PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:
2001 - 1060

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.[7]:
C 03 B 5/04
C 03 B 5/16
C 03 B 5/225

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **22.03.2001**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **23.03.2000**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000/534905**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.11.2001**
(Věstník č. 11/2001)

(71) Přihlašovatel:
AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.,
Allentown, PA, US;

(72) Původce:
Hoke Bryan Clair Jr., Bethlehem, PA, US;
Lievre Kevin Alan, Allentown, PA, US;
Slavejkov Aleksandar Georgi, Allentown, PA, US;
Inskip Julian Leonard, Wrenbury, GB;
Marchiando Robert Dean, Twinsburg, OH, US;
Eng Robert Michael, Irvine, CA, US;

(74) Zástupce:
Guttmann Michal JUDr. Ing., Nad Štolou 12, Praha 7,
17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob tavení skla se spalováním paliva s kyslíkem nad tavicí zónou a spalováním paliva se vzduchem nad čeřicí zónou a pec pro jeho provádění

(57) Anotace:

Způsob tavení skla ve sklářské peci se provádí tak, že většina energie nad tavicí zónou se získává spalováním paliva s kyslíkem, zatímco většina energie nad čeřicí zónou pece se získává spalováním paliva se vzduchem. Je výhodné, když se více než 70 % až 100 % energie nad tavicí zónou přivádí spalováním paliva s kyslíkem, a více než 70 % až 100 % energie nad čeřicí zónou spalováním paliva se vzduchem.

CZ 2001 - 1060 A3

PV 2001-1060
05.06.01

Způsob tavení skla se spalováním paliva s kyslíkem nad tavicí zónou a spalováním paliva se vzduchem nad čeřicí zónou a pec pro jeho provádění

Oblast techniky

Předložený vynález se týká způsobu a pece pro tavení sklotvorných materiálů.

Dosavadní stav techniky

V typické peci pro tavení skla, či sklářské tavící vaně, jak je obvykle nazývána, jsou surové sklotvorné materiály, zvané vsázka, zaváženy do tavící zóny pece. Sklářské pece jsou provozovány kontinuálně, takže v tavící zóně se nachází lázeň roztaveného skla, zvaná tavenina, na které je umístěn surový materiál. Roztavené sklo a neroztavená vsázka tvoří celkovou vsázku. Surová vsázka může být zavážena do sklářské pece některým ze známých mechanických zavážecích zařízení. V podstatě plave vsázkový materiál na povrchu roztavené lázně a vytváří zpola ponořenou vrstvu obsahující neroztavené pevné látky zvané vrchní vrstva vsázky. Vrchní vrstva se někdy rozpadá a tvoří oddělené sloupce nebo ostrovy vsázky (také zvané kry). V této přihlášce se jako tavící zóna definuje část pece, obsahující významné množství neroztavené pevné vsázky plovoucí na povrchu lázně roztaveného skla.

Sklářská pec zpravidla sestává z tavící zóny a čeřicí zóny. V této přihlášce je čeřicí zóna definována jako úsek pece neobsahující významné množství neroztavené pevné vsázky plovoucí na povrchu lázně roztaveného skla. Na povrchu lázně roztaveného skla v čeřicí zóně může být přítomna pěna nebo struska, nebo v ní může být povrch lázně skla čistý, takzvaný "zrcadlový povrch". V čeřicí zóně se sklo homogenizuje a odstraňují se vady, jako bublinky nebo "zárodečné krystaly". Sklo se z čeřicí zóny odtahuje

kontinuálně. Tavící zóna a čeřicí zóna sklářské pece mohou být v jediné komoře, nebo může sklářská pec sestávat ze dvou nebo více spojených různých komor.

Sklo se odedávna taví v pecích vytápěných palivem se vzduchem, přičemž hořáky hoří přímo nad roztaveným sklem a spaliny se odtahují přes teplosměnné zařízení pro zlepšení celkové účinnosti pece, čímž se snižuje spotřeba paliva. Rekuperátory a regenerátory jsou teplosměnná zařízení běžně používaná ve sklářství. Rekuperátor je zpravidla tepelný kovový výměník plášťově-trubkového typu, který nepřímo ohřívá spalovací vzduch teplem odebraným ze spalných plynů. V případě regenerátorů spaliny procházejí skrze regenerátory a předávají své teplo kanálové výplni či jinému médiu pro akumulaci tepla v regenerátoru. Kanálová výplň je zpravidla vytvořena z žáruvzdorného materiálu. Regenerátor může být vytvořen jako komora na každé straně pece, jako množství oddělených různých komor připojených k peci, nebo může být zabudován do napájecího vedení hořáku. Ohřátá výplň se používá pro předehřev spalovacího vzduchu, který se spojuje s palivem pro vytváření plamenů v průběhu spalovacího cyklu ohřevu. Teplosměnná zařízení jsou nákladná a někdy omezují životnost pece v důsledku konstrukčních omezení, závad zapříčiněných tepelným namáháním žáruvzdorného materiálu, koroze nebo ucpávání. Někdy se sklo taví tavícím zařízení, kterým je pec bez teplosměnného zařízení pro předehřev vzduchu.

V případě regenerátorů se médium pro akumulaci tepla, tj. kanálové výplně, ucpává kondenzací těkavých látek částic z procesu tavení skla, což má za následek nedostatečný průtok spalovacího vzduchu na vstupu. Proto výrobci skla, pro udržení průtoku vzduchu, kanálové výplně pravidelně čistí. Problém ucpávání je značně horší v případě vstupů spojených s tavicí zónou pece. Nános ve výplni regenerátoru,

05.06.01

který je ve styku s plyny z tavící zóny pece, je často viskózní a obtížně se odstraňuje. Kontrola tvorby nánosu materiálu v kanálové výplni regenerátoru je předmětem patentu US 5 840 093. Nános v kanálových výplních za tavící vanou, které jsou ve styku s plyny z čeřicí zóny, je sušší a práškovitější, takže se snadněji odstraňuje. Protože jsou méně agresivně napadeny, jsou kanálové výplně pro zadní část tavící vany používány v průběhu více než jednoho pracovního cyklu pece.

Před koncem pracovního cyklu pece se někdy stává, že jsou kanálové výplně těžce poškozeny, někdy dokonce zničeny, a není možný dostatečný průtok vzduchu dokonce ani po jejich vyčištění. Tento problém se obvykle projeví v regenerátorové sekci, do níž vstupují plyny tavící zóny pece. V takto „ochromených" pecích spalujících palivo se vzduchem se pro prodloužení životnosti pece používají technologie spalování se zvýšeným obsahem kyslíku. Ačkoliv technologie spalování se zvýšeným obsahem kyslíku nezabrání vzniku problému ucpávání kanálové výplně, představují způsob prodloužení funkce pece, i když někdy za cenu zvýšení provozních nákladů.

Průmyslový kyslík se používá pro podporu spalování ve sklářství již několik desetiletí. Kyslíkem podporované spalování se může realizovat (i) pomocí přídavných kyslíko-palivových hořáků, (ii) obohacením spalovacího vzduchu kyslíkem, nebo (iii) vedmýcháváním kyslíku na vstup hořáku. Přídavné spalování paliva s kyslíkem představuje v praxi instalaci jednoho nebo více kyslíko-palivových hořáků do pece spalující palivo se vzduchem. Obohacení kyslíkem představuje v praxi zavedení kyslíku do spalovacího vzduchu až do úrovně 30 % celkového obsahu kyslíku (tj. obohacení o 9 % kyslíku). Úroveň obohacení kyslíkem je omezena kompatibilitou materiálů vystavených vysoce oxidačnímu

prostředí. Vedmýchávání představuje v praxi vstřikování kyslíku vedmýchávací trubkou do spalovací zóny. Tyto techniky zvyšování obsahu kyslíku se aplikují v pecích s hořáky majícími standardní konstrukci pro spalování paliva se vzduchem. Základní uspořádání pece není třeba pro aplikaci výše uvedených technologií podstatně modifikovat.

Přídavné spalování paliva s kyslíkem aplikované v pecích pro spalování paliva se vzduchem se ukázalo výhodným. Jedna forma přídavného spalování paliva s kyslíkem se obecně nazývá kyslíko-palivový příhřev. Kyslíko-palivový příhřev je technologie, kdy jsou do pece spalující palivo se vzduchem přidány kyslíko-palivové hořáky. Byla navržena dvě umístění kyslíko-palivových hořáků: v blízkosti přehřátého místa nebo v poloze v nulovém bodě. Kyslíko-palivové hořáky zpravidla hoří trvale, i v průběhu obracení cyklu regenerativní pece.

Důvodem pro umístění kyslíko-palivových hořáků do přehřátého místa je posílení přehřátého místa přídavným teplem pro pozitivní ovlivnění konvekčního proudění ve skelné tavenině a, jak je popsáno v několika patentech, pro ovlivnění polohy linie vsázky. Celkový charakter proudění skla je silně ovlivněn vzestupným proudem, a teplotní profil pece je důležitý pro tento vzestupný proud. Také je ovlivněna kvalita skla. To je důvodem, proč výrobci skla řídí a monitorují teplotní profil v peci.

Obdobně kyslíko-palivovému příhřevu v přehřátém místě, US patent 3 592 623 popisuje způsob a pec, kde alespoň část ohřevu pece je realizována kyslíko-palivovým plamenem z polohy za přehřátým místem. Spaliny plamene narážejí na neroztavený sklotvorný materiál (tj. vsázku) a zadržují jej tak v blízkosti vstupního konce tavící vany, dokud se neroztaví. Cílem je řízení polohy neroztaveného materiálu

05.06.01

(linie vsázky) ve sklářské peci. Ostatní ohřev je realizován spalováním paliva se vzduchem, jak je znázorněn na obrázcích v US 3 592 623.

US patent 4 473 388 popisuje proces kyslíko-palivového příhřevu, kde kyslíko-palivové plameny pokrývají v podstatě celou šířku pece a jsou směrovány k linii vsázky.

US patent 5 139 558 popisuje způsob, kde alespoň část ohřevu pece je realizována alespoň jedním plamenem alespoň jednoho kyslíko-palivového hořáku umístěného v klenbě pece, přičemž poloha tohoto hořáku je taková, že špička jeho plamene směřuje přibližně na linii vsázky. Cílem obou způsobů, podle US 3 592 623 i US 5 139 558, je zvýšení rychlosti tavení pevných sklotvorných materiálů a řízení polohy linie vsázky.

Spalování paliva s kyslíkem nad zadní částí vany s roztaveným sklem v regenerativní nebo rekuperativní peci spalující palivo se vzduchem je předmětem US patentu 5 116 399. Předmětem tohoto dokumentu je použití kyslíko-palivového plamene s rychlostí větší než 100 m/s pro odstranění neroztavených sklotvorných materiálů plovoucích na povrchu taveniny v blízkosti výstupu skla, pro zabránění vniknutí neroztavených sklotvorných materiálů do výstupu pece. Je popsáno také použití přídavných kyslíko-palivových hořáků, kombinovaných v konfiguraci pece spalující palivo se vzduchem, s kyslíko-palivovými hořáky pro odstraňování neroztavených sklotvorných materiálů.

V US patentu 5 147 438 je popsán přídavný kyslíko-palivový příhřev regenerativní pece spalující palivo se vzduchem, kde je pomocný kyslíko-palivový hořák ohnutý, zalomený nebo skloněný pro nasměrování jeho plamene proti linii vsázky nebo do blízkosti linie vsázky.

05.06.01

Alternativně poloze v přehřátém místě může být kyslíko-palivový příhřev umístěn na zavážecím konci pece. V peci vytápěné z boku se toto místo obvykle označuje jako poloha v nulovém bodě. Je to prostor mezi stěnou zavážecího konce a prvním vstupem vzduchu a paliva. Důvodem tohoto umístění je vyšší rychlost přestupu tepla z horkého kyslíko-palivového plamene do studené vsázky. Kyslíko-palivový příhřev v nulovém bodě je obvyklou metodou používanou v průmyslu a popisují jej Hope a Schemberg (1997). Tento dokument uvádí, že v důsledku intenzivnějšího radiačního přestupu tepla z kyslíko-palivového plamene do studené vsázky nastává slinování a zeskelnění vsázky dřív, než by bylo možné tavením pouze spalováním paliva se vzduchem. Podíl kyslíko-palivového vytápění v nulovém bodě bývá přibližně až 15 % celkového vytápění a je zpravidla omezen maximální přípustnou teplotou žáruvzdorné vestavby. Použitím kyslíko-palivového příhřevu v nulovém bodě se zvyšuje produkce přibližně o 5 až 10 % za současného dosažení zlepšení kvality skla.

US patent 4 531 960 popisuje kyslíko-palivový příhřev v nulovém bodě, kdy přídavné (pomocné) kyslíko-palivové plameny jsou obklopeny proudem pomocného plynu, přičemž pomocný plyn je s výhodou vzduch, a přičemž pomocný plyn je směrován proti shlukům vsázky (sloupům nebo ostrovům neroztavené vsázky). Jedním z cílů použití pomocného plynu je eliminace použití vodního chlazení kyslíko-palivového hořáku, které bylo společným znakem kyslíko-palivových hořáků před přihlášením tohoto patentu. Odborníkovi znalému problematiky NO_x je zřejmé, že tento postup v praxi vede ke zvýšené tvorbě NO_x, neboť dusík ze vzduchu se mísí s vysokoteplotním kyslíko-palivovým plamenem.

Provádění této kyslíko-palivové technologie bez vytváření velkého množství NO_x vyžaduje zvláštní metody.

05.06.01

Rozšířením postupů s přídavným spalováním paliva s kyslíkem by bylo spojení kyslíko-palivového příhřevu v nulovém bodě a v přehřátém místě, pro získání výhod zlepšeného tavení v tavící zóně a kontroly nad linií vsázky. Tento postup však vyvolává znepokojení pokud jde o sklon k tvorbě NO_x, protože se při něm vyskytuje více horkých kyslíko-palivových plamenů schopných vytvářet NO_x s dusíkem migrujícím ze sekce spalující palivo se vzduchem. Proces využívající jak spalování paliva se vzduchem, tak spalování paliva s kyslíkem v téže peci, aniž by bral v úvahu problém tvorby NO_x, by představoval neúplné řešení.

Pro minimalizaci tvorby NO_x spojené kyslíko-palivovým příhřevem pecí spalujících vzduch existuje ve sklářství obecný trend k přeměně z vytápění palivem s vzduchem na plně kyslíko-palivové vytápění. Tím způsobem je dusík, vytvářející NO_x, jako složka napájení hořáku eliminován. Z hlediska emisí NO_x a jiných emisí je přechod na plně kyslíkové spalování zřejmou volbou, jestliže je požadováno zvýšení použití kyslíku pro spalování, zejména na úroveň vhodnou pro výrobu kyslíku pomocí vlastního zdroje na místě. Na rozdíl od technologií spalování se zvýšeným obsahem kyslíku, pro aplikaci plně kyslíkového spalování paliva musí být provedeny významné modifikace pece. V plně kyslíko-palivových pecích je vzduch pro spalování nahrazen technickým kyslíkem o čistotě zpravidla mezi 90 a 100 %. Teplosměnná zařízení používaná v pecích spalujících palivo se vzduchem, například regenerátory a rekuperátory, se po převedení pece na spalování paliva s kyslíkem zpravidla nepoužívají. Používají se odlišné hořáky a systémy proudění, a celkové uspořádání hořáků a systémů proudění je odlišné od dřívějších konstrukcí pecí spalujících palivo se vzduchem.

Plně kyslíko-palivové vytápění sklářských pecí je popsaná a vyzkoušená technologie. Eleazer a Hoke

05.06.01

v kapitole 7 nazvané Glass, publikace Oxygen-enhanced Combustion, editor Ch.E.Baukal Jr., 1998, str. 215-236, uvádějí 110 konverzí na plně kyslíko-palivové vytápění v severní Americe. Implementace plně kyslíko-palivového spalování do sklářských pecí je předmětem US patentů 5 417 732 a 5 655 464. Některé z uváděných výhod kyslíko-palivového provozu jsou: úspory paliva v důsledku zlepšené účinnosti pece, zvýšení výroby v důsledku zlepšeného přestupu tepla, snížení nákladů na elektřinu náhradou energie elektrického příhřevu energií spalování, prodloužená životnost pece překonáním omezení daného prosazením spalovacího vzduchu, zapříčiněného ucpáváním kanálových výplní nebo nedostatečností rekuperátoru, prodloužená životnost pece náhradou energie elektrického příhřevu energií spalování, čímž se snižuje opotřebení žáruvzdorného materiálu zapříčiněné elektrickým příhřevem, snížení emisí, zejména NO_x, částicového materiálu a oxidu uhličitého, zlepšení kvality skla v důsledku zlepšeného teplotního profilu pece, nižší vypařování, lepší řízení linie vsázky, a snížení investičních nákladů dané omezením nebo eliminací systémů čištění spalin a/nebo systémů pro výměnu tepla.

Nicméně, použití plně kyslíkového spalování není bez problémů či pochyb. Atmosféra vytvářená kyslíko-palivovým vytápěním nad skelnou taveninou je agresivnější vůči žáruvzdorné vestavbě než atmosféra ze spalování paliva se vzduchem. Četné příspěvky na 57th Conference on Glass Problems, 1996, diskutovaly zvýšení koroze žáruvzdorné vestavby následkem kyslíko-palivového vytápění. Proto byly pro pece s kyslíko-palivovým vytápěním navrženy nové konstrukce a nové konstrukční materiály, které jsou však často dražší. Vedle zřejmého vlivu na integritu pece, koroze žáruvzdorného materiálu může být škodlivá pro kvalitu skla, jestliže se zkapalněný žáruvzdorný materiál dostane do skla.

05.06.01

Provozovatelé sklářských pecí spalujících palivo s kyslíkem zjišťují zvýšený výskyt pěny na povrchu skla v porovnání se spalováním paliva se vzduchem. Předpokládá se, že pěna má negativní vliv na přestup tepla a kvalitu skla. Zhoršení přestupu tepla je důsledkem malé tepelné vodivosti pěny. Na problém vytváření pěny a její eliminaci je zaměřen patent US 3 350 185.

Zlepšení přestupu tepla při spalování paliva s kyslíkem je předmětem mezinárodní přihlášky WO 99/31021, která popisuje způsob s kyslíko-palivovými hořáky namontovanými v klenbě a pec pro výrobu rafinovaného skla bez použití regenerátorů nebo rekuperátorů. Tato přihláška popisuje použití spalování paliva s kyslíkem v horní úrovni, s působením na povrch vsázky v tavící zóně pece pro zvýšení přestupu tepla. Tato přihláška popisuje použití alespoň jednoho kyslíko-palivového hořáku namontovaného v klenbě v čeřicí zóně pracujícího v blízkosti svrchního povrchu roztaveného sklotvorného materiálu pro omezení vrstvy pěny na povrchu roztaveného skla a pro podporu rafinace roztaveného skla. Uvádí se, že alespoň jeden kyslíko-palivový hořák v čeřicí zóně zlepšuje kvalitu skla, pohybujícího se kupředu ve formovacím prostoru, odstraňováním povrchových vad, jako například neúplně zreagovaného sklotvorného materiálu nebo nedostatečně promíchaných materiálů na povrchu, podstatným zvýšením povrchové teploty skla, podporováním tavení a promíchávání. Dále, alespoň jeden blíže výstupu umístěný kyslíko-palivový hořák poskytuje bariéru proti pohybu materiálu dopředu, podporuje přirozenou konvekci uvnitř roztaveného skla tím, že vyvolává zpětné proudění teplejšího skla pod surovým sklotvorným materiálem a brání vzdouvání roztaveného skla kupředu, přičemž zlepšuje tavení a zvyšuje teplotu skla v čeřicí zóně. Protože jde o plně kyslíko-palivovou technologiii, emise NO_x podle této přihlášky jsou,

05.06.01

v porovnání s technologií pece spalující palivo se vzduchem, sníženy.

Provoz plně kyslíko-palivové pece závisí na trvalé dostupnosti kyslíku. Četné velké sklářské pece spalující palivo s kyslíkem jsou napájeny kyslíkem z vlastního zdroje na místě, vyráběným pomocí známé kryogenické destilace nebo adsorpcí se střídavým tlakem. Jediným obvyklým způsobem zálohování vlastního zdroje kyslíku na místě je v současné době udržování skladové zásoby kapalného kyslíku na tomto místě. Jestliže vlastní zdroj kyslíku je mimo provoz, ať již v důsledku provozního problému nebo běžné údržby, dodává se pro spalování paliva kyslík ze skladové zásoby. Tento způsob zálohování vlastního zdroje kyslíku na místě vyžaduje velké izolované nádrže pro skladování kyslíku v kapalné formě a výparníky pro přeměnu kapalného kyslíku na plynný kyslík pro použití v procesu spalování paliva s kyslíkem. Zpravidla se pro dopravu kapalného kyslíku z většího zařízení pro dělení vzduchu na místo používají nákladní automobily. Využití kapalného kyslíku pro zálohování vlastního zdroje kyslíku na místě umožňuje provozovat proces spalování paliva s kyslíkem bez přerušení. Alternativní technologii, používající jako zálohu spalování paliva s kyslíkem spalování paliva se vzduchem, obohaceným nebo neobohaceným kyslíkem, popisuje souběžně projednávaná US patentová přihláška 09/420 215 podaná 14. října 1999.

Protože v průběhu životnosti pece spalující kyslík se mění účinnost pece a rychlost výroby skla se může měnit v průběhu pracovního cyklu pece, příslušný kyslíkový generátor je zpravidla dimenzován pro maximální plánovanou kapacitu. To má za následek nevyužití kyslíkového generátoru po velkou část pracovního cyklu pece.

05.06.01

Změň. strana

McMahon aj. (dále "McMahon") v článku nazvaném "Can Partial Conversion to Oxy-fuel Combustion be a Solution to furnace Problems (Může být částečná konverze na spalování s kyslíkem řešením problémů pecí?)", Glass Industry, prosinec 1994, popisuje částečnou konverzi vzducho-palivové pece na spalování paliva s kyslíkem v rámci celkové přestavby pece. Podstatou podle McMahona je, že vstupy v dřívějším teplosměnném systému jsou v konvertované sekci pece v částečně konvertovaném stavu ponechány otevřené, bez ohledu na to, že spalování paliva s kyslíkem nevyžaduje výměnu tepla (spalování paliva s kyslíkem, kdy hoření je teplejší než při spalování paliva se vzduchem, nepotřebuje získávání tepla ze spalin odtahovaných z pece pro předehřev reagujících složek a pro zvýšení teploty spalování).

Ponechání otevřených vstupů v konvertované sekci podle McMahona souviselo s kontrolou emisí NO_x. Konkrétně to umožňuje vstup vzduchu do konvertované sekce, což usnadňuje přisávání, a vstupující vzduch a pecní plyny se připojují ke kyslíko-palivovým hořákům tak, že kyslík a palivo přicházejí do styku jen při nízkých koncentracích, takže získané špičkové teploty plamene jsou rovné nebo nižší než teploty regenerativně vzducho-palivových plamenů, což snižuje emise NO_x. Vzduch vstupující do konvertované sekce přináší pochybnost, zda v konvertované sekci dochází ke spalování paliva s kyslíkem (které je v této přihlášce definováno jako spalování, kde proud oxidačního plynu obsahuje mezi 50 až 100 % kyslíku a s výhodou mezi 90 až 100 % kyslíku), či spíše jde jen o spalování se vzduchem obohaceným kyslíkem, jak nasvědčují propočty, které přihlašovatel učinil.

Ponechání otevřených vstupů podle McMahona

05.06.01

v konvertované sekci také omezuje migraci produktů spalování z konvertované sekce do nekonvertované sekce, čímž zabraňuje vstupu těkavých látek ze vsázky (které jsou smíseny s produkty spalování paliva s kyslíkem v konvertované sekci) do nekonvertované sekce a jejich odtahování z nekonvertované sekce a následnému ucpávání a/nebo korozi teplosměnného systému potřebného v nekonvertované sekci. Ponechání otevřených vstupů v konvertované sekci však také umožňuje vstup spalin z nekonvertované sekce do konvertované sekce, takže dusík obsažený ve vzduchu použitém pro spalování paliva se vzduchem v nekonvertované sekci může vstupovat do konvertované sekce a mísit se kyslíkem a následně tvořit NO_x.

Žádné z výše uvedených dokumentů nepopisují provoz pece s vytápěním převážně spalováním paliva s kyslíkem v tavící zóně a s vytápěním převážně spalováním paliva se vzduchem v čeřicí zóně.

05.06.01

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je způsob a pec pro tavení skla, kde většina energie nad tavící zónou pece se získává spalováním paliva s kyslíkem, zatímco většina energie nad čeřicí zónou pece se získává spalováním paliva se vzduchem.

Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1 je schematický pohled shora na pec podle dosavadního stavu techniky spalující palivo se vzduchem s kyslíko-palivovým příhřevem v přehřátém místě.

Obr. 2 je schematický pohled shora na pec podle dosavadního stavu techniky spalující palivo se vzduchem s kyslíko-palivovým příhřevem v nulovém bodě.

Obr. 3 je schematický pohled shora na pec podle dosavadního stavu techniky spalující palivo s kyslíkem.

Obr. 4 je schematický pohled shora na první vytvoření pece podle vynálezu.

Obr. 5 je schematický pohled shora na druhé vytvoření pece podle vynálezu.

Obr. 6 je schematický pohled shora na třetí vytvoření pece podle vynálezu.

Obr. 7 je schematický pohled shora na čtvrté vytvoření pece podle vynálezu.

Obr. 8 je schematický pohled shora na páté vytvoření pece podle vynálezu.

Obr. 9 je pohled v řezu ilustrující techniku pro ochranu vrchlíku nebo klenby pece podle vynálezu.

Obr. 10 je pohled v řezu ilustrující použití spalování s odstupňovaným obsahem kyslíku v peci podle vynálezu.

Obr. 11 je pohled shora ilustrující obohacení spalovacího vzduchu kyslíkem ve vytvoření pece podle vynálezu podle obr. 6.

05.06.01

Obr. 12 je pohled shora ilustrující vedmýchávání kyslíku do vzducho-palivového plamene ve vytvoření pece podle vynálezu podle obr. 6.

Příklady provedení vynálezu

Předmětem vynálezu je způsob a pec pro tavení skla, kde většina energie nad tavící zónou pece se získává spalováním paliva s kyslíkem, zatímco většina energie nad čeřicí zónou pece se získává spalováním paliva se vzduchem. V mnoha případech je výhodné přivádět od více než 70 % do 100 % energie nad tavící zónou spalováním paliva s kyslíkem, a od více než 70 % do 100 % energie nad čeřicí zónou spalováním paliva se vzduchem. Vhodným uzpůsobením atmosféry spalovacího prostoru během spalování paliva s kyslíkem a paliva se vzduchem může vynález vést ke zlepšení produktivity a kvality skla. Předložený vynález může být aplikován při konstrukci nové pece nebo může být aplikován na existující pec spalující palivo se vzduchem.

Pro účely tohoto popisu je spalování paliva s kyslíkem definováno jako spalování, kde proud oxidačního plynu obsahuje 50 až 100 % kyslíku, s výhodou 90 až 100 % kyslíku. Spalování paliva se vzduchem je definováno jako spalování, kde proud oxidačního plynu obsahuje 21 až 30 % kyslíku. Energie spalování je definována jako výhřevnost paliva, zpravidla vyjádřená v Btu/lb nebo ekvivalentních jednotkách, násobená hmotnostním průtokem paliva, zpravidla vyjádřeným v lb/h nebo ekvivalentních jednotkách. Je možno použít objemového průtoku převedeného pomocí hustoty topného plynu.

Přístup podle vynálezu, s kombinovaným spalováním paliva se vzduchem a paliva s kyslíkem, může v důsledku zvýšení kyslíko-palivového vytápění v peci spalující palivo

05.06.01

se vzduchem vést ke zvýšení sklonu k tvorbě NO_x a problémům s tím spojeným (jak je uvedeno v části "dosavadní stav techniky", zvyšuje se sklon k vytváření NO_x, protože zde je více teplejších kyslíko-palivových plamenů schopných vytvářet NO_x s dusíkem migrujícím ze spalování paliva se vzduchem). Vskutku, hlavním cílem patentu US 5 655 464, citovaného v části "dosavadní stav techniky", je zabránit vzduchu vstupovat do tavícího a čeřicího oddílu pece (tavící a čeřicí zóny) pece spalující palivo s kyslíkem. Předložený vynález neočekávaně poskytuje dosud nedosažené výhody smíšeného systému spalování paliva se vzduchem a spalování paliva s kyslíkem, a při vhodném zvládnutí zvýšeného sklonu k vytváření NO_x, tyto výhody mohou kompenzovat sklon k vytváření NO_x.

V porovnání s plně kyslíko-palivovými technologiemi poskytuje vynález způsob tavení skla se zmenšenými nebo eliminovanými problémy plně kyslíko-palivového vytápění, kterými jsou opotřebení žáruvzdorného materiálu, záložní zdroj kyslíku, pěnění skla a plné využití kyslíku vyráběného vlastním zdrojem v místě.

V porovnání s technologiemi spalování paliva se vzduchem poskytuje vynález tavení skla se zmenšenými nebo eliminovanými problémy vzducho-palivového vytápění, kterými jsou životnost teplosměnného zařízení, stabilita vsázky, emise znečišťujících látek, prostřednictvím správně umístěných kyslíko-palivových plamenů a spalin.

Kromě toho, přihlašovatel zjistil, že pomocí vynálezu je dosažitelná vyšší produktivita a zvýšené tavení vsázky, z hlediska dat, která uvádí A.Dietzel. Dietzel v kapitole 22 "Speeding up Glass Melting" v publikaci The Melting Process

05.06.01

in the Glass Industry (editor Alexis G.Pincus, 1980, str. 138-139) uvádí s odkazem do roku 1943, že vodní pára snižuje teplotu, kdy se vsázka začíná tavit, a urychluje tak tavící proces. Tavidla, v tomto případě voda, se zpravidla přidávají k vsázce pro snížení teploty, kdy se tvoří první tavenina. Zvýšený přestup tepla a rychlost chemických reakcí je výsledkem časného vytváření kapalné fáze. To zlepšuje celkový proces tavení skla a kvalitu skla.

Zatímco spalování paliva se vzduchem poskytuje větší celkové množství molekul vody ve spalovacím prostoru díky požadované vyšší ekvivalentní rychlosti spalování pro energii přenášenou do vsázky, spalování paliva s kyslíkem poskytuje vyšší koncentraci vody ve spalovacím prostoru. Ačkoliv zvýšení koncentrace vody v blízkosti vsázky může být realizováno také zvlhčováním vstupující vsázky vodou nebo vstřikováním páry do spalovacího prostoru, tyto techniky vedou ke snížení účinnosti paliva v porovnání se spalováním paliva s kyslíkem.

Vynález je nejlépe zřejmý ve vztahu k dosavadnímu stavu techniky, jak je znázorněn na obr. 1-3. Na obr. 1 je sklářská tavící pec 10, zahrnující hlavní část 12 pece mající první zavážecí konec 14 se zařízením 16 pro zavážení vsázky a druhý či výstupní konec 18. Celkový tok vsázkových materiálů a skla pecí je neznačen šipkou 20. Pec má tavící zónu obsahující vsázku 22 a čeřicí zónu obsahující roztavené sklo 24. Nad tavící zónou i nad čeřicí zónou je spalováním vyvíjena potřebná energie.

Pec 10 je regenerativního typu s bočními vstupy, a má na obou stranách tělesa 12 pece regenerátory 26, 28, jak je v oboru známo. Regenerátory jsou připojeny ke vstupům 30,

05.06.01

32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, které obsahují vzducho-palivové hořáky nebo vzducho-palivová spalovací zařízení pro vytváření vzducho-palivových plamenů 54, 56, 58, 60, 62, 64, jak je v oboru známo. Při vytápění této pece plameny 54, 56, 58, 60, 62, 64 využívají vzduch 66, který se předehřívá v regenerátoru 26. Po ukončení časové periody, dané tepelně akumulační kapacitou pece, plameny 54, 56, 58, 60, 62, 64 se nechají zhasnout, a shodné vzducho-palivové plameny se vytvoří ve vstupech plamenů 42, 44, 46, 48, 50, 52, s využitím vzduchu zaváděného regenerátorem 28. Regenerátor 28 byl předehřát plyny 68 vypouštěnými z pece. Jak je v oboru známo, reverzační tok střídavě ohřívá kanálové výplně 26, 28 regenerátoru, které pak předehřívají vzduch. Podle dosavadního stavu techniky se zavádí kyslíko-palivové plameny 70, 72 uprostřed pece pro příhřev či zvýšení topné kapacity pece a pro řízení linie vsázky. Kyslíko-palivový příhřev s plameny 70, 72 se provádí v poloze tzv. místa přehřátí pece 10.

Pokud jde o obr. 2, obr. 2 je identický s obr. 1 (společné znaky mají shodné vztahové značky) s tou výjimkou, že kyslíko-palivový příhřev s plameny 74, 76 se provádí v nulovém bodě (tj. v mezeře mezi stěnou na zavážecím konci a prvním palivovým vstupem 30) namísto polohy v přehřátém místě.

Pokud jde o obr. 3, obr. 3 představuje sklářskou tavící pec využívající plně kyslíkové spalování paliva pro realizaci ohřevu pece od vsázkového konce 110 k výstupnímu konci 112. Jak je naznačeno šipkou 121, celkový tok vsázkových materiálů a skla pecí začíná na zavážecím konci 110 a končí na výstupním konci 112. Každý z plamenů 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132 je vytvářen

spalováním paliva s kyslíkem za použití známých kyslíko-palivových hořáků. Produkty spalování paliva s kyslíkem jsou odvětrávány prostřednictvím odtahů 131, 133.

V provedení vynálezu znázorněném na obr. 4 má pec 140 těleso 142 pece, zavážecí či vsázkový konec 144 a výstupní konec 146 pro odtah roztaveného skla. Celkový tok vsázkových materiálů a skla skrz pec je naznačen šipkou 151. Pec může mít regenerátory 148, 150, připojené ke vstupům 152, 154, 156 a 158, 156, 162. Do regenerátoru 148 vstupuje vzduch 76 a je předehříván pro spalování paliva v plamenech 164, 166, 168. Regenerátor 150 je předehříván plyny 77 odtahovanými z pece. Plameny 164, 166, 168 vytvářené spalováním paliva se vzduchem se nacházejí nad roztaveným sklem v čeřicí zóně pece 140 a poskytují energii nad čeřicí zónou. Kyslíko-palivové plameny 172, 174, 176, 178, 180, 182 se nacházejí nad vsázkovými materiály v tavící zóně 184 pece 140 a poskytují všechnu energii nad tavící zónou.

Provedení vynálezu znázorněné na obr. 5 je obdobné obr. 4 s tou výjimkou, že pec 200 nemá regenerativní tepelnou kapacitu. Tato pec 200 je upravena pro využití rekuperativní tepelné výměny, kde odplyny 233 z pece se odvádějí odtahem 220 nacházejícím se na zavážecím konci 222 pece 200. Spaliny jsou vedeny do rekuperátoru, který ohřívají, do kterého vstupuje a je v něm ohříván vzduch použitý pro vytváření vzducho-palivových plamenů 224, 226, 228, 230, 232. 234, které jsou pravidelně uspořádány nad čeřicí zónou 270 pece 200 a poskytují všechnu energii nad touto zónou. Kyslíko-palivové plameny 238, 240, 242, 244, 246, 248 jsou využívány nad tavící zónou 236 pece 200 a poskytují všechnu energii nad touto zónou. Celkový tok vsázkových materiálů a skla pecí je naznačen šipkou 221.

05.06.01

Provedení vynálezu znázorněné na obr. 6 je identické s tím na obr. 4 (společné znaky mají tytéž vztahové značky) s tou výjimkou, že jsou použity zvláštní pomocné odtahy 141 a 143 (tj. oddělené od regenerátoru 150, kterým se odtahují plyny 78), kterými se odtahuje většina produktů 145, 147 spalování paliva s kyslíkem z tavící zóny. To má za cíl zabránit vstupu těkavých složek vsázky, směšujících se s produkty spalování paliva s kyslíkem, do teplosměnného zařízení, pro zamezení ucpávání a koroze tohoto zařízení. Na obr. 6 jsou pomocné odtahy znázorněny jako by byly umístěny v blízkosti středu čeřicí zóny. Alternativně mohou být pomocné odtahy sloučeny do jediného pomocného odtahu umístěného na zavážecím konci pece.

Provedení vynálezu znázorněné na obr. 7 je identické s tím na obr. 6 (společné znaky mají tytéž vztahové značky) s tou výjimkou, že pomocné odtahy 141, 143 jsou umístěny na konci tavící zóny, která sousedí s čeřicí zónou, pro bránění vstupu produktů spalování paliva se vzduchem do tavící zóny.

Provedení vynálezu znázorněné na obr. 8 je identické s tím na obr. 5 (společné znaky mají tytéž vztahové značky) s tou výjimkou, že (i) pro odtahování produktů 231 spalování paliva s kyslíkem z pece je použit zvláštní pomocný odtah 223, umístěný na zavážecím konci pece, a (ii) dva odtahy 201, 203 pro rekuperativní teplosměnné zařízení odtahují z pece produkty 241, 243 spalování paliva se vzduchem. Na obr. 8 je znázorněn pomocný odtah umístěný na zavážecím konci pece. Tento pomocný odtah může být alternativně rozdělen na dva pomocné odtahy umístěné na obou stranách tavící zóny. Analogicky žáruvzdornému systému na obr. 7, takovéto pomocné odtahy v tomto rekuperativním systému mohou

05.06.01

se vytváří rozvrstvená pecní atmosféra.

Na rozdíl od patentu US 5 755 818, podle obr. 9 je atmosféra bohatá na produkty spalování paliva s kyslíkem vytvářena v blízkosti vsázky, a zředěná atmosféra je vytvářena v blízkosti koruny. Způsob podle patentu US 5 755 818 využívá stupňového spalování pro vytvoření více oxidační nebo více redukční atmosféry v blízkosti povrchu vsázky, než jaká by tam byla v případě homogenní pecní atmosféry.

Obr. 10 je pohled v příčném řezu ilustrující použití stupňového spalování v peci 140, 200. Pro přímý ohřev vsázky a nikoliv koruny pece jsou výhodné kyslíko-palivové hořáky s odstupňováním obsahu kyslíku podle US patentu 5 611 682. Jak je zřejmé na obr. 10, kyslíko-palivový plamen 304 je vytvářen zaváděním kyslíku a paliva potrubím 306, přičemž spodní potrubí 310 zavádí kyslík do pece 140, 200, přičemž kyslík je směřován bezprostředně pod plamen 304. Použitím odstupňování obsahu kyslíku mezi plamenem a vsázkou, jak je znázorněno na obr. 10, je možno při přímém ohřevu vsázky získat oblast s vyšší teplotou 312 plamene v obalu plamene blíže vsázce. Při použití kyslíko-palivového hořáku popsaného v US 5 611 682 bylo zjištěno nižší vytváření NO_x, dokonce i u pecí s významnými koncentracemi dusíku.

Vzducho-palivová sekce pece podle vynálezu může zahrnovat technologie spalování se zvýšeným obsahem kyslíku, odborníkovi známé. Kyslík může být použit pro nahrazení nedostatku kyslíku na vzducho-palivovém vstupu přidáním kyslíku, pro zlepšení účinnosti pece nebo pro snížení tvorby NO_x způsobem odborníkovi známým. Kyslík pro obohacení až na 30 % nebo více, v závislosti na teplosměnném systému, může

05.06.01

být přímo vstřikován do proudu spalovacího vzduchu nebo může být vhodně umístěn zvláštní vstup pro obohacování kyslíkem. Vedmýchávání kyslíku může být použito pro dosažení vyšší úrovně obohacení kyslíkem v plameni, je-li požadována. Kyslík může být použit také použit v četných nových technologiích pro zlepšení energetické účinnosti nebo snížení obsahu NO_x, například podle US 5 725 366.

Obr. 11 je pohled shora ilustrující obohacování spalovacího vzduchu kyslíkem ve vytvoření pece podle vynálezu podle obr. 6. Kyslík 320 je zaváděn do spalovacího vzduchu 76 před zavedením vzduchu do regenerátoru 148 pro obohacení vzducho-palivových plamenů 164, 166, 168 kyslíkem. Ačkoliv zde znázorněné vytvoření odpovídá vytvoření podle obr. 6, které používá regenerativní výměny tepla, odborníkovi je zřejmé, že toto obohacování kyslíkem je stejně použitelné v souvislosti s vytvořením podle obr. 5, které používá rekuperativní výměny tepla.

Obr. 12 je pohled shora ilustrující vedmýchávání kyslíku do vzducho-palivového plamene ve vytvoření pece podle vynálezu podle obr. 6, při kterém se zavádí kyslík prostřednictvím kyslíkové trubice 330 pro obohacení vzducho-palivového plamene 164 v peci 140. Ačkoliv zde znázorněné vytvoření odpovídá vytvoření podle obr. 6, které používá regenerativní výměny tepla, odborníkovi je zřejmé, že toto vedmýchávání kyslíku je stejně použitelné v souvislosti s vytvořením podle obr. 5, které používá rekuperativní výměny tepla.

Podle jiného provedení vynálezu se předpokládá, že úhel jednoho nebo více kyslíko-palivových plamenů proti vsázce je mezi 0° až 30° proti horizontále. Tato technika se aplikuje

05.06.01

také pro přímý ohřev vsázky místo koruny a umístění atmosféry ze spalování paliva s kyslíkem v blízkosti vsázky, zejména v případě ředění kyslíko-palivové atmosféry v blízkosti koruny vzduchem, předehřátým vzduchem, dusíkem, produkty spalování paliva se vzduchem a jejich směsmi.

Podle jiného provedení vynálezu se předpokládá použití pokročilý systém řízení a optimalizace použití kyslíku v peci. Pokročilý systém řízení monitoruje a řídí použití kyslíku v závislosti, například, na požadavcích na emise, variabilitě čistoty kyslíku a výkonu generátoru kyslíku, a objemu výroby skla.

Podle jiného provedení vynálezu se předpokládá vytvoření způsobu a pece pro výrobu skla s nízkými emisemi NO_x omezením průtoku plynů obsahujících dusík ze vzducho-palivové sekce do kyslíko-palivové sekce. Výhodný způsob omezení průtoku ze vzducho-palivové sekce do kyslíko-palivové sekce představuje konstrukce, kde se používá nižší výšky koruny než v kyslíko-palivové sekci. Další způsoby omezení průtoku ze vzducho-palivové sekce do kyslíko-palivové sekce představuje dělící stěna mezi vzducho-palivovou sekcí a kyslíko-palivovou sekcí, nebo vhodný počet, velikost, umístění a řízení tlaku odtahů z pece. Obr. 6 ilustruje umístění výstupů, kde průduchy pro odtahování spalin, tvořených většinou produkty spalování paliv s kyslíkem a těkavými látkami ze vsázky, jsou umístěny mezi kyslíko-palivovou sekcí vzducho-palivovou sekcí. Produkty spalování paliva se vzduchem přednostně vystupují prostřednictvím těchto výstupů, namísto penetrace do kyslíko-palivové sekce. Alternativně může být použita konfigurace znázorněná na obr. 4, bez zvláštních výstupů pro produkty spalování paliva s kyslíkem a těkavých látek ze

05.06.01

vsázky, pro vytvoření vyššího tlaku v kyslíko-palivové sekci, který žene proudění z kyslíko-palivové sekce do vzducho-palivové sekce, čímž minimalizuje koncentrace dusíku v kyslíko-palivové sekci.

Podle jiného provedení vynálezu se snižují emise NO_x prostřednictvím technologie provozu. Výhodný způsob spočívá v provozování dvou kyslíko-palivových hořáků v sousedství vzducho-palivové sekce s přebytkem paliva (tj. s podstechiometrickým množstvím oxidačního plynu), tedy za podmínek, za kterých, jak je odborníkovi zřejmé, vzniká méně NO_x. Ostatní hořáky pracují s chudou směsí paliva, nebo používají kyslíkové trubice, pro umožnění celkově stechiometrického provozu pece. Jiné technologie provozu vhodné pro snížení množství NO_x spočívají v extrémním odstupňování kyslíku do kyslíko-palivových hořáků. Extrémní odstupňování je praxe, kdy více než 50 % kyslíku pro spalování pro jednotlivý hořák je realizováno odstupňovaným vstupem.

Podle jiného provedení vynálezu je zajištěna záložní možnost napájení kyslíko-palivové sekce pece v případě přerušení dodávky kyslíku vzduchem. V případě přerušení dodávky kyslíku mohou být kyslíko-palivové hořáky nahrazeny vhodnými vzducho-palivovými hořáky, dostupnými od Air Products and Chemicals Inc., Allentown, PA. Spalovací vzduch může být s výhodou přiváděn ze zdroje předehřátého vzduchu použitého ve vzducho-palivové sekci pece nebo ze zvláštního zdroje vzduchu s předehřevem nebo bez předehřevu.

Podle jiného provedení vynálezu jsou umístěny pro minimalizaci negativních interakcí plamenů kyslíko-palivové hořáky, výstupy spalin, a vzducho-palivové vstupy a hořáky.

05.06.01

Protože kyslíko-palivové plameny v peci zpravidla mají menší hybnost než vzducho-kyslíkové plameny, je větší riziko přerušení kyslíko-palivových plamenů vzducho-palivovými plameny. Přerušení plamenů negativně ovlivňuje charakteristiky plamene (stabilitu plamene, geometrii plamene, plochu skla pokrytou plamenem atd.), což má za následek snížení účinnosti tavení pece a potenciálně může způsobit fyzické poškození pece. Návrh vhodné geometrie pece může být realizován pomocí experimentů, zkušenosti, nebo s výhodou za použití počítačového modelování dynamiky toku. V případě regenerativní pece musí být konfigurace kyslíko-palivových hořáků, popřípadě výstupů kyslíko-palivových spalin a vzducho-palivových vstupů vhodná pro požadované provozní podmínky, kdy hoření paliva se vzduchem směřuje zleva doprava a zprava doleva. Pro vyhodnocení vhodných konfigurací může být použito počítačové modelování dynamiky toku.

Podle jiného provedení vynálezu pracují kyslíko-palivové hořáky s rychlostmi výstupu z bloku hořáku většími než 100 stop/s. Hybnost kyslíko-palivových plamenů musí být dostatečná pro minimalizaci negativních vlivů vysoké hybnosti vzducho-palivových plamenů.

Větší využití stejnoměrného, stálého kyslíko-palivového vytápění podle vynálezu poskytuje větší stabilitu polohy a tvaru vsázky, zejména v regenerativních pecích, což má za následek lepší kvalitu skla. Poměrně vysoké rychlosti kyslíko-palivových plamenů mohou také ovlivňovat pohyb vsázky. Stabilnější a řízený tvar vsázky je důležitý pro konvektivní proudění skelné taveniny a ovlivňuje tedy kvalitu skla. Pohyb vsázky je tak důležitý, že sklářská pec pro ploché sklo často používá mechanické prostředky pro

řízení pohybu vsázky.

V případě sklářské pece, kde je problémem zanášení a/nebo ucpávání teplosměnného zařízení, může pec podle vynálezu zahrnovat jeden nebo více zvláštních odtahů s omezenou nebo žádnou výměnou tepla produktů spalování paliva s kyslíkem a těkavých látek obsažených ve vsázce. Jestliže je stupeň odpařování taveného skla vysoký, je třeba instalovat jeden nebo více průduchů, nespojených s teplosměnným zařízením vzducho-palivového vytápění, v kyslíko-palivové sekci pece pro odtahování většiny produktů ze spalování paliva s kyslíkem a těkavých složek vsázky. Výhodou vynálezu je omezení zanášení a ucpávání teplosměnného zařízení.

Kyslík pro pece s kyslíko-palivovým příhřevem je zpravidla zajišťován kapalným zdrojem (LOX), zatímco pec podle vynálezu může být, vzhledem k vyšší spotřebě kyslíku, napájena kyslíkem z vlastního zdroje vyvíjeným na místě. Generátory kyslíku jsou zpravidla dimenzovány v závislosti na maximální předpokládané spotřebě během celého pracovního cyklu pece a/nebo podle standardně projektovaných zařízení pro výrobu kyslíku. Provozovatelé technologie s kyslíko-palivovým příhřevem používají historicky pro kyslíko-palivové jen obvyklý kyslík, neboť kapalný kyslík je dražší než kyslík vyvíjený vlastním zdrojem, a největšího přínosu použití kyslíku je dosaženo tímto způsobem. Vzhledem k nižší ceně kyslíku vyvíjeného na místě a předpokládané nadprodukci kyslíku, kyslík se používá ve vzducho-kyslíkové sekci pece podle vynálezu pro nahrazení nedostatku kyslíku na vzducho-palivovém vstupu přidáváním kyslíku. To zlepšuje řízení teploty v peci umožněním lepšího uzpůsobení distribuce paliva, zlepšení účinnosti pece, nebo umožňuje snížení

05.06.01

obsahu NO_x způsobem odborníkovi známým. Oxidační plyn podle vynálezu není omezen průtokem vzduchu nebo jeho distribucí, neboť koncentrace kyslíku v každém vstupu může být řízena pomocí kyslíku.

Předložený vynález používá jak spalování paliva s kyslíkem, tak také spalování paliva se vzduchem, s výhodou s konvenční výměnou tepla, zatímco plně kyslíko-palivové vytápění využívá jen spalování paliva s kyslíkem. Vzducho-palivové vytápění je použito v sekci pece, kde dochází v plně kyslíko-palivových pecích k pěnění, čímž se snižuje množství pěny na povrchu skla a zlepšuje se kvalita skla.

Ve vzducho-palivové sekci pece podle vynálezu mohou být použity standardní žáruvzdorné materiály používané v pecích spalujících palivo se vzduchem. Výhodou použití standardních žáruvzdorných materiálů ve vzducho-palivové sekci, že jsou osvědčené pro minimalizaci způsobování vad skla. Protože alternativní žáruvzdorné materiály navržené pro spalování paliva s kyslíkem jsou korozivzdornější, také se obtížněji rozpouštějí ve skle, jestliže se kousky alternativního žáruvzdorného materiálu dostanou do skelné taveniny, ať již jako kapalná nebo jako pevná látka. V kapalné formě způsobují vady, ve finálním produktu známé jako šňůry a viskózní vměstky. Alternativní žáruvzdorné materiály navržené pro spalování paliva s kyslíkem mohou způsobovat vady skla, které se v procesu tavení skla obtížněji odstraňují. Vzducho-palivová sekce podle vynálezu je blíže výstupu skelné taveniny z pece a je tedy k dispozici navíc krátký zpracovací čas pro odstranění defektů, které by mohly být způsobeny žáruvzdorným materiálem v části tavící vany blíže výstupu (v čeřicí zóně).

05.06.01

Kyslík dodávaný jak do pece podle vynálezu, tak do plně kyslíko-palivové pece, může pocházet z vlastního zdroje kyslíku v místě. Generátory kyslíku jsou zpravidla dimenzovány v závislosti na maximální předpokládané spotřebě během celého pracovního cyklu pece a/nebo podle standardně projektovaných zařízení pro výrobu kyslíku. V případě plně kyslíko-palivové pece to má často za následek neúplné využití kyslíku vyráběného v průběhu části nebo celého provozního cyklu pece. Navíc vyrobený kyslík z vlastního zdroje v místě je často v případě plně kyslíko-palivové pece nevyužit, což vede ke zvýšení nákladů. Kyslík vyrobený v místě navíc se může využívat různými způsoby. Může být použit v peci podle vynálezu pro zlepšení řízení teploty v peci, neboť operátor může lépe uzpůsobit profil distribuce paliva a odstranit nedostatek kyslíku u vzducho-palivových vstupů přidáním kyslíku. Přívod oxidačního plynu pro vzducho-palivové vstupy není omezen průtoky vzduchu nebo distribucí, neboť koncentrace kyslíku pro každý vstup může být řízena pomocí kyslíku. Kromě toho, kyslík může být způsobem odborníkovi známým použit pro zlepšení účinnosti pece nebo pro snížení obsahu NO_x. Výhodou je lepší využití v místě vyvíjeného kyslíku během celého provozního cyklu pece ve srovnání s plně kyslíko-palivovou pecí.

Jak je popsáno v části "dosavadní stav techniky", zálohování vlastního zdroje kyslíku v místě je chápáno jako by se týkalo velkých plně kyslíko-palivových pecí a míst s více kyslíko-palivovými pecemi. V případě výpadku vlastního zdroje kyslíku v místě závisí pokračování provozu plně kyslíko-palivové pece na skladovaném kapalném dusíku, který musí být dodáván nákladními automobily z blízkého zařízení pro dělení vzduchu. Výhodou technologie pece podle vynálezu je snížení závislosti na dodávce kyslíku ve

05.06.01

srovnání s plně kyslíko-palivovou pecí. V případě přerušení dodávky kyslíku jsou kyslíko-palivové hořáky nahrazeny vhodnými vzducho-palivovými hořáky. Pec podle vynálezu má zdroj předehřátého spalovacího vzduchu, zatímco plně kyslíko-palivová pec zpravidla žádný nemá. Spalovací vzduch může být dodáván s výhodou ze zdroje předehřátého vzduchu použitého ve vzducho-palivové sekci pece, nebo ze zvláštního zdroje vzduchu. Vzhledem k teplosměnnému systému je v záložním vzducho-palivovém modu možný vyšší výkon pece ve srovnání se záložním vzducho-palivovým provozem plně kyslíko-palivové pece.

05.06.01

Změň. strana

Podle dalšího provedení vynálezu je vytvořen způsob a pec pro tavení skla s nízkými emisemi NO_x omezením toku plynů obsahujících dusík ze vzducho-palivové sekce do kyslíko-palivové sekce. Jak bylo diskutováno výše, je pro omezení migrace plynů obsahujících dusík z čeřicí zóny do tavící zóny použito řešení zahrnující uspořádání fyzikálních bariér mezi tavící zónou a čeřicí zónou, jakož i fyzikálních bariér realizovaných konstrukcí pece, kdy (i) je v tavící zóně použita nižší výška klenby či koruny než v čeřicí zóně, a (ii) pro oddělení obou zón je použita dělící stěna. Pokud jde o první opatření (i), je třeba poznamenat, že nižší výška koruny může být použita samotná nebo s výhodou v kombinaci s řešením, kdy je v tavící zóně pece použita menší šířka než v čeřicí zóně (výpočty dynamiky tekutin ukázaly, že kombinace nižší koruny či klenby v tavící zóně s malou šířkou pece v tavící zóně je zvláště efektivní a může téměř úplně omezit migraci dusíku ze spalování paliva se vzduchem v čeřicí zóně do tavící zóny spalující palivo s kyslíkem). V této kombinaci je konstrukce pece v podstatě taková, že průřez pece v tavící zóně je menší než průřez pece v čeřicí zóně. Pokud jde o druhé opatření (ii), je třeba poznamenat, že dělící stěna jen částečně odděluje tavící zónu od čeřicí zóny.

Předložený vynález byl popsán za pomoci četných jeho provedení. Tato provedení nepředstavují omezení vynálezu, jehož rozsah je určen následujícími nároky.

PV 2001-1060
05.06.01

P A T E N T O V É N Á R O K Y

změněné

1. Způsob tavení sklotvorných materiálů v peci, přičemž

(a) pec má zavážecí konec, výstupní konec, tavící zónu sousedící se zavážecím koncem a čeřicí zónu sousedící s výstupním koncem,

(b) sklotvorné materiály se zavádějí do tavící zóny, procházejí tavící zónou do čeřicí zóny a jako roztavené sklo se odtahují z čeřicí zóny, a

(c) do tavící zóny a do čeřicí zóny se spalováním přivádí potřebná energie,

vyznačující se tím, že

(i) většina energie nad tavící zónou se přivádí spalováním paliva s kyslíkem, a

(ii) většina energie nad čeřicí zónou se přivádí spalováním paliva se vzduchem.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím,** že se více než 70 % až 100 % energie nad tavící zónou přivádí spalováním paliva s kyslíkem.

3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím,** že se více než 70 % až 100 % energie nad čeřicí zónou přivádí spalováním paliva se vzduchem.

4. Způsob podle nároku 2, **vyznačující se tím,** že se více než 70 % až 100 % energie nad čeřicí zónou přivádí spalováním paliva se vzduchem.

5. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím,** že se vzduch pro spalování paliva se vzduchem předehřívá v teplosměnném zařízení, přičemž teplosměnné zařízení je

05.06.01

uspořádáno na odtahu.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že teplosměnným zařízením je regenerativní teplosměnné zařízení.

7. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že teplosměnným zařízením je rekuperativní teplosměnné zařízení.

8. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že v tavící zóně je uspořádán alespoň jeden pomocný odtah pro odtahování většiny produktů spalování paliva s kyslíkem z tavící zóny.

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden pomocný odtah je uspořádán v sousedství čeřicí zóny.

10. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že se tlaky jednotlivých odtahů teplosměnného zařízení a alespoň jednoho pomocného odtahu řídí pro bránění vstupu dusíku, obsaženého ve vzduchu sloužícím pro spalování paliva se vzduchem v čeřicí zóně, do tavící zóny.

11. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je uspořádána fyzikální bariéra mezi tavící zónou a čeřicí zónou pro bránění vstupu dusíku, obsaženého ve vzduchu sloužícím pro spalování paliva se vzduchem v čeřicí zóně, do tavící zóny.

12. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že spalování paliva s kyslíkem se provádí pomocí alespoň

05.06.01

jednoho kyslíko-palivového hořáku vytvářejícího kyslíko-palivový plamen, a spalování paliva se vzduchem se provádí pomocí alespoň jednoho kyslíko-vzduchového hořáku vytvářejícího vzducho-palivový plamen.

13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím,** že spalování paliva s kyslíkem se provádí pomocí množství kyslíko-palivových hořáků, přičemž do alespoň jednoho z kyslíko-palivových hořáků v sousedství vzducho-palivových plamenů se přivádí podstechiometrické množství oxidačního plynu.

14. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím,** že v případě přerušení dodávky kyslíku se alespoň jeden z uvedených kyslíko-palivových hořáků nahrazuje náhradním vzducho-palivovým hořákem pro udržení teploty v peci.

15. Způsob podle nároku 14, **vyznačující se tím,** že do uvedeného alespoň jednoho vzducho-palivového hořáku a náhradního vzducho-palivového hořáku se přivádí předehřátý vzduch z alespoň jednoho společného teplosměnného zařízení.

16. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím,** že se mezi kyslíko-palivový plamen a klenbu pece, pro zředění pecní atmosféry obsahující produkty spalování paliva s kyslíkem v blízkosti klenby, pece zavádí pomocný plyn.

17. Způsob podle nároku 16, **vyznačující se tím,** že pomocný plyn je zvolen ze skupiny zahrnující vzduch, předehřátý vzduch, dusík, produkty spalování paliva se vzduchem, a jejich směsi.

18. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím,** že

05.06.01

kyslíko-palivový plamen je směrován proti sklotvorným materiálům pod úhlem 0° až 30° proti horizontále.

19. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden kyslíko-palivový hořák má odstupňování kyslíku a alespoň 50 % kyslíku pro alespoň jeden kyslíko-palivový hořák s odstupňováním kyslíku se přivádí stupňovým vstupem hořáku.

20. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že vzduch pro plamen vytvářený spalováním se vzduchem se obohacuje až na 50 % obj. kyslíku.

21. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že vzducho-palivový plamen se obohacuje kyslíkem.

22. Způsob podle nároku 21, **vyznačující se tím**, že kyslík pro podporu vzducho-palivového plamene se do vzducho-palivového plamene zavádí trubicí ke dmýchání.

23. Pec pro tavení sklotvorných materiálů, **vyznačující se tím**, že zahrnuje

(a) zavážecí konec, výstupní konec, tavící zónu sousedící se zavážecím koncem a čeřicí zónu sousedící s výstupním koncem,

(b) prostředky pro zavádění sklotvorných materiálů do tavící zóny,

(c) prostředky pro odtahování skla z čeřicí zóny,

(d) prostředky pro přivádění většiny energie potřebné nad tavící zónou spalováním paliva s kyslíkem, a

(e) prostředky pro přivádění většiny energie potřebné nad čeřicí zónou spalováním paliva se vzduchem.

05.06.01

24. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že více než 70 % až 100 % energie nad tavící zónou je přiváděno spalováním paliva s kyslíkem.

25. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že více než 70 % až 100 % energie nad čeřicí zónou je přiváděno spalováním paliva se vzduchem.

26. Pec podle nároku 24, **vyznačující se tím**, že více než 70 % až 100 % energie nad čeřicí zónou je přiváděno spalováním paliva se vzduchem.

27. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje regenerativní teplosměnné zařízení pro předehřívání vzduchu pro spalování paliva se vzduchem, přičemž teplosměnné zařízení je uspořádáno na odtahu.

28. Pec podle nároku 27, **vyznačující se tím**, že teplosměnné zařízení je regenerativní teplosměnné zařízení pracující v revezních cyklech, přičemž pec dále zahrnuje prostředky pro umožnění kontinuálního provozu spalování paliva s kyslíkem v průběhu všech stupňů spalování paliva se vzduchem, včetně obracení cyklů regenerativního teplosměnného zařízení.

29. Pec podle nároku 27, **vyznačující se tím**, že teplosměnné zařízení je rekuperativní teplosměnné zařízení.

30. Pec podle nároku 27, **vyznačující se tím**, že dále má alespoň jeden pomocný odtah v tavící zóně pro odtahování většiny produktů spalování paliva s kyslíkem z tavící zóny.

31. Pec podle nároku 30, **vyznačující se tím**, že

alespoň jeden pomocný odtah je uspořádán v sousedství čeřicí zóny.

32. Pec podle nároku 30, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje prostředky pro řízení tlaků jednotlivých odtahů teplosměnného zařízení a alespoň jednoho pomocného odtahu pro bránění vstupu dusíku, obsaženého ve vzduchu sloužícím pro spalování paliva se vzduchem v čeřicí zóně, do tavící zóny.

33. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje fyzikální bariéru mezi tavící zónou a čeřicí zónou pro bránění vstupu dusíku, obsaženého ve vzduchu sloužícím pro spalování paliva se vzduchem v čeřicí zóně, do tavící zóny.

34. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že prostředky pro spalování paliva s kyslíkem nad tavící zónou zahrnují alespoň jeden kyslíko-palivový hořák vytvářející kyslíko-palivový plamen, a prostředky pro spalování paliva se vzduchem nad čeřicí zónou zahrnují alespoň jeden kyslíko-vzduchový hořák vytvářející vzducho-palivový plamen.

35. Pec podle nároku 34, **vyznačující se tím**, že prostředky pro spalování paliva s kyslíkem zahrnují množství kyslíko-palivových hořáků, přičemž do alespoň jednoho z kyslíko-palivových hořáků v sousedství vzducho-palivových plamenů se přivádí podstechiometrické množství oxidačního plynu.

36. Pec podle nároku 34, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje prostředky pro zavádění pomocného plynu mezi kyslíko-palivový plamen a klenbu pece, pro zředění pecní

změň. strana

atmosféry obsahující produkty spalování paliva s kyslíkem v blízkosti klenby.

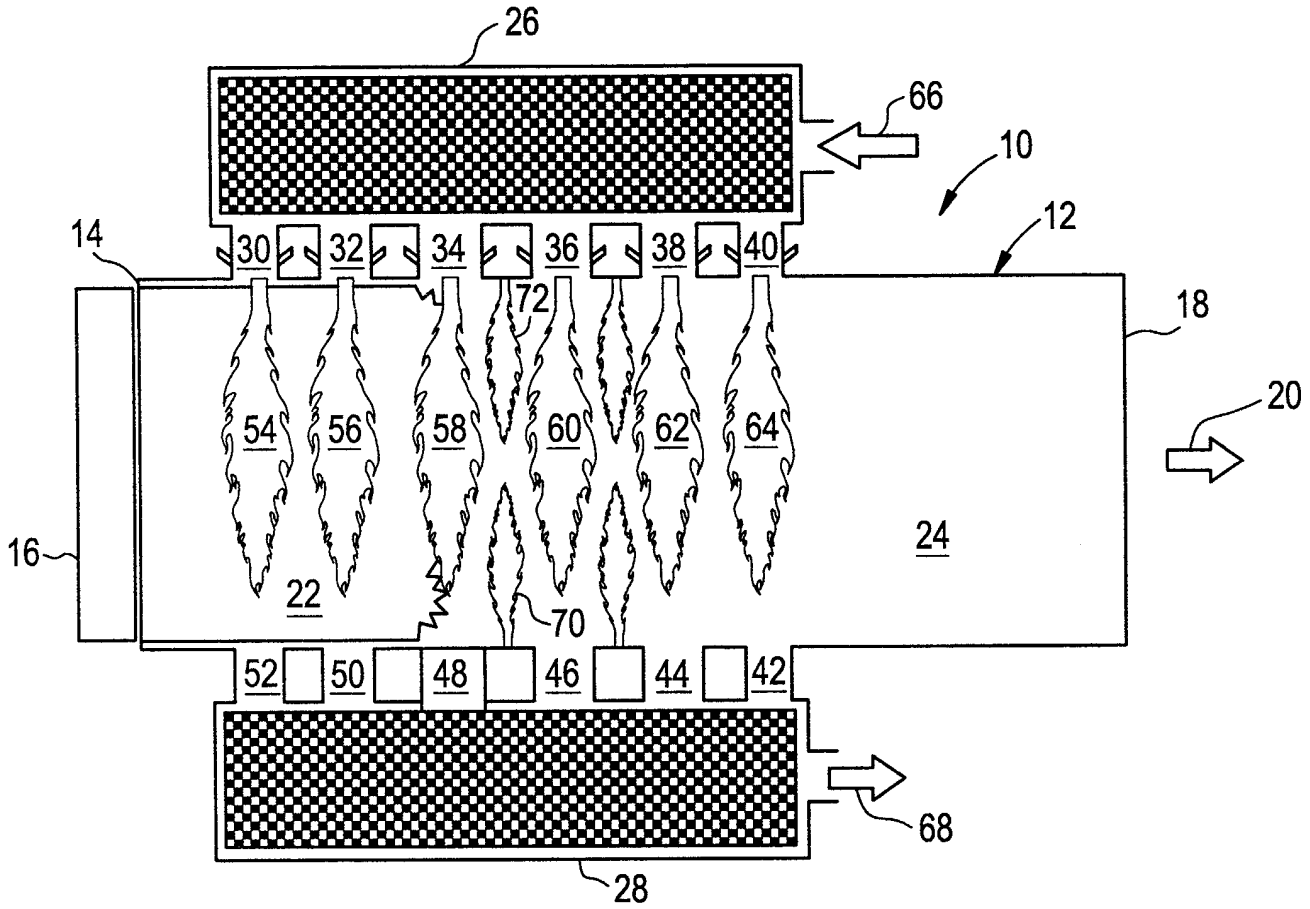
37. Pec podle nároku 34, **vyznačující se tím,** že dále zahrnuje prostředky pro směrování kyslíko-palivového plamene proti sklotvorným materiálům pod úhlem 0° až 30° proti horizontále.

38. Pec podle nároku 23, **vyznačující se tím,** že klenba pece nad tavící zónou je nižší než klenba pece nad čeřicí zónou.

39. Způsob podle nároku 11, **vyznačující se tím,** že uvedená fyzikální bariéra je zvolena z (i) bariéry realizované použitím nižší výšky klenby či koruny v tavící zóně než v čeřicí zóně a/nebo použitím menší šířky pece v tavící zóně než v čeřicí zóně, a (ii) dělící stěny pro oddělení tavící zóny od čeřicí zóny.

40. Pec podle nároku 33, **vyznačující se tím,** že uvedená fyzikální bariéra je zvolena z (i) bariéry realizované použitím nižší výšky klenby či koruny v tavící zóně než v čeřicí zóně a/nebo použitím menší šířky pece v tavící zóně než v čeřicí zóně, a (ii) dělící stěny pro alespoň částečné oddělení tavící zóny od čeřicí zóny.

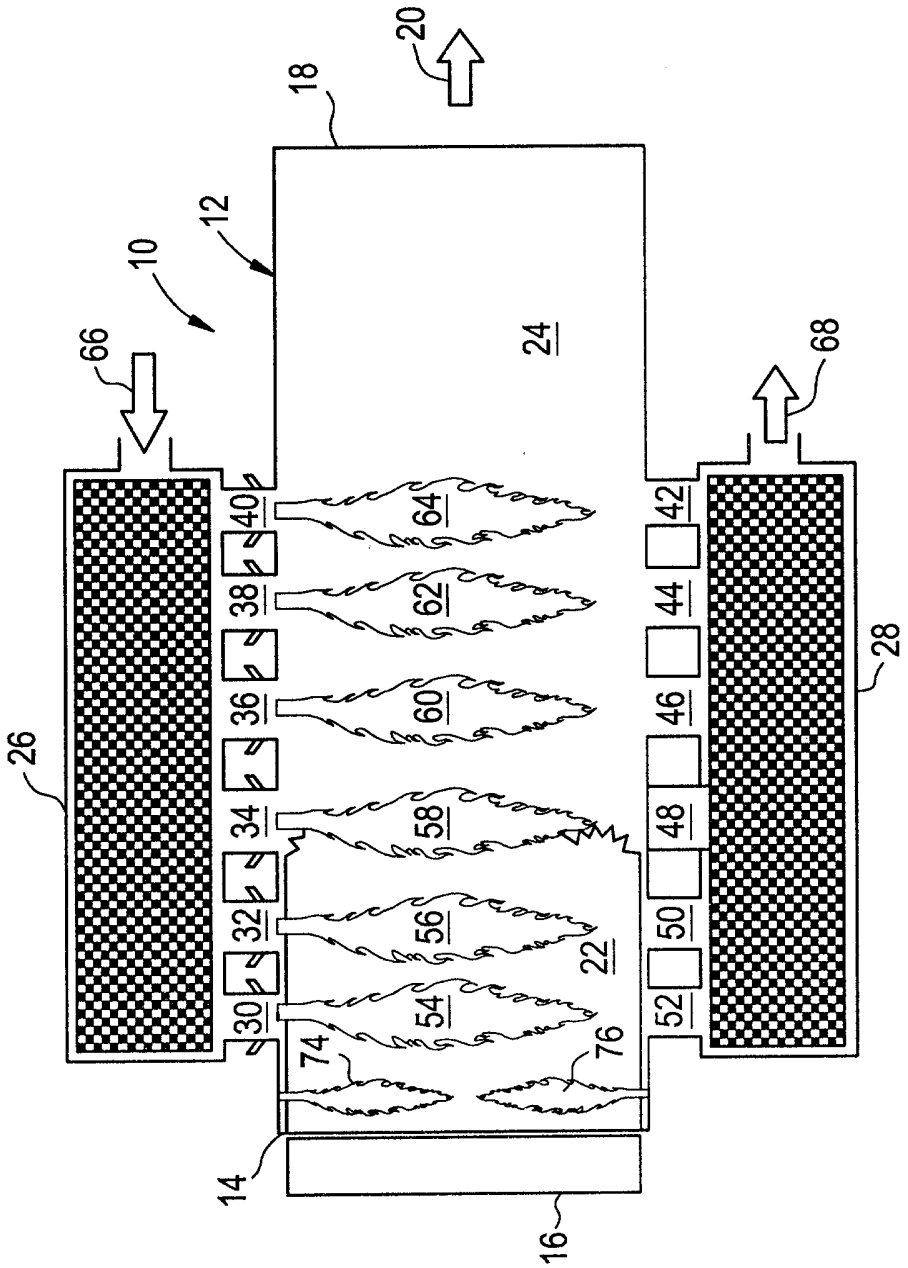
1


26
66
10
12
14
30
32
34
36
38
40
72
18
20
54
56
58
60
62
64
16
24
22
70
52
50
48
46
44
42
68
28

N 2001-1060

PV 2001-1060

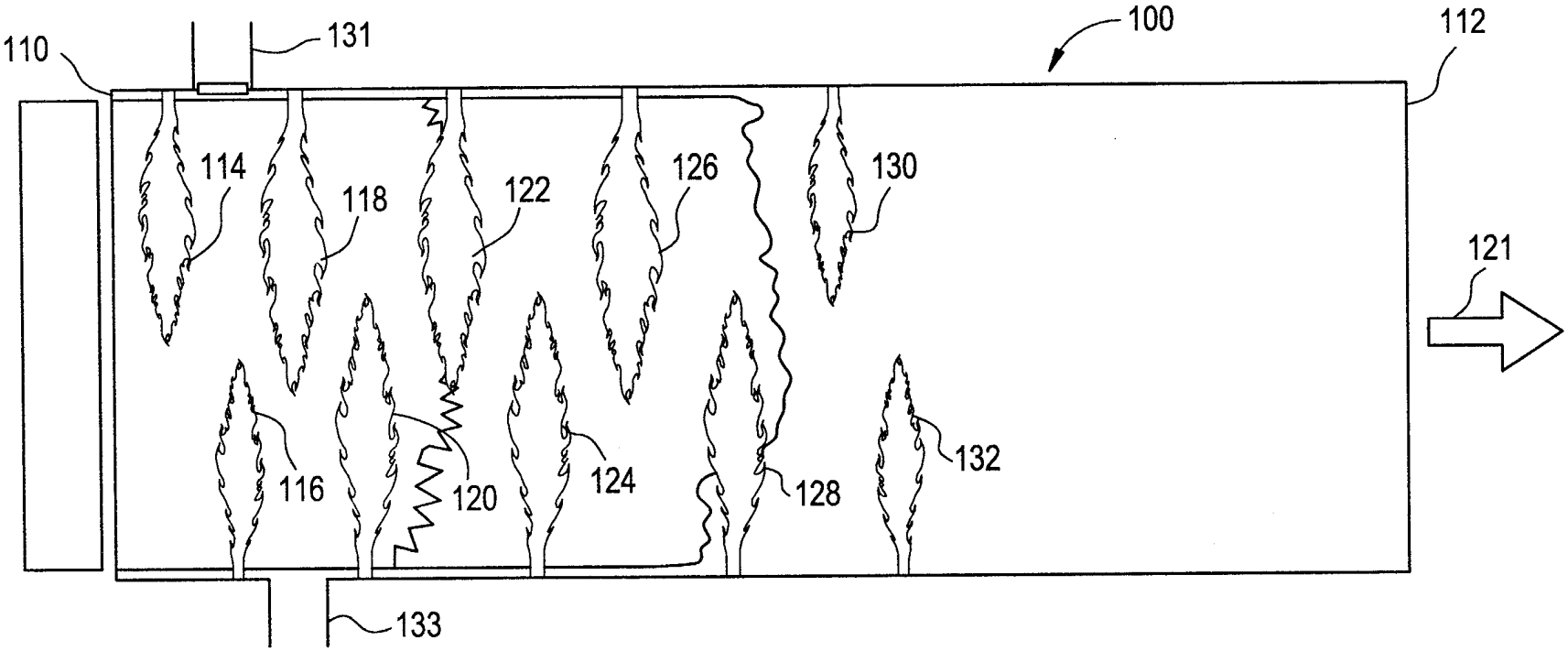
2



10-90-90

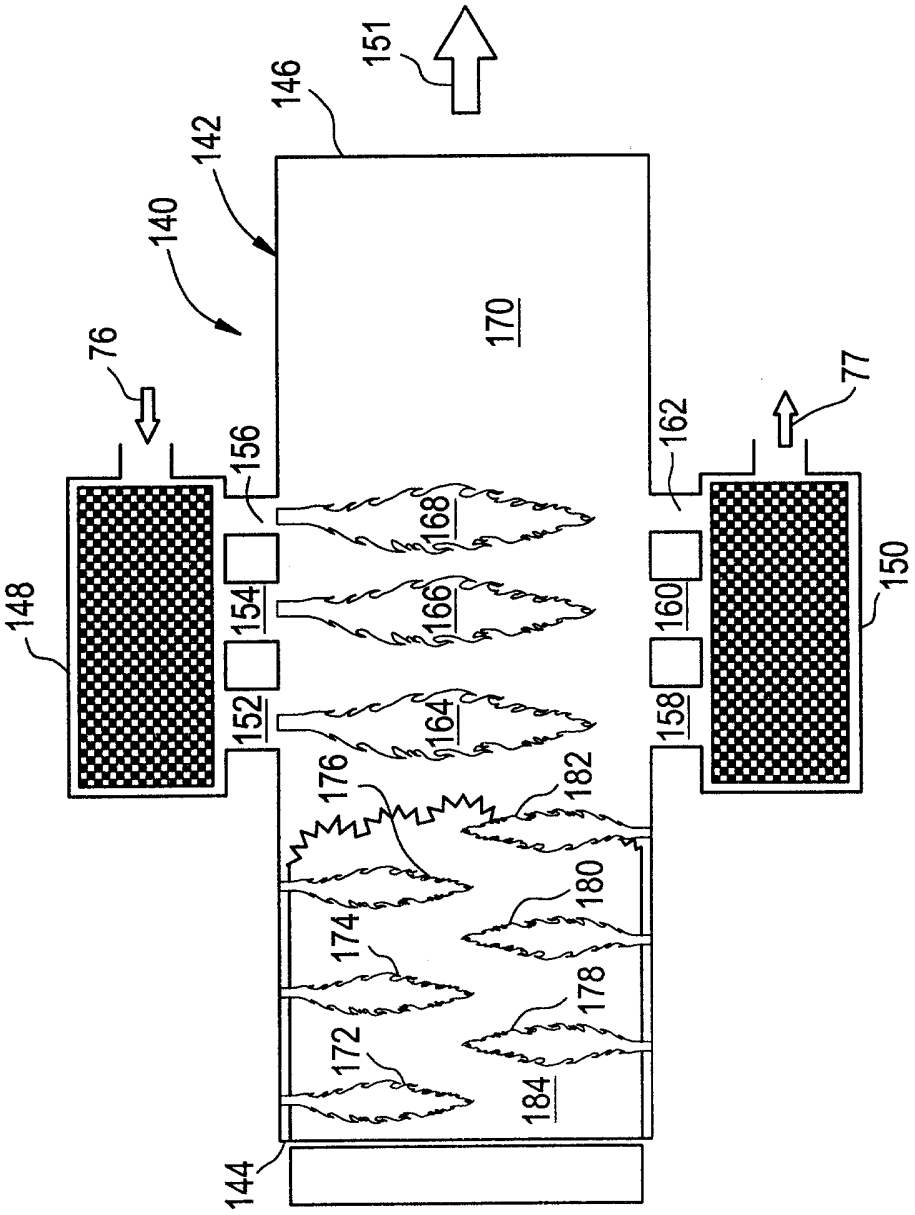
05.06.01

3



PV 6001 - 1060

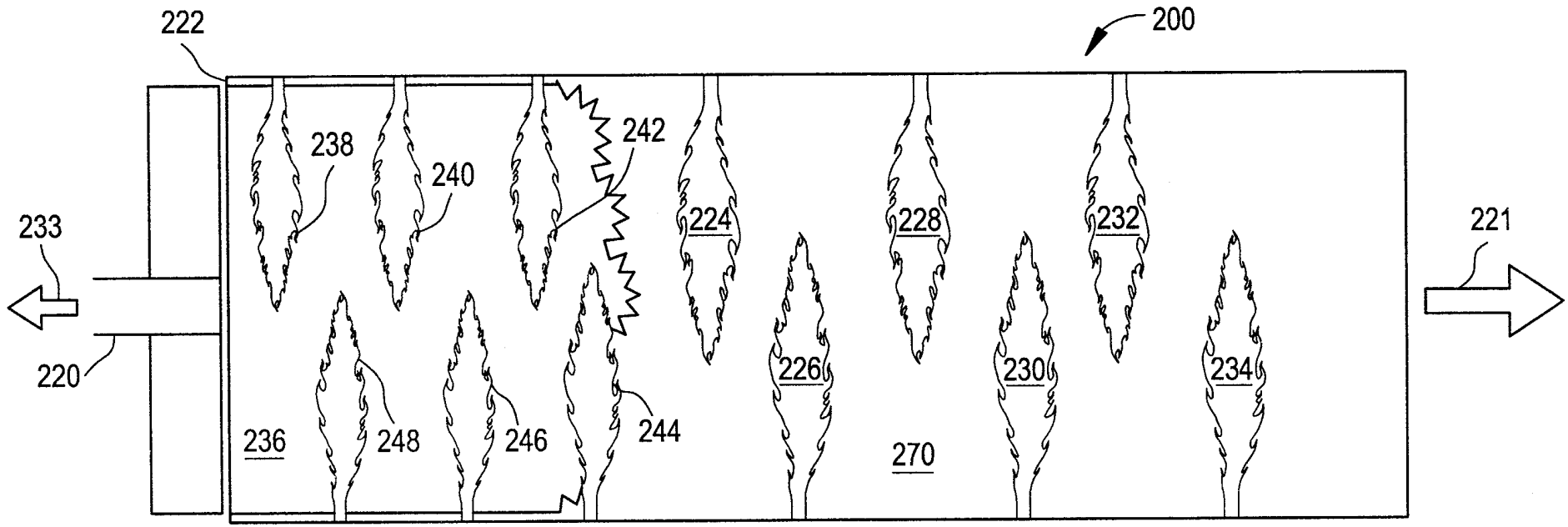
4



10-90-50

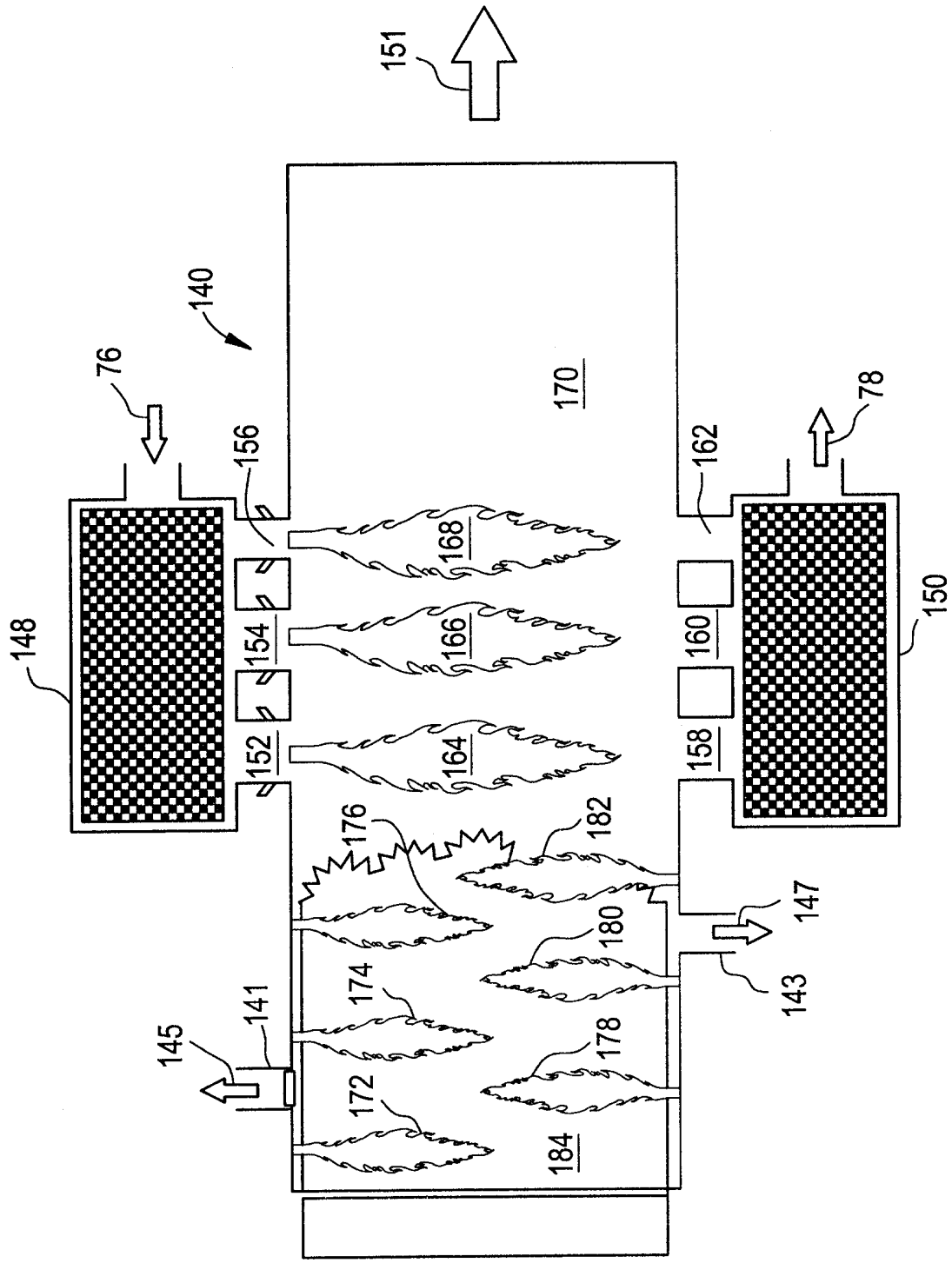
05.06.01

5



PV 2001-1060

PV 2001-1060

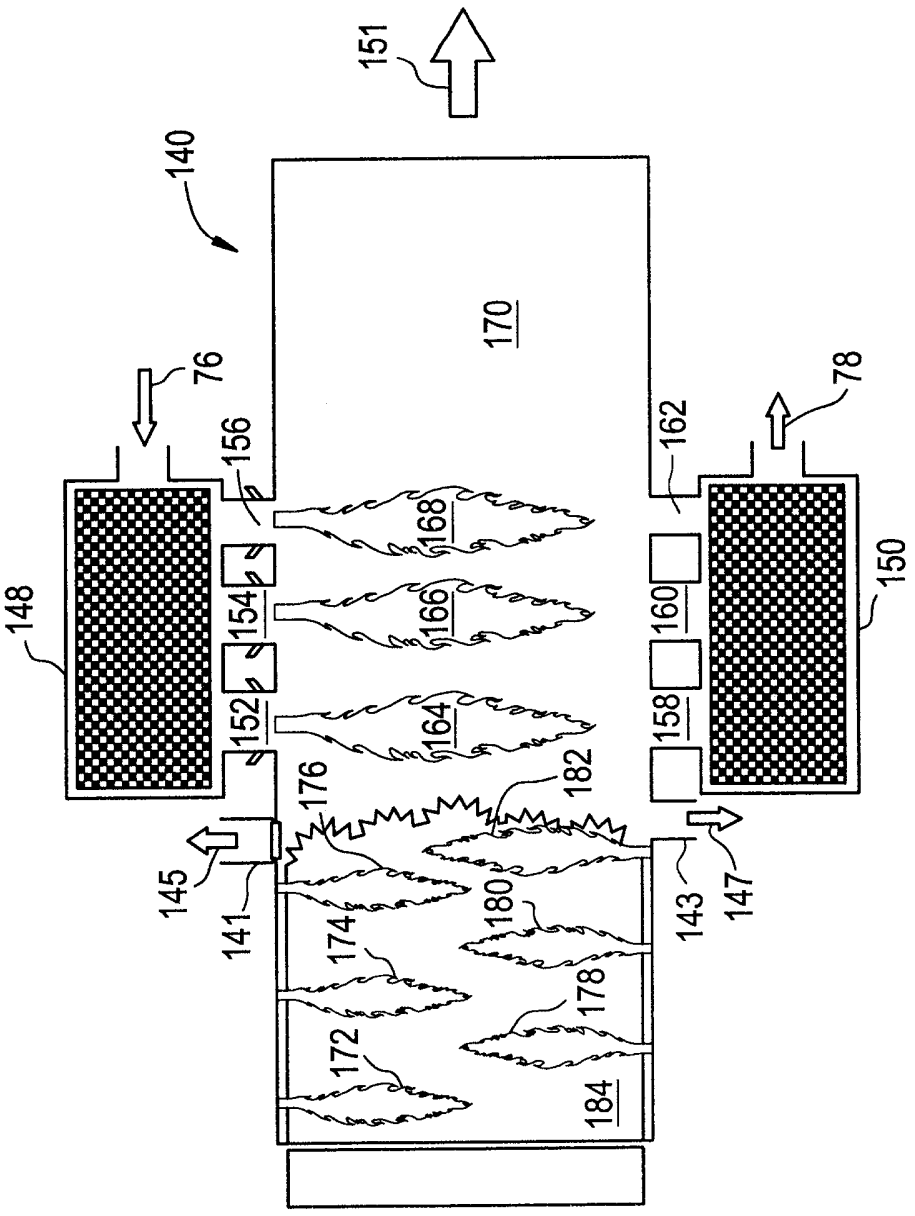


6

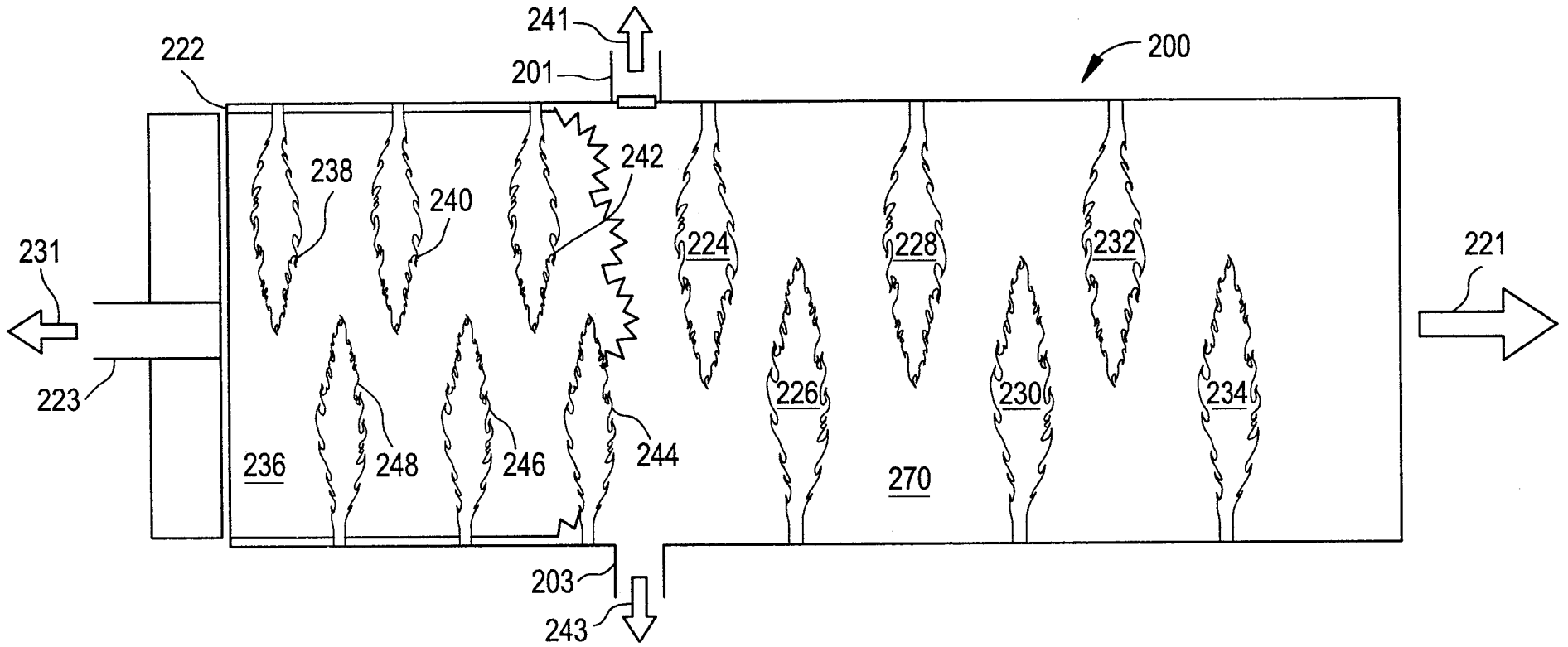
10-90-90

PV 2001-1060

7

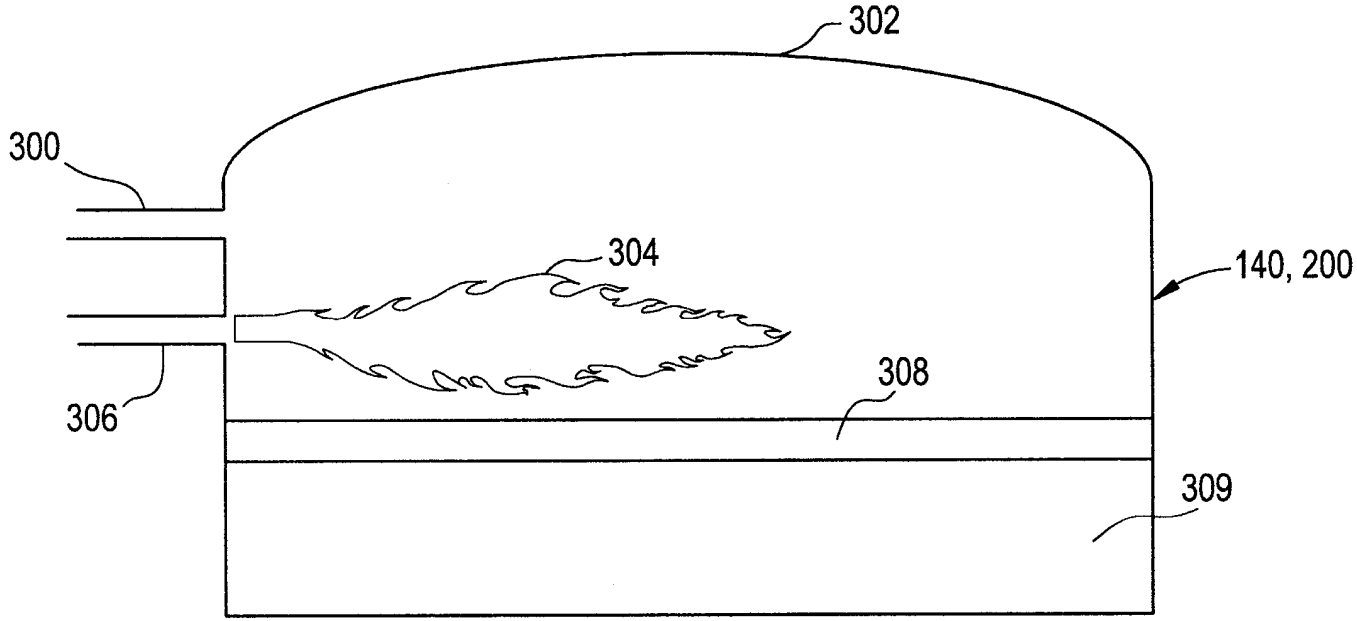


10-90-90

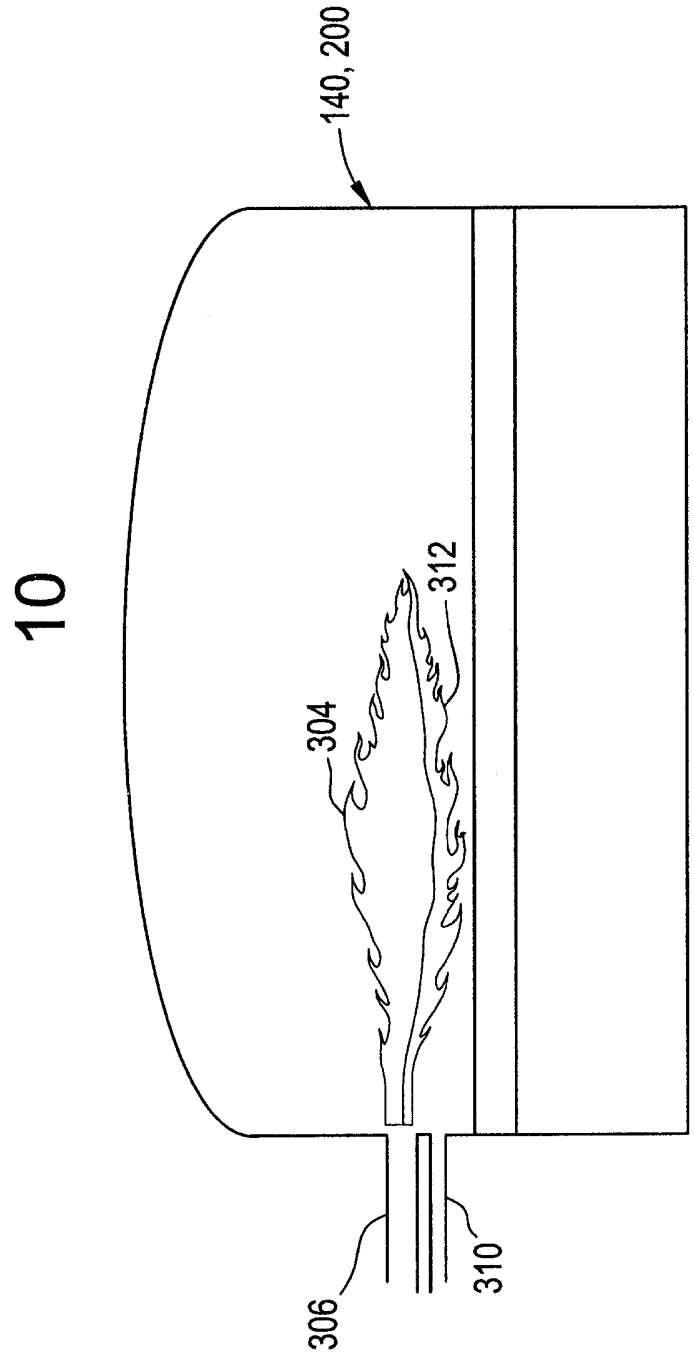

241
201
222
200
238
240
242
231
224
228
232
221
223
226
230
234
236
248
246
244
270
203
243

PN 2001-1060

9



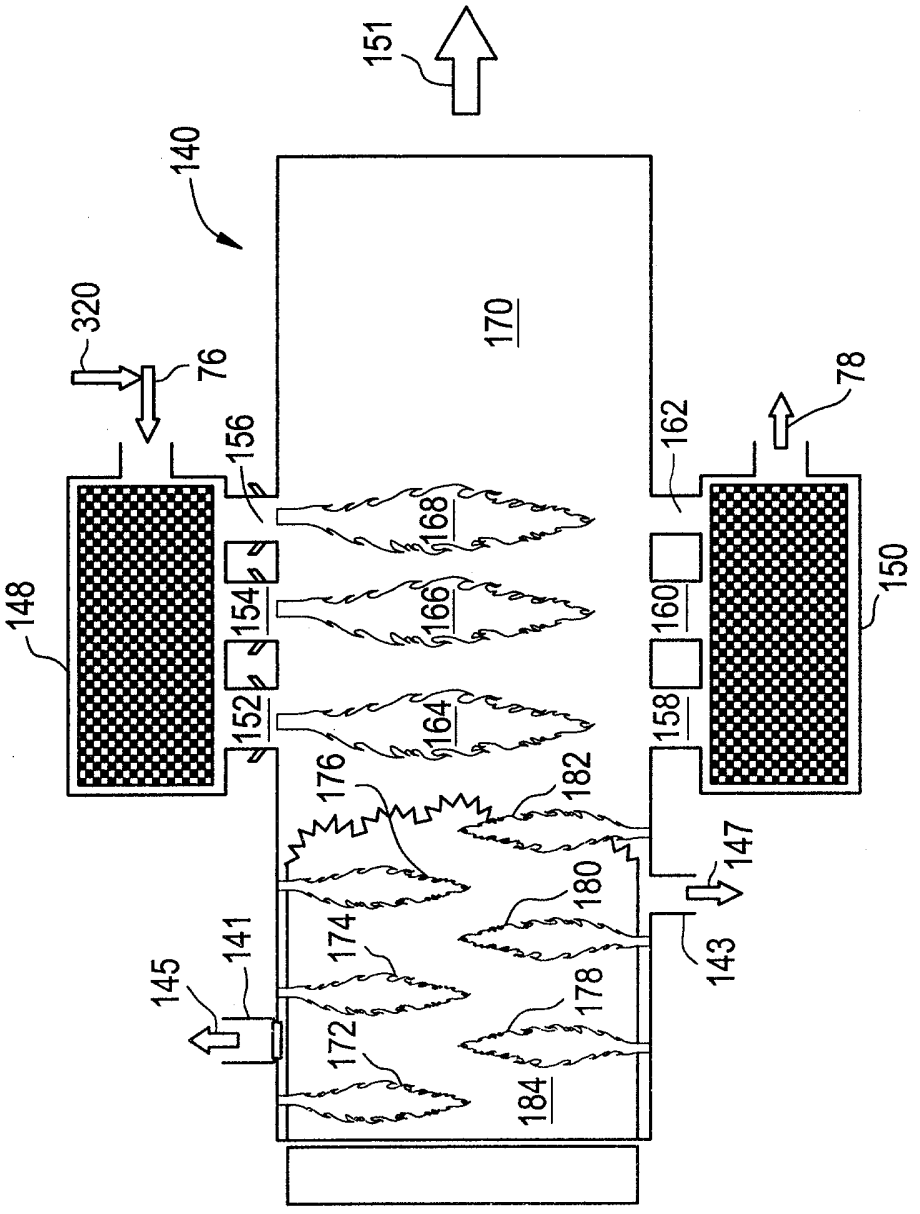
PV 2001-1060



10-90-90

AV 2001-1060

11



10-30-30