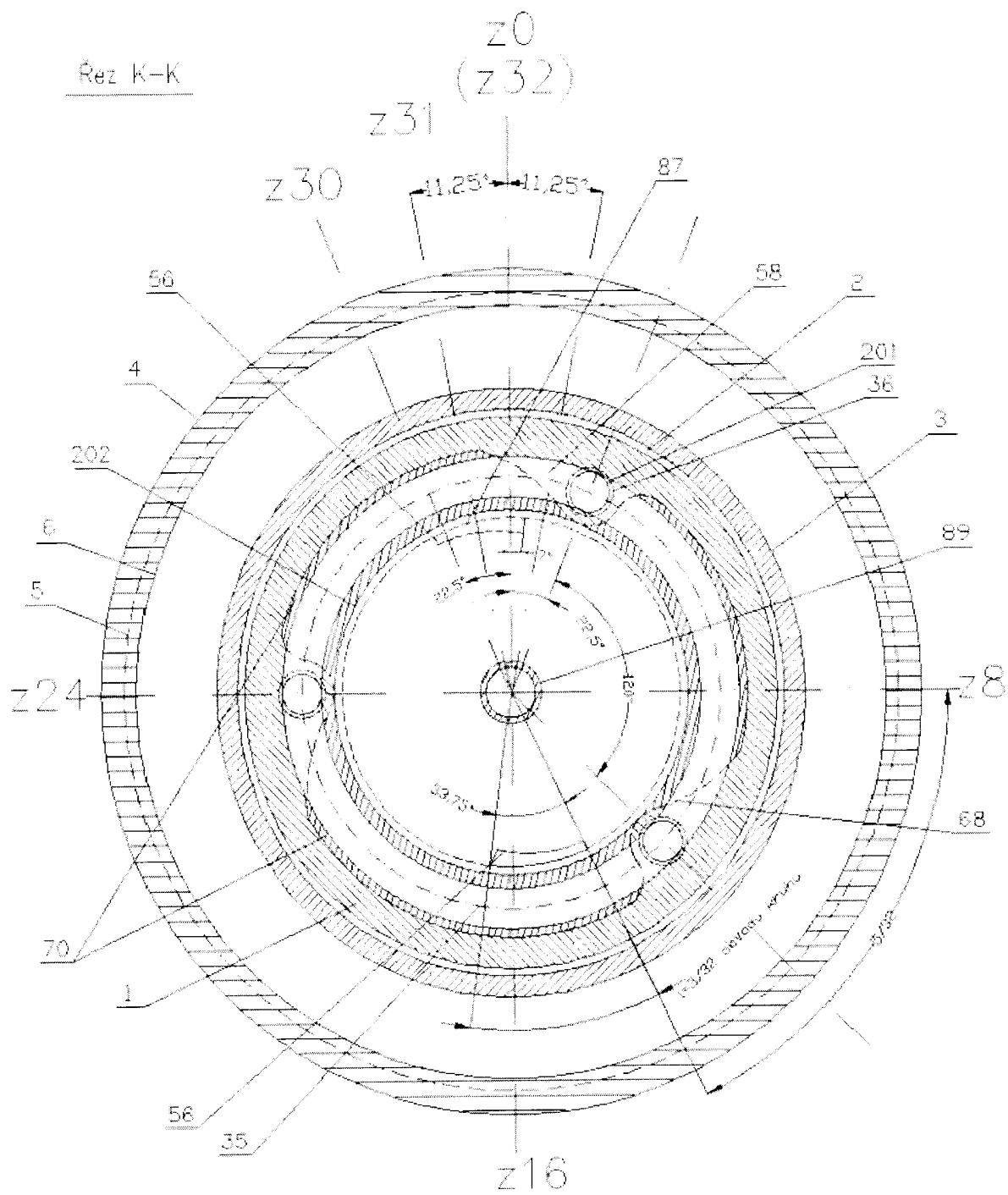
Řez J-J



16/21

PV2012-541

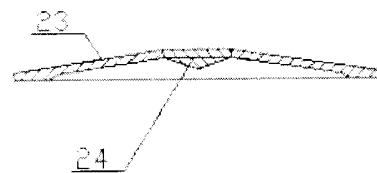
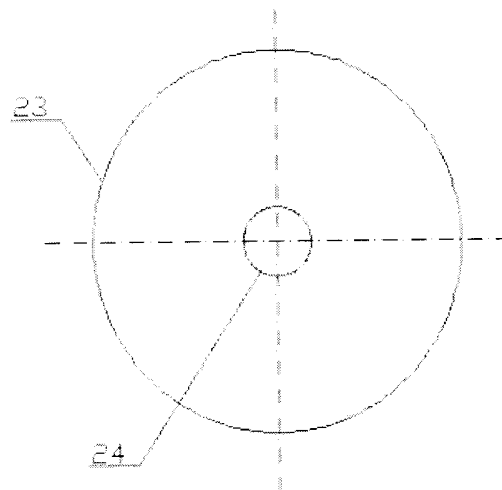
00.06.12



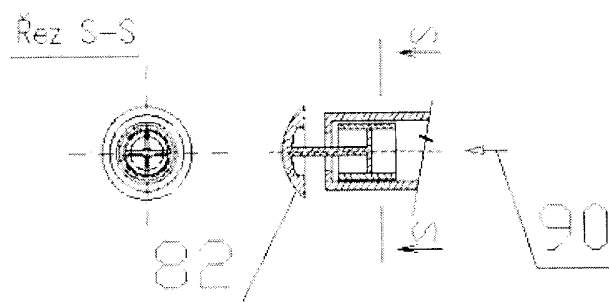
Обр.18

17/21

PV2912-541

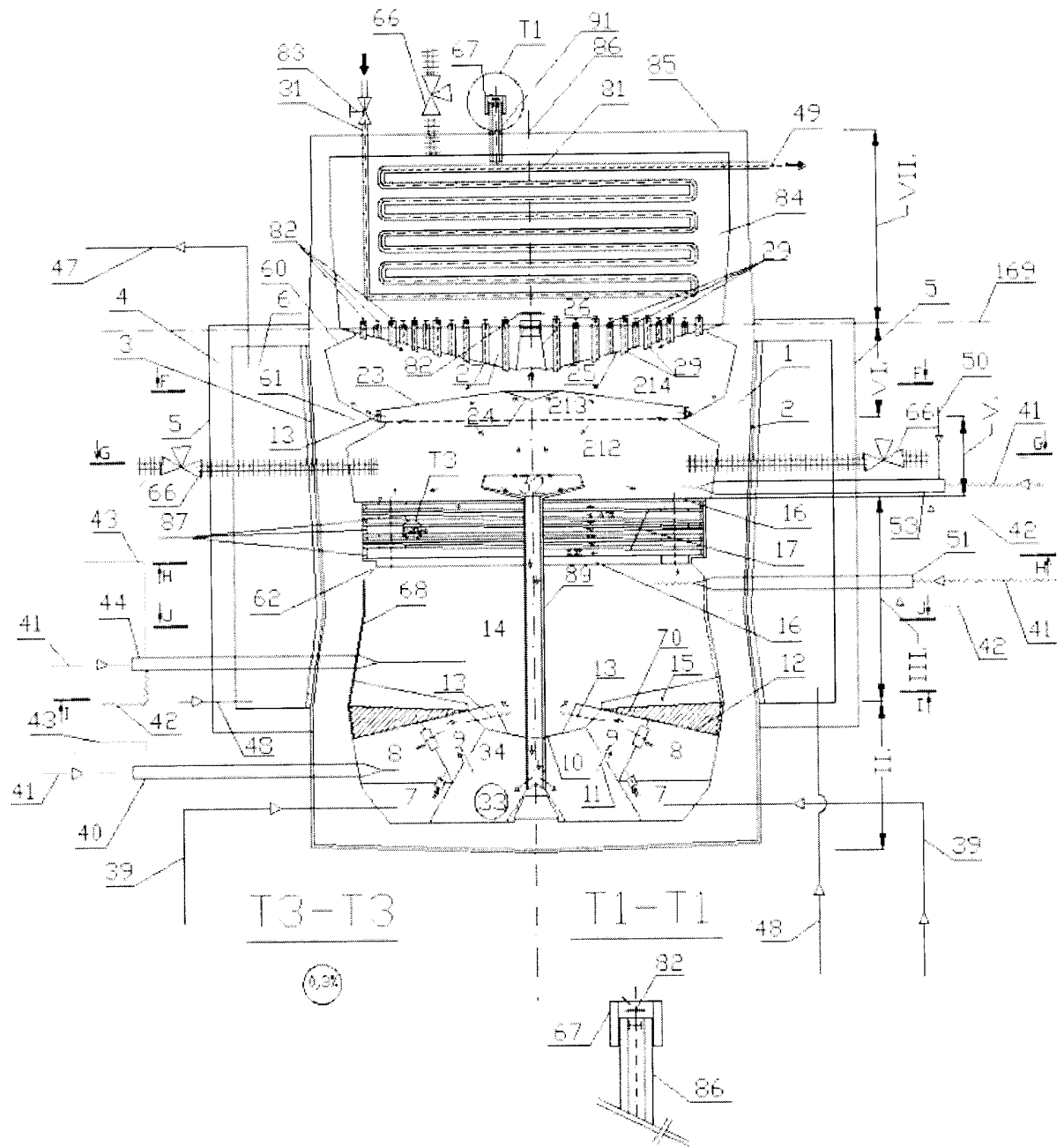


Detail ventilu
trubkového
prostupu 26,29



Obr.17

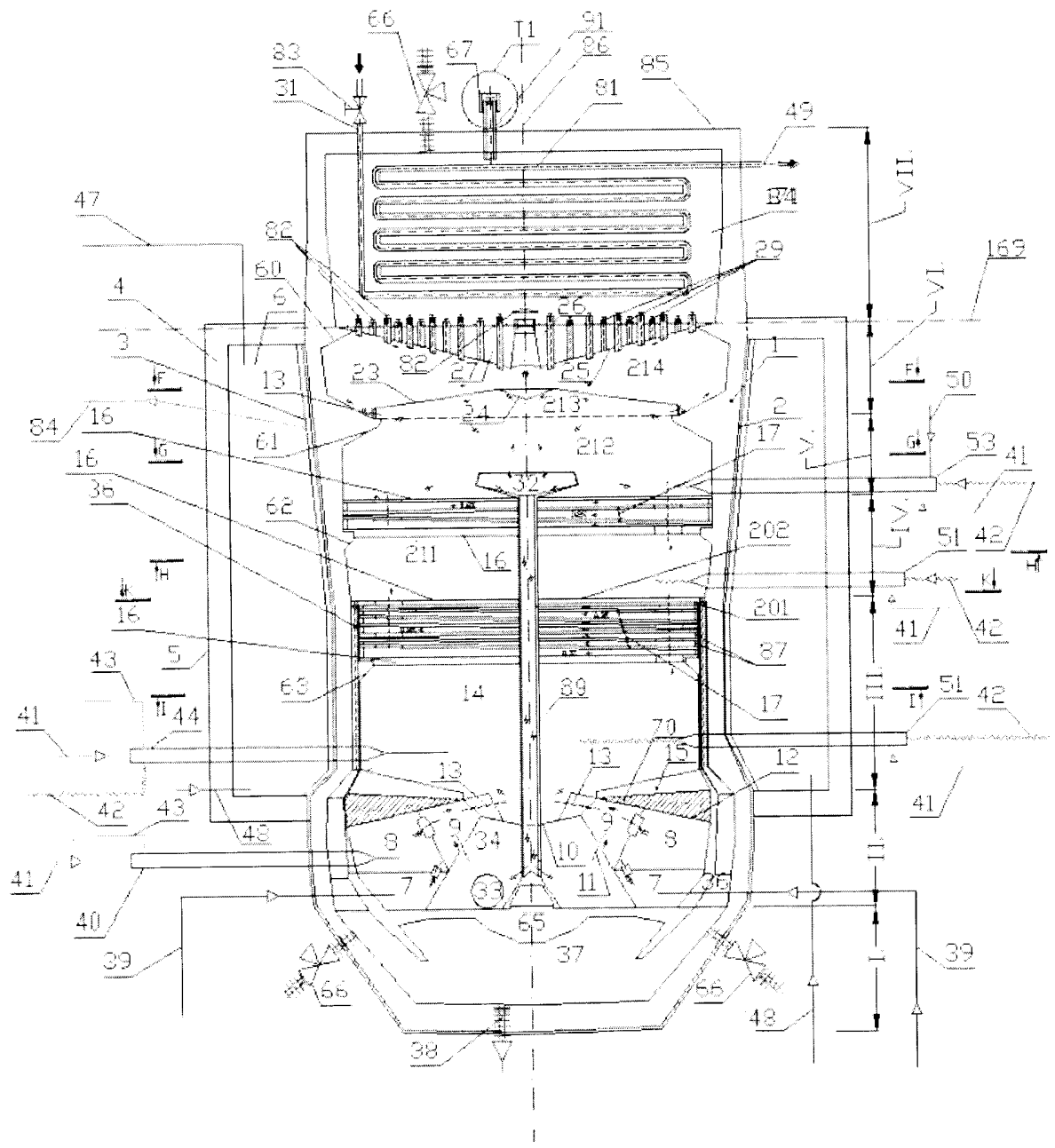
18/21 PV2012-0571 00.08.12



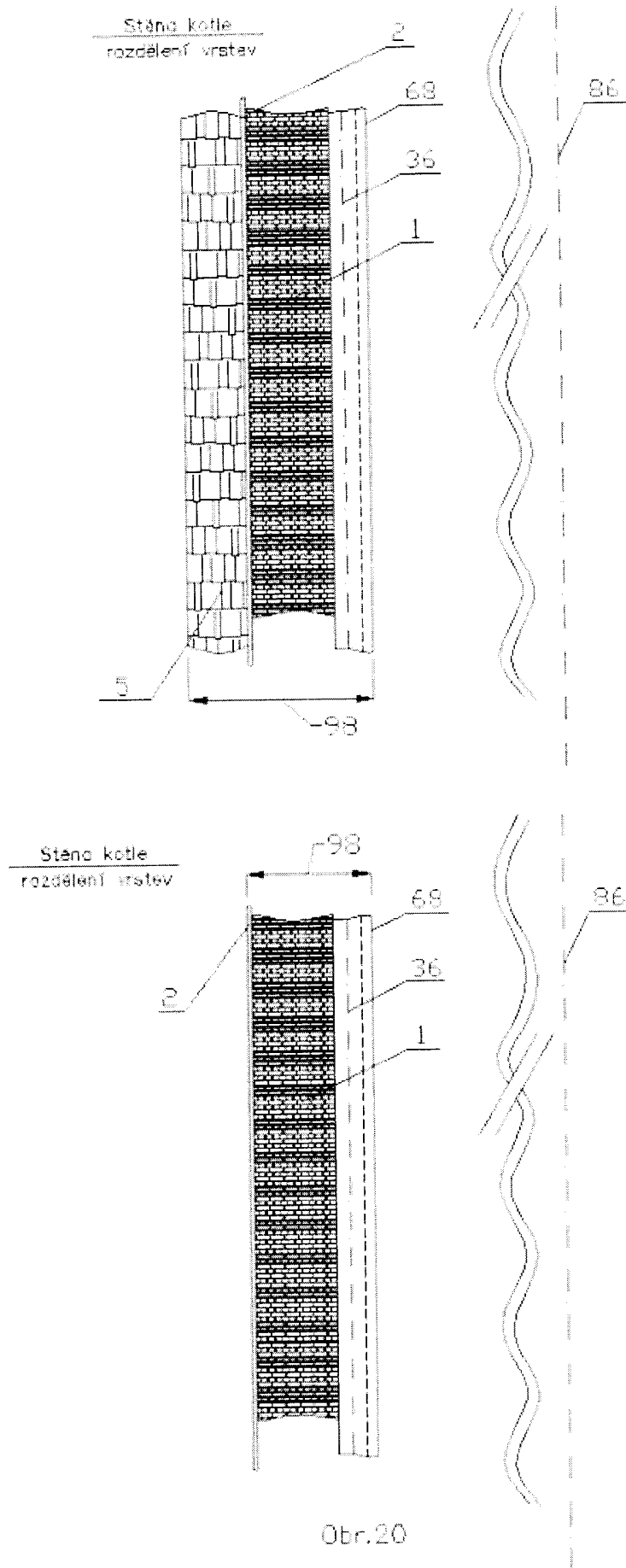
Obr.18

19/
21

PV2912-547

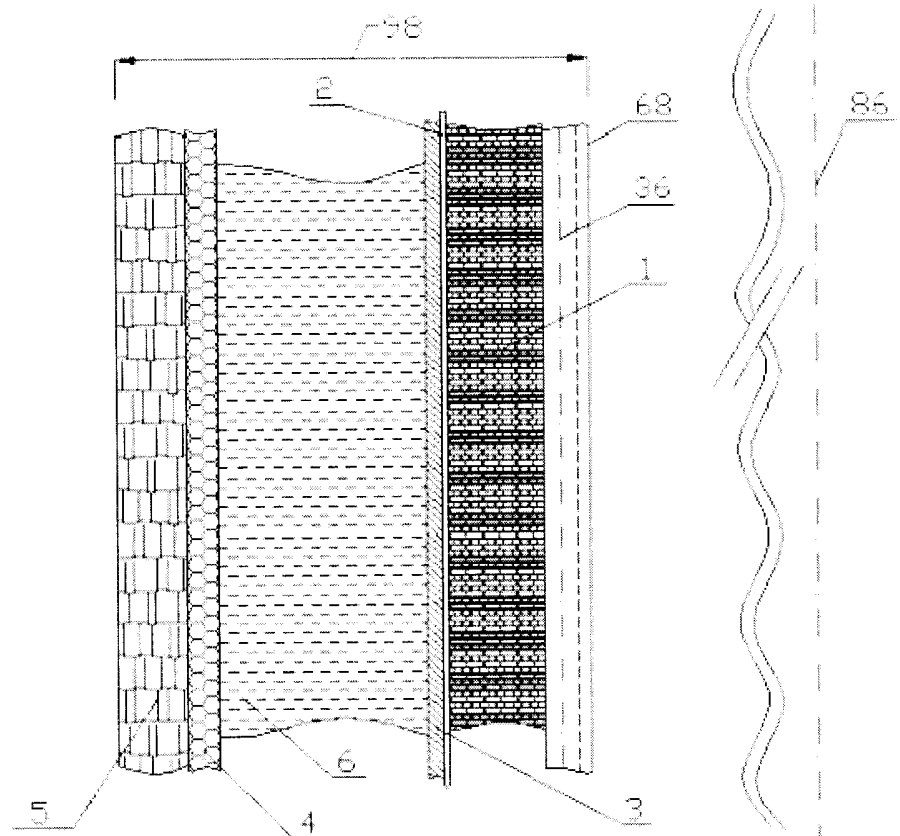


Obr. 19



Obr. 20

Stěna kotla
rozdělení vrstev



Stěna kotla
rozdělení vrstev

