ČESKÁ REPUBLIKA

(19)

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(22) 11.07.94

(32) 12.07.93

(31) 93/090601

(33) US

(40) 18.01.95

(21) 1664-94

(13) A3

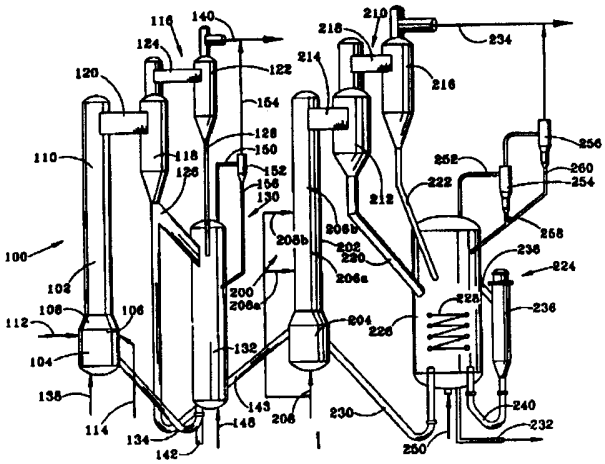
5(51) F 23 C 11/02

(71) THE M.W. KELLOGG COMPANY, Houston, TX, US;

(72) Campbell William Martin, Houston, TX, US;
Gbordzoe Eusebius Anku, Houston, TX, US;
Henningsen Gunnar Bagger, Sugar Land, TX, US;
Lin Yung-Yi, Houston, TX, US;

(54) Způsob zplynování uhlíkaté látky a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Nejdříve se zavede uhlíkatá surovina do proudu produktů podstechiometrického spalování, načež se provede rekuperace jemně rozdělených částeček z produktů zplyňování pro získání plynného paliva v podstatě prostého částeček a poté se přivede první podíl rekuperovaných částeček a podstechiometrické množství reaktivního kyslíku do spalovacího pásma pro vytvoření proudu produktů spalování. Dopravní zplyňovač (100) se spalovacím pásme (204) je přes oddělovací pásmo (116) a ukládací pásmo (130) pevných látek spojen s dopravním spalovačem (200) s dvěma spalovacími stupni (206a, 206b), které ústí do oddělovacího pásma (210), na nějž je napojeno ukládací pásmo (224) pevných látek.



1664 - 94

ZPŮSOB ZPLYNOVÁNÍ UHLÍKATÉ LÁTKY A ZAŘÍZENÍ K PROVÁDĚNÍ TOHOTO ZPŮSOBU

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu zplynování uhlíkaté látky, při kterém se uhlíkatá suroviny vede do zplynovacího pásma po proudu od podstechiometrického spalovacího pásma. Vynález se dále týká zařízení ke provádění tohoto způsobu, které obsahuje reaktor s fluidním ložem.

Dosavadní stav techniky

Význam zplynování uhlí ve fluidním loži nabyl na významu pro výrobu energie v závislosti na ubývání zásob ropy, snížení spolehlivosti jaderné energie, přičemž zásoby uhlí zůstávají bohaté. Tento obor je stále ve stavu rychlých změn, tak jak provozní zkušenosti vedou na zlepšování vlastností. Tyto provozní zkušenosti také zahrnují čtyřicet let rafinace ropy ve fluidovaných katalytických krakovacích reaktorech (FCC). Campbell popisuje v pojednání "Operating Experience with FBCs in the Petroleum Industry", Energy and Power Research Institute, ze 3.května 1988 technologii s FCC reaktorem a uvádí analogie s reaktory s fluidním ložem při výrobě energie.

Procesy s fluidním ložem jsou obecně založeny na spolupůsobení pevné fáze a plynné fáze pro podporu nějaké chemické reakce. Je známo, že chování může být podstatně zlepšeno tím, že se zlepší přístup plynné fáze k pevné fázi s ohledem na povrch dostupný pro reakci. Nicméně velikost částeček pevné fáze byla obecně omezena technologií rozdělování nutnou pro odstranění unášených částeček. Nejstarší systémy používaly plyn probublávající ložem částeček. Tak zvaný "reaktor s bublajícím ložem" obsahoval v podstatě spojitou pevnou fázi vytvořenou z poměrně hrubých částeček (5 cm) a nespojitou plynnou fázi mající nízkou povrchovou rychlost asi 0,9 až 1,5 m/s. Vlivem větší hustoty pevné fáze bylo z reaktoru vynášeno poměrně malé množství pevné látky.

Vývoj vysoce účinných cyklonových odlučovačů zlepšil odlučování pevných látek a umožnil rozšíření pracovního režimu reakcí mimo bublající lože přes oblast turbulence do dopravního hydrodynamického režimu. V dopravním režimu s rychlým ložem

je velikost částeček obecně menší než asi 1,5 cm při povrchové rychlosti 4,5 až 6 m/s. Ve pneumatickém dopravním režimu může být velikost částeček obecně menší než 0,3 mm při povrchové rychlosti 12 až 18 m/s. S nejjemnějšími částečkami a s nejvyšší rychlostí představuje dopravní provozní režim běžný stav techniky pro návrh reaktoru s fluidním ložem.

Přechod na dopravní režim také zlepšil řízení procesu následkem zlepšení promíchávání reakčního prostředí. Následkem toho mohou běžné dopravní reaktory pracovat při zvýšeném tlaku až do asi 4 MPa, což dává vyšší výstup tepla na jednotku příčného průřezu reaktoru a vyšší výkon v energetickém cyklu. Tlakový spalovač uhlí s fluidním ložem v dopravním modu popisuje Campbell v pojednání "Development of a Transport Mode Pressurized Circulating Fluid Bed Combustor", Power Gen-88, 7.prosince 1988.

Byla také provedena zlepšení procesu ve velkém měřítku pro překonání nevýhod vyplývajících ze řízení emisí síry. Protože přítomnost síry ve fosilních palivech jako je uhlí způsobuje problém znečistění, byly emise síry účinně řízeny užitím částeček vápence jako sorbens in situ. Vápenec přidaný k uhlí přiváděnému do reaktoru může absorbovat síru bezprostředně po uvolnění během zplynování a/nebo během spalovacího procesu. Nicméně použití vápence in situ omezuje nežádoucím způsobem provozní teplotu reaktoru, aby se zamezil rozklad solí vytvářených absorpcí síry. Následkem toho musí být také rychle odvedena určitá část spalného tepla pro zamezení rozkladu sorbens.

Zplynování je však značně pomalejší než obyčejné spalování a reaktivita zbytku nezplyněného uhlí (polokoks) je progresivně snížena jak přeměna pokračuje. Protože zbytkový polokoks může být snadno spálen, byl vyvinut způsob hybridního spalovacího cyklu nazvaný integrovaný kombinovaný cyklus zplanování (IGCC) pro kombinaci předního a částečného zplynování v prvním reaktoru následovaného spalováním nepřeměněného polokoksu ve druhém reaktoru. Při hybridním způsobu okrajové snížení přeměny ve stupni zplynování nezhoršuje významně celkovou účinnost energetického cyklu protože nepřeměněná látka ze zplanovače je spálena ve spalovači pro rekuperaci tepla. Hybridní provedení reaktoru s fluidním ložem ve výrobě energie popisuje O´Donnell v pojednání "An Advanced Concept in Pressurized Fluid Bed Combustion",

American Society of Mechanical Engineers, 1991.

Zplynování uhlí a jiných uhlíkatých surovin je dobře známé. Zplynovací reaktory obecně obsahují spalcvací pásmo, ve kterém se vyvíjí teplo pro podporu zplynování ve zplynovacím pásmu. Obvykle přiváděné uhlí dává těkavé složky bezprostředně po přivedení do reaktoru o vysoké teplotě. Protože tyto složky jsou potom rychle spáleny ve spalovacím pásmu, plynné palivo vyvíjené zplynováním méně těkavých složek uhlí má nižší výhřevnost, než by bylo možné potenciálně dosáhnout.

Bylo by výhodné, kdyby se podařilo zvýšit výhřevnost plynného paliva vyvíjeného zplanováním uhlí bez nepříznivého ovlivnění procesu zplynování nebo jakosti prostředí pro získání zlepšené účinnosti procesu výroby energie z fosilních paliv.

Podstata vynálezu

Vynález vytváří zplynovací reaktor s fluidním ložem, který má spalovací pásmo a oddělené zplynovací pásmo, ve kterém se uhlíkatý materiál zplynuje k vyvíjení plynného paliva. Bylo zjištěno, že výhřevnost plynného paliva může být zvýšena zavedením uhlíkaté suroviny do zplynovacího pásma místo do spalovacího pásma jako v dosavadním stavu techniky. Tímto způsobem může být spalování omezeno na méně těkavý polokoks a spalování těkavých složek ve přiváděném materiálu, které mají vyšší výhřevnost, může být v podstatě zamezeno.

Podle jednoho provedení vynálezu vynález vytváří způsob zplynování uhlíkaté látky. V jednom kroku se uhlíkatá surovina přivádí do proudu podstechiometrických produktů spalování, případně s vodní parou nebo s vodou. V jiném kroku se výsledná směs vede v podstatě adiabatickým stoupacím potrubím při dopravních podmínkách odplynění a zplanování látky. Jemně rozdělené částečky se rekuperují z produktů zplynování pro získání plynného paliva v podstatě prostého částeček. První podíl rekuperovaných částeček a podstechiometrické množství reaktivního kyslíku se vede do spalovacího pásma pro vytvoření proudu podstechiometrických produktrů spalování.

Přiváděná látka může obsahovat uhlí nebo jiný uhlíkatý materiál schopný zplynování. Přiváděný proud může obsahovat částice sorbens síry, jako je vápenec. První podíl rekuperovaných částeček recirkulovaný do spalovacího pásma přednostně

obsahuje 10 až 250-násobek množství hmoty proudu přiváděné látky. Množství reaktivního kyslíku přiváděného do spalovacího pásma je přednostně menší než 5% stechiometrického množství přiváděného uhlíku. Způsob podle vynálezu může zahrnovat přivádění druhého podílu rekuperovaných částeček do druhého spalovacího pásma, přednostně do dopravního spalovače, a odvádění tepla z produktů sekundárního spalování. Rekuperované částečky mohou obsahovat polokoks a sorbent síry nebo v podstatě inertní částečky s ukládáním uhlíkových sloučenin na nich.

Podle jiného provedení předložený vynález vytváří způsob zplynování uhlí. Částečky uhlí a sorbens síry, případně s vodní parou, se přivádějí do vysoce rychlého proudu produktů podstechiometrického spalování obsahujícího oxid uhelnatý (CO) a v podstatě prostého molekulárního kyslíku. Výsledná směs se vede v podstatě adiabatickým stoupacím potrubím ve proudu o vysoké rychlosti při dopravních podmínkách pro odplynění a zplynování částeček uhlí k vytvoření zbytkových částeček polokoksu a absorbování sloučenin síry na částečkách sorbens síry. Polokoks a částečky sorbens se rekuperují z produktů zplynování, aby se získalo plynné palivo v podstatě prosté částeček. Kyslík a první podíl rekuperovaných částeček polokoksu a sorbens se vedou do podstechiometrického spalovacího pásma. První podíl rekuperovaných částeček obsahuje množství hmoty proudu od 10 do 250-násobku přiváděné látky. Množství přiváděného kyslíku je menší než 5% stechiometrického množství pro úplné spalování uhlíku v prvním podílu částeček polokoksu.

Ve přednostním provedení předložený vynález vytváří způsob hybridního zplynování, který dále zahrnuje kroky: přivádění druhého podílu rekuperovaných částeček do dopravního spalovače obsahujícího dopravní směšovací pásmo zásobované recirkulovanými částečkami a podstechiometrické přivádění kyslíku; vedení výsledné směsi stoupacím potrubím dopravního spalování při vysoké rychlosti, přednostně při dopravních podmínkách, a přivádění přídavného kyslíku v jednom nebo několika stupních do stoupacího potrubí dopravního spalování pro v podstatě úplné spalování v něm; rekuperaci jemně rozdělených částeček z odtoku ze stoupacího potrubí dopravního spalování pro získání kouřového plynu v podstatě prostého částeček; recirkulaci částeček

rekuperovaných z odtoku stoupacího potrubí dopravního spalování k dopravnímu směšovacímu pásmu; vypouštění popelu z dopravního spalovače; rekuperaci tepla z kouřového plynu; a rekuperaci tepla z částeček rekuperovaných z odtoku stoupacího potrubí dopravního spalování. Přídavně může být teplo rekuperováno z vnějšího výměníku tepla, kterým cirkulují částečky z dopravního spalovače v řiditelném množství, a případně z trubkových závitů uložených ve sběrné nádobě spalovače zásobované rekuperovanými částečkami z odtoku stoupacího potrubí dopravního spalování.

Vynález dále vytváří zařízení pro dopravní zplynování uhlíkaté látky jako je uhlí. Zařízení obsahuje spalovací pásmo pro spalování hořlavých pevných látek při přivádění podstechiometrického množství oxidačního činidla pro vyvíjení proudu produktů spalování v podstatě prostých reaktivního oxidačního činidla. V blízkosti vstupu stoupacího potrubí je uspořádáno přiváděcí vstřikovací pásmo pro přivádění uhlíkaté látky do proudu produktů spalování. Stoupací potrubí je uzpůsobeno pro přivádění směsi ze přiváděcího vstřikovacího pásma a obsahuje v podstatě adiabatické pásmo pro odplynění a zplyňování. Oddělovací pásmo přijímá produkty zplyňování ze stoupacího potrubí a rekuperuje jemně rozdělené hořlavé částice z něho pro vyvíjení produktu plynného paliva v podstatě prostého částeček. Ukládací pásmo pevných látek přijímá rekuperované částečky. Převáděcí potrubí fluidizuje a vede částečky z ukládacího pásma do spalovacího pásma. Zplynovač obsahuje dostatečnou zásobu jemně rozdělených hořlavých částeček v ukládacím pásmu a recirkulujících stoupacím potrubím, oddělovací pásmo a přenosové potrubí pro v podstatě plynulý provoz spalování, přiváděcí vstřikovací pásmo a adiabatické pásmo zplynověče. Rekuperované částečky jsou přednostně částečky polokoksu. Zplynovač může také obsahovat vypouštěcí potrubí pro vypouštění uložených pevných látek z ukládacího pásma a/nebo spalovacího pásma.

Ve přednostním provedení zařízení podle vynálezu také obsahuje dopravní spalovač mající směšovací pásmo pro příjem pevných látek z vypouštěcího potrubí z dopravního zplynověče. Dopravní spalovač také obsahuje spalovací stoupací potrubí, oddělovací pásmo a ukládací pásmo. Směšovací pásmo je uzpůsobeno ke smíchávání pevných látek z vypouštěcího potrubí a recirkulovaných pevných látek z ukládacího pásma spalovače se přiváděným

podstechiometrickým množstvím oxidačního činidla a pro vypouštění podstechiometrických produktů spalování do stoupacího potrubí dopravního spalování. Stoupací potrubí dopravního spalování má odstupňovaná místa vstřiku oxidačního činidla pro podstané dokončení spalování v něm. Oddělovací pásmo spalovače je uzpůsobeno pro rekuperaci jemně rozdělených částeček z kouřového plynu ze stoupacího potrubí spalování pro vyvíjení kouřového plynu v podstatě prostého částeček. Ukládací pásmo spalovače obsahuje nádobu, která je uzpůsobena pro přijímání částeček z oddělovacího pásma. Dopravní spalovač může také obsahovat recirkulační potrubí dopravovaných pevných látek pro fluidaci a přenos pevných látek z dopravního ukládacího pásma do dopravního směšovacího pásma, a výpusť popela pro vypouštění popela z dopravního spalovače. Může být použita vnější vyvíjecí smyčka vodní páry obsahující vnější parní generátor a přiváděcí potrubí pevných látek pro recirkulaci pevných látek z ukládacího pásma spalovače, přes parní generátor a zpět do dopravního spalovače. V ukládací nádobě spalovače jsou případně uloženy parní ohřívací trubkové závity.

Přehled obrázků na výkresech

Na jediném obrázku výkresů je znázorněno schema dopravního zplynovače podle předloženého vynálezu v kombinaci se přednostním provedením dopravního spalovače.

Příklady provedení vynálezu

Přiváděním uhlíkaté suroviny obsahující těkavé látky, například uhlí, do zplynovacího pásma dopravního zplynovače a zamezením vstupu přiváděné suroviny do spalovacího pásma může být proces zplynování zásobován palivem spíše hořením recirkulovaného polokoksu než hořením těkavých látek. Tímto způsobem mohou být těkavé látky zachovány pro zvyšování výhřevnosti vyvíjeného plynného paliva.

Přistoupíme k vysvětlení obrázku na výkresu. Zplynovač 100 podle předloženého vynálezu pracující v dopravním hydrodynamickém režimu může být použit samotný nebo přednostně v kombinaci s dopravním spalovačem 200 k vytvoření hybridního reaktoru, který je mnohem účinnější, má menší objem vzhledem k výkonu a vyvíjí plynné palivo mající obecně zvýšenou výhřevnost. Předložený dopravní zplynovač 100 je zvláště výhodný

pro zplynování uhlí nebo jiných uhlíkatých surovin ve výrobě elektřiny a může být také použit ve sdružených procesech, například zplynování surovin pro výrobu syntetického plynu v syntéze metanolu a/nebo čpavku či podobně.

Jak je patrno z obrázku, dopravní zplynovač 100 obsahuje stoupací potrubí 102 uspořádané nad spalovacím pásmem 104. Polokoks je spalován ve spalovacím pásmu 104 při přivádění podstechiometrického množství oxidačního činidla potrubím 138 pro vytváření vysoce rychlého proudu vysoce teplých produktů spalování, které jsou v podstatě prosté nezreagovaného oxidačního činidla. V blízkosti vstupu 108 stoupacího potrubí 102 je uspořádáno vstřikovací pásmo 106 pevných látek ke v podstatě adiabatickému reakčnímu pásmu 110. Ve vstřikovacím pásmu 106 se přivádí látka potrubím 112 do vysoce rychlého proudu. Přiváděná látka obsahuje uhlíkatý materiál a případně sorbens síry. Příklady vhodných uhlíkatých materiálů jsou uhlí, olej z břidlic, koks, dehet, asfalt, polymerové materiály jako termoplasty a kaučuk, kal z těžkých uhlovodíků a spodní produkty z rafinerií ropy a petrochemických továren a podobně. Příklady vhodných sorbens síry jsou vápenec a dolomit.

V tomto popisu se uhlí uvádí jako příklad, kterým nejsou uhlíkaté materiály nijak omezeny. Podobně je uveden vápenec jako neomezující příklad sorbens síry.

Jak je v oboru známo, přiváděná uhlíkatá surovina a sorbens síry mohou být připraveny obvyklými prostředky pro usnadnění použití v popisovaném dopravním zplynovači 100. Pro přivádění surového uhlí a vápence mohou být pevné látky usušeny, je-li třeba, a přeměněny na prach mlecími jednotkami, například jedním nebo několika paralelními rotorovými mlýny, které nejsou znázorněny. Ve předloženém vynálezu má uhlíkatá látka a sorbens síry přednostně střední velikost částeček od 50 do 200 /um. Práškové uhlí může být usušeno na povrchovou úroveň vlhkosti řádově 3%, přednostně bočním proudem horkého sání pro usnadnění zacházení s jemným prachem. Uhlíkaté přiváděné látky, které jsou za obvyklých podmínek kapalné, mohou být přiváděny přímo, nebo je-li žádáno smíchány s vodou nebo jako kaše s jinými pevnými látkami.

Vhodně připravená přiváděná pevná látka se smíchá ve vhodných poměrech a manipuluje použitím obvyklého uložení v násypce

a v neznázorněném manipulačním systému. Pro udržení dostatečného přebytku kapacity absorpce síry ve zplynovači 100 může být molární poměr vápníku ku síře ve přiváděné směsi uhlí a vápence rovný od 1 do 2.

Do vysoce rychlého proudu se případně, avšak přednostně, ve směru po proudu od spalovacího pásma 104 přivádí potrubím 114 vodní pára. Hmotnostní poměr vodní páry ku uhlíku přiváděnému potrubím 112 je typicky rovný od 0,1 do 1, přednostně od 0,3 do 0,5.

Přiváděná směs je ohřívána produkty spalování ze spalovacího pásma 104 a vedena při redukčních podmínkách obecně adiabatickým reakčním pásmem 110, kde probíhají některé zplynovací procesy. Těkavé uhlovodíky přítomné ve přiváděném uhlí se vypaří. Vlivem zvýšené provozní teploty jsou těkavé uhlovodíky vyšší molekulární hmotnosti krakovány na uhlovodíky nižší molekulární hmotnosti jako je metan a etan. Odplyněné částečky uhlíku (polokoks) jsou zplynovány reakcí s vodní parou pro vyvinutí produktů zplynování obsahujících předně vodík (H_2) a oxid uhelnatý (CO). Přídavně je vypálen vápenec. Síra uvolněná z uhlí reaguje s plynnými produkty ze zplynovače ke primárnímu vyvíjení sirovodíku H_2S a také karbonylsulfidu (COS). Alespoň část těchto sloučenin síry je absorbována na částečkách vápence k vytvoření sirníku vápenatého (CaS). Protože krakované uhlovodíky nejsou spotřebovány reakcí spalování, jsou koncentrace metanu a etanu ve produktech zplynování opouštějících reakční pásmo 110 zvýšeny ve srovnání s procesy dosavadního stavu techniky.

Produkty zplynování jsou ze stoupacího potrubí 102 vedeny do oddělovacího pásma 116, kde jsou částečky obsahující popel, sorbens a polokoks rekuperovány z produktů zplynování, takže se získá palivo nebo syntetický plyn v podstatě prostý částeček, obvykle při účinnosti oddělování 99% i více. Oddělovací pásmo 116 přednostně obsahuje jeden nebo více vysoce účinných cyklonových oddělovacích stupňů. Částečky obsahující plyn ze stoupacího potrubí 102 se nejdříve vede do prvního cyklonu 118 potrubím 120 a potom do druhého cyklonu 122 potrubím 124.

Plynný produkt vystupuje ze druhého cyklonu 122 potrubím 140 pro další zpracování, je-li žádáno, před použitím například v neznázorněném okruhu výroby energie. V závislosti na stupni použití vápence může také plynné palivo obsahovat proměnlivou

koncentraci sirovodíku H_2S. Zpracování ve směru po proudu může zahrnovat rekuperaci tepla, odloučení síry a odstranění stopových částeček použitím vhodného neznázorněného oddělovacího přístroje. Příklady přídavných oddělovacích přístrojů jsou cyklony, keramické filtry, inerční oddělovače, elektrostatické usazovací přístroje a podobně.

Částečky oddělené od produktů zplynovače v prvním cyklonu 118 a ve druhém cyklonu 122 jsou vedeny odbočkami 126 popřípadě 128 do ukládacího pásma 130 pevných látek obsahujícího například ukazatel 132 stavu. Z ukazatele 132 stavu je první podíl rekuperovaných částeček recirkulován do stoupacího potrubí 102 potrubím 134 ke spalovacímu pásmu 104. Množství hmoty proudu recirkulovaných částeček ke spalovacímu pásmu 104 v potrubí 134 je přednostně rovno 10 až 250-násobku množství hmoty proudu ke vstřikovacímu pásmu 106 v potrubí 112.

Do spalovacího pásma 104 je také zaveden kyslík potrubím 138. Kyslík je obecně přiváděn ve množství vhodném k řízení teploty spalovacího pásma 104 a stoupacího potrubí 102 a může obsahovat vzduch, vzduch obohacený kyslíkem, směsi kyslíku a inertního plynu jako dusíku nebo argonu, čistý kyslík a podobně. Molární poměr kyslíku k uhlíku v recirkulovaných částečkách se udržuje na podstechiometrickém poměru pro podporu vyvíjení oxidu uhelnatého CO oproti oxidu uhličitému CO_2 ve spalovacím pásmu 104. Množství kyslíku přiváděné do spalovacího pásma 104 je obvykle menší než 5% stechiometrického množství kyslíku nutného pro úplné spalování všeho uhlíku přiváděného do spalovacího pásma 104.

Částečky obsahující popel, sorbens a polokoks rekuperované z produktů zplynování jsou vypouštěny potrubím 142 pro další neznázorněnou rekuperaci tepla a zpracování, je-li žádáno, před odvedením do odpadu. Inertní větrací plyn prostý kyslíku obsahující planné palivo, dusík nebo podobně se vede do ukazatele 132 stavu v potrubí 148 a jak je žádáno do jiných neznázorněných potrubí přenosu pevných látek. Plyn odváděný z ukazatele 132 stavu se vede potrubím 150 , cyklonovým oddělovačem 152 a potrubím 154 do potrubí 140 plynného produktu. Pevné látky oddělené z plynu v oddělovači 152 se odbočkou 156 vracejí k ukazateli 132 stavu.

V závislosti na navrženém provozním tlaku pracuje zplanovač podle předloženého vynálezu při teplotě vhodné pro podporu

reakce zplynování. Jak je v oboru známo, vysoce rychlé produkty spalování indukují rychlý vnitřní recirkulační tok pevných látek ve stoupacím potrubí 102, který působí jako tepelný setrvačník pro účinný přenos tepla ze spalovacího pásma 104, kde se částečky ohřívají exotermickou reakcí spalování, do reakčního pásma 110, kde horké částečky ze spalovacího pásma přivádějí teplo pro endotermické odplynění a zplynování, které probíhá v reakčním pásmu 110.

Zplynování může typicky začít při tak nízké teplotě jako 788°C. Zplynovač pracuje přednostně v rozsahu teplot asi od 840°C do 930°C, přičemž žádoucí jsou vyšší teploty, avšak ne tak vysoké, aby se tavil popel. Rozsah provozních teplot je obecně řízen rychlostí recirkulace polokoksu, případně odváděním tepla z polokoksu v ukládacím pásmu 130 a přiváděním oxidačního činidla do spalovacího pásma 104, způsobem analogickým k operaci FCC. Dopravní reaktor je obvykle navržen tak, aby pracoval při zvýšeném tlaku až do asi 4,0 MPa pro zvýšení výstupu tepla na jednotku plochy příčného průřezu reaktoru a zvýšení výstupu energie v následujícím energetickém cyklu.

V hybridním reaktoru obsahujícím spalovač 200 v kombinaci s pneumatickým dopravním zplynovačem 100 je přeměna ve zplynovači 100 přednostně 50 až 80% a druhý podíl rekuperovaných částeček obsahující nezplyněný polokoks a vápenec se přivádí z ukládacího pásma 130 potrubím 143 do spalovače, kde se spaluje zbytkový polokoks pro rekuperaci tepla. Ačkoliv může být použit jakýkoli spalovač vhodný pro spalování polokoksu, zbytkový polokoks a absorbens se přednostně přivádí do dopravního spalovače 200. Ve spalovači 200 se spaluje nepřeměněný polokoks pro dokončení uvolnění chemické energie. Tato energie může být potom odvedena pro výrobu vodní páry a následující odstranění částeček, spaliny (kouřový plyn) může expandovat obvyklými prostředky pro zásobování generátoru energií.

Jak je patrno z obrázku, přednostní dopravní spalovač 200 obsahuje dopravní spalovací stoupací potrubí 202 a směšovací pásmo 204. Polokoks přiváděný potrubím 143 se přidává ke proudu recirkulujících pevných látek ve směšovacím pásmu 204 a smíchává se s oxidačním činidlem přiváděným do směšovacího pásma 204 potrubím 208 pro částečné spalování. Oxidační činidlo může být

kyslík, vzduch nebo vzduch obohacený kyslíkem nebo podobně. Je-li žádáno, může se do směšovacího pásma 204 také přivádět přídavný vápenec, což není znázorněno. Směšovací pásmo 204 má přednostně větší průměr než dopravní stoupací potrubí 202 pro zvětšení styku plynu a pevných látek ve směšovacím pásmu 204.

V dopravním spalovacím stoupacím potrubí 202 se spaluje polokoks s oxidačním činidlem pro vyvíjení vysoce teplých produktů spalování a odstraňuje se síra vápencovým sorbens jako síran vápenatý $CaSO_4$ a/nebo sirník vápenatý CaS, který se dále oxiduje na síran vápenatý $CaSO_4$. Spalování polokoksu a absorpce oxidu siřičitého SO_2 jsou v podstatě úplné, >99%. Ve přednostním uspořádání se polokoks spaluje v jednom nebo několika stupních 206a, 206b při použití odstupňovaného přivádění kyslíku k omezení vyvíjení NO_x, jak je v podstatě popsáno v patentovém spisu Spojených států amerických číslo 4,579,070, jehož autoři jsou Lin a spol., přednostně při zvýšeném tlaku. Produkty podstechiometrického spalování proudí ze směšovacího pásma 204 vysokou rychlostí spalovacími stupni 206a, 206b, kde se potrubím 208a, popřípadě 208b přivádějí přídavná přibližně stechiometrická množství oxidačního činidla pro dokončení reakce spalování.

Produkty spalování proudí ze stoupacího potrubí 202 do oddělovacího pásma 210, kde se jemně rozdělené částečky obsahující popel, sorbens a nespálený polokoks oddělí od produktů spalování, aby se získal kouřový plyn v podstatě prostý částeček, obvykle obsahující méně než 1% hmotnostní částeček. Podobně jako oddělovací pásmo 116 zplynovače také oddělovací pásmo 210 spalovače přednostně obsahuje jeden nebo několik vysoce účinných cyklonových oddělovacích stupňů. Produkty spalování ze stoupacího potrubí 202 se vedou potrubím 214 do prvního cyklonu 212 a potom potrubím 218 do druhého cyklonu 216. Oddělené částečky v cyklonech 212,216 proudí příslušnými odbočkami 220, 222 do ukládacího pásma 224 pevných látek obsahujícího sběrnou nádobu 226 pro recyklování k dopravnímu spalovacímu stoupacímu potrubí 202. Typicky může být množství pevných látek v recirkulaci rovné 50 až 750-násobku množství hmoty proudu látky v potrubí 143, obvykle asi 200-násobku.

Popel shromažďovaný na dnu stoupacího potrubí 202 a/nebo

sběrné nádoby 226 se odtud odvádí výpustí 232 pro další získání tepla, což není znázorněno, a zavedení do odpadu. Kouřový plyn v podstatě prostý částeček se ze druhého cyklonu 216 odvádí potrubím 234 pro odvádění tepla v energetickém cyklu, což není znázorněno. Plyn odváděný ze sběrné nádoby 226 se vede potrubím 252 do cyklonových oddělovačů 254 a 256 zapojených v řadě a do potrubí 234 kouřového plynu. Pevné látky rekuperované v oddělovačích 254 a 256 se odbočkou 258 popřípadě 260 vracejí do sběrné nádoby 226.

Provoz dopravního spalovače 200 vyžaduje použití zařízení pro odvádění tepla pro vyloučení nadměrné provozní teploty ve stoupacím potrubí 202. To se typicky provádí chlazením recirkulujícího proudu pevných látek, přednostně v jednom nebo několika vnějších boilerech 236 bajonetového typu pro vyvíjení vodní páry. Řízení teploty je také usnadněno, protože množství napájecí vody boilerů 236 může být měněno pro získání žádaného stupně chlazení a boilery 236 mohou být zapínány nebo vypínány v závislosti na celkových provozních podmínkách. Pevné látky se do boilerů 236 přivádějí potrubím 238 pro výměnu tepla s vodou přiváděnou neznázorněnými vnitřními trubkami. Pevné látky se z boilerů 236 odvádějí potrubím 240 zpět do sběrné nádoby 226, nebo je-li žádáno, potrubí 240 může být zavedeno přímo do směšovacího pásma 204. Horké pevné látky se také přednostně chladí ve sběrné nádobě 226 výměnou tepla s vodní parou nebo s vodou přiváděnou do boilerů protékající trubkovými závity 228 uloženými ve sběrné nádobě 226 pevných látek. Takto vyvíjená přehřátá pára může být využita v energetickém cyklu.

Ochlazené částečky jsou recirkulovány do směšovacího pásma 204 potrubím 230 pro zamíchání do vnitřního proudu recirkulace. Nastavením vhodného recirkulovaného množství pevných látek, obvykle od 100 do 750-násobku množství hmoty proudu, obvykle 200 až 250-násobku, může být teplota v dopravním spalovacím stoupacím potrubí 202 řízena v rozsahu asi od 815°C do 925°C. Recirkulované množství může být nastaveno obvyklými prostředky, jako je zvýšení hladiny pevných látek v ukládacím pásmu 224, nebo změnou množství fluidizačního plynu, přednostně vzduchu přiváděného potrubím 250 a do neznázorněných potrubí přenosu pevných látek. Uvnitř mezí může být pokles teploty pevných látek

nastaven na jakoukoli žádanou hodnotu. Obecně je pokles teploty (ΔT) pevných látek asi mezi 25°C a 85°C.

Ve zplynovači 100 podle předloženého vynálezu počáteční podmínky návrhu proudu nastavují vzájemné výšky rozličných součástí nádob navrhovanou rovnováhu tlaků. Během provozu mohou být proudy pevných látek nastaveny udáním výšek pevných látek v zařízení použitím neznázorněných zátkových ventilů a obecněji neznázorněného větracího plynu pro fluidizaci pevných látek a působení změn hustoty, podobně ke způsobu provozu jednotek FCC. Větrací plyn může být vzduch, recirkulovaný kouřový plyn, dusík nebo podobně. Je třeba dbát na to, aby nebyl použit vzduch nebo jiné plyny obsahující kyslík pro fluidizaci hořlavých pevných látek pro zamezení vzniku výbušných směsí, jak je dobře známo, avšak pevné látky recirkulované v dopravním spalovači 200 jsou obecně prosté uhlíku a tedy nejsou hořlavé.

Ve přednostním provedení hybridního reaktoru podle předloženého vynálezu sorbens sloučené se sírou, to je sirník vápenatý CaS vyvíjený vy zplynovači 100, je ve spalovači 200 oxidován na síran vápenatý $CaSO_4$, jak je popsáno v souběžné přihlášce vynálezu Spojených států amerických Ser. No. stejného data, jejímiž původci jsou G. Henningsen, S. Katta, G.K. Mathur a W.M. Campbell, o názvu "Coal Gasification and Sulfur Removal Process". Stručně řečeno, síra, která není absorbována in situ ve zplynovači 100, je rekuperována v místě po proudu z plynného produktu použitím neznázorněného kovového sorbens, uvolněna do regeneračního plynu kovového sorbens a směrována do spalovače 200 s přiváděním oxidačního činidla do spalovače. Surový plynný produkt v potrubí 140 obsahující sirníky může být zbaven síry v místě po proudu použitím rozličných procesů zahrnujících "studenou" nebo "mokrou" chemickou absorpci. Nicméně, surový plyn obsahující sirovodík H_2S, se přednostně zbaví síry za horka absorpcí na kovovém sorbens v jednom nebo několika neznázorněných reaktorech, což mohou být reaktory s pevným ložem, s fluidním ložem, s pohyblivým ložem, s bublajícím ložem, s turbulentním ložem, dopravní nebo jiné reaktory. Typicky se používají tři reaktory s pevným ložem, takže dva reaktory jsou provozovány v serii zatímco třetí reaktor regeneruje. Se třemi reaktory může být prováděn regenerační

modus při optimálních podmínkách absorpce síry pro reaktory s ložem absorbens i pro spalovač 200, to znamená s plynulým přiváděním síry do spalovače 200. Navržený základ je přednostně menší než 30 ppm sirovodíku ve plynném produktu zbaveném síry. Kovové sorbens přednostně je sorbens na bazi oxidu zinečnatého. Během regenerace kovového sorbens jsou absorbované sirníky oxidovány a oddestilovány použitím směsi vzduchu a vodní páry. Tento regenerovaný výstupní plyn může být kombinován se přiváděným oxidačním činidlem spalovače v potrubích 208, 208a a/nebo 208b, nebo se přiváděným oxidačním činidlem do zplynovače potrubím 138.

Plynný produkt v potrubí 140 může být využit v neznázorněném energetickém cyklu při použití obvyklého zařízení a techniky. Energetický cyklus může obsahovat turbiny na plynné palivo ze zplynovače 100, turbiny napájené rozpínajícím se stlačeným kouřovým plynem, parní turbiny, kde pára se vyvíjí rekuperací tepla z kouřového plynu a/nebo recirkulací pevných látek ve spalovači 200 nebo podobně.

Předložený vynález je dále podrobněji vysvětlen v následujících příkladech provedení.

Příklad

Dopravní zplynovač podle předloženého vynálezu podobný zplynovači 100 znázorněnému na obrázku je použit ke zplynování přiváděného žírného uhlí. Vstup pro přívod uhlí je umístěn ve výšce nad spalovacím pásmem pro zachycení těkavých složek. Přibližné složení uhlí je v tabulce 1.

Tabulka 1

Složka	% hmotnostní
Popel	8-12
Vlhkost	5-6
Těkavé látky	37-41
Uhlík	45-46
Prvek	
C	65-66
H	4-5
S	1-3
N	1-2
O	8-15

Základ pro provoz zplynovače je dán v tabulce 2.

Tabulka 2

Látka	Průtok kg/h
Přiváděné uhlí	1800
Přiváděný vápenec	350
Vstupující vzduch	6500
Vodní pára	640
Rekuperované pevné látky	90000
Plynné palivo	8000
Pevný odpad	500

Rozložení výstupu zplynovače je dáno v tabulce 3.

Tabulka 3

Krok procesu	Výstup kg/h	
	Příklad	Srovnávací příklad
Zplynování vodní páry	100	452
Odplynění	353	-
Podstechiometrické spalování	679	679

Srovnávací příklad

Zplynovač KRW Energy Systems s fluidizovaným ložem (bublajícím ložem) podle dosavadního stavu techniky s přiváděním uhlí u dna bublajícího lože je provozován podobně jako dopravní zplynovač 100 podle předloženého vynálezu, jehož údaje jsou ve výše uvedeném příkladu. Srovnání rozložení výstupu zplynovače s fluidizovaným ložem neobsahuje žádnou složku odpovídající odplynění, viz tabulku 3. Navíc, při stejném průchozím množství uhlí je reaktor s bublajícím ložem podstatně větší, nebo je třeba více reaktorů. Dopravní zplynovač podle předloženého vynálezu je tedy značně hospodárnější. Výhřevnost výsledného plynného paliva z bublajícího lože je také obecně nižší než výhřevnost plynného paliva vyvíjeného dopravním zplynovačem podle předloženého vynálezu.

Dopravní zplynovač podle předloženého vynálezu a způsob jeho provozu byly vysvětleny ve předešlém popisu a ve příkladech, které nikterak neomezují rozsah vynálezu. Odborníkovi školenému v oboru bude zřejmé, že je možné provést řadu obměn, aniž by se vybočilo z rámce myšlenky vynálezu vymezené připojenými patentovými nároky.

1664-94

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob zplynování uhlíkaté látky, vyznačující se tím, že obsahuje kroky:
(a) zavedení uhlíkaté suroviny do proudu produktů podstechiometrického spalování,
(b) vedení výsledné směsi z kroku (a) v podstatě adiabatickým stoupacím potrubím při dopravních podmínkách odplynění a zplynování látky,
(c) rekuperaci jemně rozdělených částeček z produktů zplynování z kroku (b) pro získání plynného paliva v podstatě prostého částeček a
(d) přivedení prvního podílu rekuperovaných částeček a podstechiometrického množství reaktivního kyslíku do spalovacího pásma pro vytvoření proudu produktů spalování pro zaváděcí krok (a).

2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že uhlíkatá látka obsahuje olej z břidlic, dehet, asfalt, termoplasty, kaučuk nebo kal z těžkých uhlovodíků nebo spodní produkty destilace.

3. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že uhlíkatá látka obsahuje uhlí.

4. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že uhlíkatá látka obsahuje síru a zavedená surovina ve kroku (a) obsahuje sorbens síry.

5. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že se částečky přivádějí do spalovacího pásma ve kroku (d) ve množství od 10 do 250-násobku množství hmoty proudu suroviny přiváděné ve kroku (a).

6. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že se do spalovacího pásma přivádí vzduch ve množství odpovídajícím zmíněnému podstechiometrickému množství kyslíku ve kdoku (d).

7. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že se do spalovacího pásma přivádí ve kroku (d) reaktivní kyslík ve množství menším než 5% stechiometrických vzhledem k uhlíku v částečkách přiváděných do spalovacího pásma.

8. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že se přivádí druhý podíl rekuperovaných částeček do druhého spalovacího pásma a ze sekundárních spalovacích produktů se odvádí teplo.

9. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že rekuperované částečky obsahují polokoks a sorbens síry.

10. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že rekuperované částečky jsou v podstatě inertní částečky, na kterých je uložen uhlík.

11. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje přivádění vodní páry do produktů podstechiometrického spalování pro zplynování látky v její přítomnosti ve kroku (b).

12. Způsob zplynování uhlí, vyznačující se tím, že zahrnuje kroky:

(a) zavedení částeček uhlí a sorbens síry, případně s vodní parou, do produktů podstechiometrického spalování obsahujících oxid uhelnatý a v podstatě prostých molekulárního kyslíku,

(b) vedení výsledné směsi z kroku (a) v podstatě adiabatickým stoupacím potrubím ve proudu o velké rychlosti při dopravních podmínkách pro odplynění a zplynování částeček uhlíku pro vytvoření zbytkových částeček polokoksu a pro absorbování sloučenin síry na částečkách sorbens,

(c) rekuperaci částeček polokoksu a sorbens z produktů zplynování ze kroku (b) pro získání plynného paliva v podstatě prostého částeček,

(d) přivádění kyslíku a prvního podílu částeček rekuperovaného polokoksu a sorbens do pásma podstechiometrického spalování, kde první podíl rekuperovaných částeček obsahuje 10 až 250-násobek množství hmoty proudu přiváděné suroviny, a kde se kyslík přivádí ve množství menším než 5% stechiometrických vzhledem k prvnímu podílu částeček polokoksu.

13. Způsob podle nároku 12, vyznačující se tím, že obsahuje další kroky:

(e) přivádění druhého podílu rekuperovaných částeček polokoksu a sorbens z kroku (c) do směšovacího pásma dopravního spalovače zásobovaného rekuperovanými částečkami a podstechiometrickým zdrojem kyslíku,

(f) vedení směsi z kroku (a) stoupacím potrubím dopravního spalovače a přivádění přídavného kyslíku v jednom nebo několika stupních do stoupacího potrubí dopravního spalovače pro v podstatě úplné spalování v něm,

(g) rekuperaci jemně rozdělených částeček produktů spalování ze kroku (f) pro získání kouřového plynu v podstatě prostého částeček,

(h) recirkulaci částeček rekuperovaných z produktů dopravního spalování ve kroku (g) do směšovacího pásma ve kroku (e),
(i) rekuperaci tepla z kouřového plynu a
(j) rekuperaci tepla z částeček rekuperovaných z produktů dopravního spalování ve kroku (g).

14. Způsob podle nároku 13, vyznačující se tím, že dále obsahuje kroky:
(k) uložení částeček rekuperovaných ve kroku (g) ve sběrné nádobě,
(l) rekuperaci tepla ze vnějšího výměníku tepla, kterým částečky ze sběrné nádoby obíhají v řiditelném množství.

15. Způsob podle nároku 14, vyznačující se tím, že dále obsahuje krok:
(m) rekuperaci tepla ze trubkových závitů uložených ve sběrné nádobě.

16. Zařízení pro zplynování uhlíkaté látky vyznačující se tím, že obsahuje dopravní zplynovač obsahující spalovací pásmo uzpůsobené pro spalování částeček obsahujících polokoks při přivádění podstechiometrického množství oxidačního činidla pro vyvíjení proudu produktů spalování v podstatě prostých reaktivního oxidačního činidla, přiváděcí vstřikovací pásmo přilehlé ke vstupu stoupacího potrubí uzpůsobené ke plynulému přivádění uhlíkaté suroviny do proudu produktů spalování pro vytváření směsi přiváděné suroviny a produktů spalování, stoupací potrubí uzpůsobené pro přivádění směsi ze přiváděcího vstřikovacího pásma, kteréžto stoupací potrubí obsahuje v podstatě adiabatické pásmo pro odplynění a zplynování, oddělovací pásmo pro přivádění produktů zplynování ze stoupacího potrubí a rekuperaci jemně rozdělených částeček z něho pro vyvíjení plynného produktu v podstatě prostého částeček, pásmo ukládání pevných látek pro přivádění rekuperovaných částeček obsahujících polokoks, přenášecí potrubí pro dopravu částeček z ukládacího pásma do spalovacího pásma a ukládání částeček obsahujících polokoks v pásmu ukládání pevných látek a rekuperaci stoupacím potrubím, oddělovacím pásmem a dopravním potrubím ve množství dostatečném pro zachování v podstatě plynulého provozu spalování, přiváděcí vstřikovací pásmo a adiabatické pásmo.

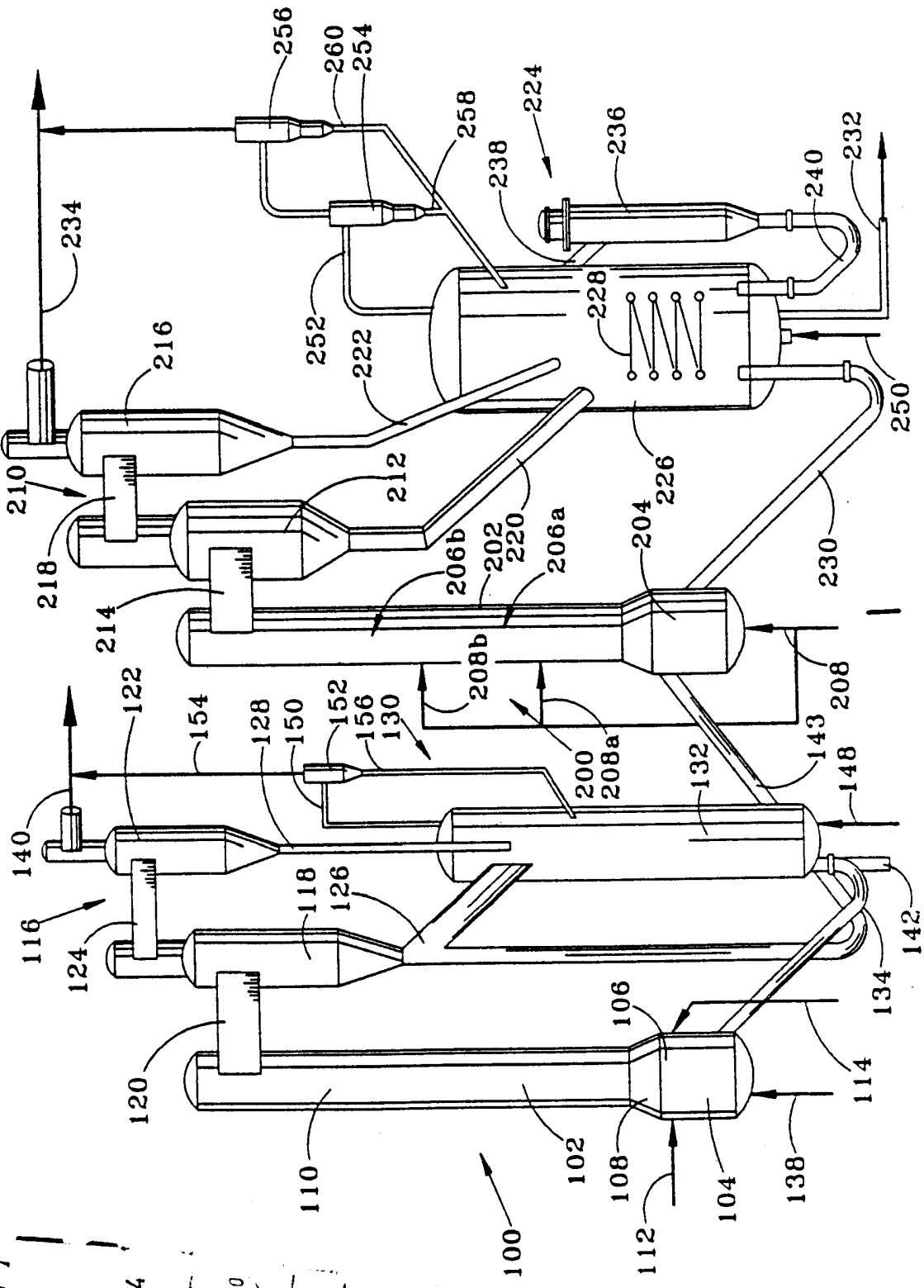
17. Zařízení podle nároku 16, vyznačující se tím, že dále obsahuje vypouštěcí potrubí zplynovače pro přenos pevných látek z ukládacího pásma zplynovače do dopravního spalovače, kde dopravní spalovač obsahuje směšovací pásmo, stoupací potrubí dopravního spalovače, oddělovací pásmo a ukládací pásmo, kde směšovací pásmo spalovače je uzpůsobeno ke směšování pevných látek přiváděných z vypouštěcího potrubí zplynovače a rekuperovaných pevných látek z ukládacího pásma spalovače s přiváděním podstechiometrického množství kyslíku, kde stoupací potrubí dopravního spalovače je uzpůsobeno pro přivádění směsi ze směšovacího pásma a má odstupňované body vstřiku oxidačního činidla pro podstatné dokončení spalování v nich, kde oddělovací pásmo je uzpůsobeno pro oddělování unášených částeček z kouřového plynu ze stoupacího potrubí dopravního spalovače pro vyvíjení kouřového plynu v podstatě prostého částeček, kde ukládací pásmo spalovače obsahuje sběrnou nádobu uzpůsobenou k ukládání částeček z oddělovacího pásma spalovače, výměník tepla uzpůsobený pro přenos tepla z ukládacího pásma spalovače, rekuperační potrubí pevných látek pro přenášení pevných látek z ukládacího pásma spalovače do směšovacího pásma a odpadní výpusť popela pro vypouštění popela z dopravního spalovače.

18. Zařízení podle nároku 17, vyznačující se tím, že obsahuje vnější okruh vyvíjení vodní páry obsahující vnější parní generátor a přiváděcí potrubí pevné látky pro recirkulaci pevných látek z ukládacího zásobníku přes parní generátor a zpět do dopravního spalovače.

19. Zařízení podle nároku 18, vyznačující se tím, že obsahuje vnitřní parní ohřívací trubkové závity uložené v ukládacím pásmu spalovače.

Zastupuje:

1664-94



č.j.
3 6 8 9 7
DOŠLO
11 VII 94
ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ
PŘÍL.