

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4955885号
(P4955885)

(45) 発行日 平成24年6月20日(2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl.

F I

B O 1 J 19/00 (2006.01)

B O 1 J 19/00 3 2 1

B O 1 J 8/06 (2006.01)

B O 1 J 8/06

請求項の数 46 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2001-563218 (P2001-563218)
 (86) (22) 出願日 平成13年2月28日(2001.2.28)
 (65) 公表番号 特表2003-525115 (P2003-525115A)
 (43) 公表日 平成15年8月26日(2003.8.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2001/000870
 (87) 国際公開番号 W02001/064327
 (87) 国際公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)
 審査請求日 平成19年10月29日(2007.10.29)
 (31) 優先権主張番号 0004934.6
 (32) 優先日 平成12年3月1日(2000.3.1)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 502316555
 ウィードン、ジェフリー、ジェラルド
 イギリス国、ミドルセクス、ティー、ダブ
 リュー、2、5、エヌ、ユー、トゥウィッ
 カム、サウス、ロード、19
 (74) 代理人 100123869
 弁理士 押田 良隆
 (72) 発明者 ウィードン、ジェフリー、ジェラルド
 イギリス国、ミドルセクス、ティー、ダブ
 リュー、2、5、エヌ、ユー、トゥウィッ
 カム、サウス、ロード、19

審査官 三崎 仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 吸熱反応の実施方法およびその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

吸熱反応実施方法であって、この方法は以下の工程：

燃焼持続媒体の存在下で、燃料を燃焼させることによって、発熱反応領域において発熱反応を開始し、それにより熱を発生させて燃焼ガス流を生じる工程において、前記燃料が予熱された状態で提供され、また前記燃焼持続媒体が予熱された状態で提供され、

前記発熱反応領域に隣接する吸熱反応領域においてプロセス供給原料流に吸熱反応を受けさせ、

熱を前記燃焼ガス流から前記プロセス供給原料流へと実質的に対流して伝達させ、それによりプロセスガス流を前記プロセス供給原料流から生成し、前記燃焼ガス流と前記プロセス供給原料流とは並流関係にあって、

前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流とを前記発熱反応領域の下流側にある熱回収領域の中に並流で流す

という工程を含み、

前記プロセスガス流からの熱は、前記燃焼ガス流に対流して伝達され、

それと同時に

前記燃焼ガス流からの熱は、対流の熱交換によって (i) 前記燃焼持続媒体へ、(i i) 前記プロセス供給原料流へ、及び (i i i) 前記燃料へ伝達され、それにより前記プロセスガス流と燃焼ガス流の温度を制御し、

前記プロセスガス流は、前記吸熱反応領域から前記熱回収領域へ直接供給され、連続的

10

20

に前記熱回収領域を通過して出口へと流れ、

前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流はある適正温度において前記方法から流出され、それにより前記方法の全体効率が最適化されることを特徴とする、吸熱反応の実施方法。

【請求項 2】

更なる流体流が前記プロセスガス流と前記燃焼ガス流との熱交換中に通過し、それにより更に前記プロセスガス流と前記燃焼ガス流の温度を制御することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

更なる流体流の 1 つが、前記吸熱反応で用いられる流れを生成するための水であることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

10

【請求項 4】

前記方法は単一の容器中で実施されることを特徴とする、請求項 1 または 2 または 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記予熱された燃焼持続媒体が、容器中の 1 本の経路中を流れることにより、前記燃焼持続媒体が接触するようになる前記経路の内側表面はこの媒体により実質的に均一な温度に維持されることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記燃料が前記熱回収領域で予熱された後に前記発熱反応領域へ大量に供給され、前記燃焼持続媒体が前記熱回収領域で予熱された後に前記発熱反応領域へ大量に供給され、前記プロセス原料流が前記熱回収領域で予熱された後に前記発熱反応領域へ大量に供給される、
という方法を含み、

20

前記燃料及び前記燃焼持続媒体に対する均一な温度の提供は、前記発熱反応領域への分布に先んじて行う各流れの別々の大量混合により達成されうることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記燃焼ガス流及び前記プロセスガス流摂氏温度での出口温度の合計は、前記プロセスガス流の摂氏温度でのピーク温度を超えないことを特徴とする、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記プロセスガス流の出口温度は 450 未満であることを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記燃焼ガス流の出口温度は 300 未満であることを特徴とする、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記燃焼持続媒体と燃料は自動着火を持続するのに十分な温度にまで別々に予熱されることを特徴とする、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

40

熱を受入れる前記流れの前記熱回収領域内における流れが、前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流の両流れの方向に対して実質的に直角であることを特徴とする、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 12】

前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流の両流れの速度が加速され、それにより両流れの熱伝達率が増すことを特徴とする、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

前記燃焼ガス流の速度が前記発熱反応領域の下流端部において増加され、それにより前記燃焼ガス流の前記プロセスガス流に対する熱伝達率が増すことを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

50

【請求項 1 4】

前記燃焼ガス流の速度と曲折が増加され、それにより前記熱回収領域に関する熱伝達率を増すことを特徴とする、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

吸熱反応触媒が前記吸熱反応領域において採用されることを特徴とする、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記プロセス供給原料流、前記燃料及びその他の流体流の温度が調整可能であり、その結果前記燃料の流れと燃焼持続媒体の流れの比率を変えことなく前記吸熱反応領域内のピーク温度を制御することを特徴とする、請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 1 7】

前記燃焼ガス流は前記熱回収領域の下流側で、ガスが清浄化される処理領域に供給されることを特徴とする、請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 の方法を実施するのに適した装置であって、この装置は、

発熱反応領域と吸熱反応領域を内蔵する格納容器シェルを備え、前記発熱反応領域は前記格納容器シェルの一端と付随する燃料プレナムを有し、複数のバーナー管と流体連通し、使用中に予熱された燃料を提供するよう構成され、

更に前記装置は、

20

前記バーナー管と付随し且つ流体連通し、更に前記燃料の燃焼を持続するために使用中に予熱された燃焼持続媒体を提供するように、また熱及び 1 つの燃焼ガス流を提供するように構成される 1 つの燃料持続媒体プレナムを備え、

前記バーナー管は前記プレナムを通過し、

また前記装置は、

前記燃焼ガス流を搬送する火室と、

使用中に予熱されたプロセス供給原料流を提供するよう構成された、前記発熱反応領域のための 1 つのプロセス供給原料プレナムを備え、

前記プレナムは複数の反応管に通じ、前記火室の内部にある前記プレナムにおいて、

前記反応管が使用中にプロセス供給原料流を含み、実質的に対流して熱を前記燃焼ガス流から受取り、前記燃焼ガス流と前記プロセス供給原料流が並流関係にある状態で前記反応管にプロセスガス流を生成し、

30

更に前記装置は、

前記反応管が熱回収領域を直接通過した、前記発熱反応領域の下流側にある 1 つの前記熱回収領域を備え、

前記熱回収領域は、前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流の両流からの熱を用いて前記燃焼持続媒体を使用中に予熱するよう構成され、更なる流体流を予熱し、更に

前記熱回収領域は、使用中に前記燃焼ガス流のみと流体流関係にある複数の熱交換モジュールと、燃焼ガス流出口と、プロセスガス流出口とを有する、

ことを特徴とする、請求項 1 の方法を実施するのに適した装置。

40

【請求項 1 9】

前記吸熱反応管と前記バーナー管とは規則的配列に構成されていることを特徴とする、請求項 1 8 に記載の装置。

【請求項 2 0】

多数の前記バーナー管は各吸熱反応管の周囲に規則的配列に構成されていることを特徴とする、請求項 1 9 に記載の装置。

【請求項 2 1】

前記熱回収領域の各熱交換モジュールは前記シェルの中に含まれていることを特徴とする、請求項 1 8 に記載の装置。

【請求項 2 2】

50

前記熱交換モジュール、もしくは個々の熱交換モジュールは、前記熱回収領域の中の前記燃焼ガス流に対して曲がった経路が規定される状態に方向づけられ且つ配置される熱交換管群の列で構成されることを特徴とする、請求項 18 ないし 21 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 23】

熱交換管群の連続配列間の距離は 0 cm ないし 10 cm の範囲内にあることを特徴とする、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 24】

熱交換管群の連続配列間の距離は 0 cm ないし 0.625 cm の範囲内にあることを特徴とする、請求項 23 に記載の装置。

10

【請求項 25】

前記熱交換管群は固定されていることを特徴とする、請求項 22 に記載の装置。

【請求項 26】

前記管は隣り合う管間の間隙に取付けられるスペーサー手段を設けることにより固定されることを特徴とする、請求項 25 に記載の装置。

【請求項 27】

前記スペーサー手段は支柱またはピンの形状であることを特徴とする、請求項 26 に記載の装置。

【請求項 28】

前記管群の前記配列は前記吸熱反応管に対して実質的に直角に配向されており、隣り合う列は互いに対して直交しており、燃焼ガス流が通過すべきマトリックスを提供することを特徴とする、請求項 22 に記載の装置。

20

【請求項 29】

個々の熱回収モジュールは自己完結型であることを特徴とする、請求項 18 ないし 28 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 30】

前記熱回収モジュールは前記シェル内で同一もしくは異なるレベルに配置されていることを特徴とする、請求項 29 に記載の装置。

【請求項 31】

前記熱回収モジュールは伝熱の必要条件に従って離間することを特徴とする、請求項 18 ないし 30 のいずれか 1 項に記載の装置。

30

【請求項 32】

前記燃料プレナムは前記供給原料プレナムの上流側にあることを特徴とする、請求項 18 ないし 31 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 33】

前記バーナー管は、前記シェルに広がる前記シェルから着脱可能な一枚の管板の中に保持されることを特徴とする、請求項 18 ないし 32 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 34】

前記吸熱反応管はシェルに広がる一枚の別の管板の中に保持されることを特徴とする、請求項 18 ないし 33 のいずれか 1 項に記載の装置。

40

【請求項 35】

前記火室内に貫通する前記バーナー管の延長部分を支えるように前記更なる管板が貫通されていることを特徴とする、請求項 34 に記載の装置。

【請求項 36】

前記バーナー管は、間隙を伴って前記更なる管板を通して伸びていることを特徴とする、請求項 35 に記載の装置。

【請求項 37】

一枚のベース管板は前記更なる管板に対して間隙を設けた状態で設けられ、それにより前記プロセス供給原料流用の 1 つの多岐管を設定し、前記多岐管は前記吸熱反応管と連通し、前記ベース管板と前記更なる管板は、前記バーナー管が通っている管によって連結さ

50

れていることを特徴とする、請求項 36 に記載の装置。

【請求項 38】

前記燃料プレナムは前記供給原料プレナムの下流側にあることを特徴とする、請求項 18 ないし 31 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 39】

前記バーナー管は前記シェルに広がる一枚の管板の中に保持されることを特徴とする、請求項 38 に記載の装置。

【請求項 40】

前記吸熱反応管は、前記バーナー管を収容している前記管板の上流側にある別の一枚の管板の中に保持され、前記吸熱反応管はバーナー管の管板を通して伸びており、そして前記プロセス供給原料流の入口は前記別の管板の上流側にある前記吸熱反応管と連通することを特徴とする、請求項 38 に記載の装置。

10

【請求項 41】

予熱された燃焼持続媒体は、前記火室箱を包囲して伸びるジャケットによって前記熱回収領域から搬送されることを特徴とする、請求項 18 ないし 40 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 42】

前記予熱された燃焼持続媒体は、前記ジャケットの壁と接触し、そして管板と接触して流されることを特徴とする、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 43】

20

前記管板は絶縁性をもっていることを特徴とする、請求項 32 ないし 40 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 44】

少なくとも 1 個の燃焼持続媒体の入口が設けてあり、そして前記入口もしくは個々の前記入口が、前記ジャケットの周囲に設けてある 1 本もしくはそれ以上の本数の燃焼持続媒体導管に連結されていることを特徴とする、請求項 41 に記載の装置。

【請求項 45】

前記バーナー管の上流側にある前記ジャケットと連結して起動バーナーが設けられていることを特徴とする、請求項 44 に記載の装置。

【請求項 46】

30

前記燃料プレナム及び/または前記燃焼持続ガスプレナムが、配管の多岐管と置換されることを特徴とする、請求項 18 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

この発明は反応方法ならびにその装置における、もしくは関係する改良に関する。

【0002】

更に詳しくは、この発明はこの種の方法と装置に関する参照事項をもっており、それによると吸熱ならびに発熱の両反応は同時に起こり、その結果前者すなわち吸熱反応に必要な熱は後者すなわち発熱反応により供給される。

【0003】

40

例えば一般的に大型改質炉を活用する天然ガスまたは他の炭素系材料の蒸気改質法を使用して合成ガスを生産することは公知であり、この大型改質炉は本質的に大型箱であって、改質管の単列または多重列を含んでおり、これらの管列を介して吸熱反応物質が流れ、これらの流れには吸熱反応を促進する触媒が含まれ、あるいは含まれていないかもしれない。

【0004】

燃焼は箱の中の大まかに言って雰囲気圧力下で発生し、管への熱の移動は主として燃焼ガスまたは改質炉の壁からの放射を経て生ずる。

【0005】

改質ガスと燃焼ガスからの廃棄熱は、一般的に分離式熱回収デバイスを介して箱の外側

50

に隣接して回収される。

【 0 0 0 6 】

この従来技法の主要な欠点は改質炉の大きい重量と空間的容積に関係し、建造ならびに構成部品に高い費用をもたらし、そしてこれらの技法を多くの場所で、特に例えば禁忌な遠隔地及び沖合で使用させることになる。

【 0 0 0 7 】

従来の改質炉ならびにその関連装置のもつ質量の大きさに関連して、これら改質炉の加熱ならびに冷却に長時間を要することになり、また関連するエネルギーの消費コストも嵩むことになる。

【 0 0 0 8 】

これら従来の大型改質炉に代わるよりこじんまりしたデバイスの設計に関して今日まで幾つかの企画がなされてきたが、限られた成果しか得られていない。

【 0 0 0 9 】

一般的に、この種のよりこじんまりしたデバイスは機械的設計上実用性が限定され、または熱効率が貧弱であり、あるいは大規模工業用としては不適切であるという問題を抱えている。

【 0 0 1 0 】

この種の試みの1つがR u h lらに付与された米国特許第5, 567, 398号で開示されており、それによると吸熱性供給原料及び発熱性燃焼ガスに対して逆流の流れの採用を本質的に教示している。この従来技術の提案の欠点は、吸熱反応のピーク温度の位置の近くにあるバーナー尖端に対して熱束のピーク部分が接近していることによる、所与の吸熱反応及び温度に対する高い金属壁温度にある。バーナー火炎の変形、あるいは燃料または空気の分布不良は如何なる程度であっても管壁温度を設計値以上となし、結果的に管の早期破損をもたらし得る。

【 0 0 1 1 】

R u h lらの提案の構成は、燃焼ガスのみによる吸熱反応送給流れの予熱を制限し、その効果として、燃焼生成ガスに含まれる廃棄熱の最大限の活用が単一容器中では達成できないことになる。結果は、この工程の全体的潜在効率が従来技術の装置により実現できないということである。

【 0 0 1 2 】

更に、R u h lらの提案の構成は、吸熱反応生成物のみによる発熱反応送給流れの予熱をやはり制限し、その結果発熱反応送給物に過剰加熱を施すことなく、この装置中の吸熱反応生成物に施し得る冷却の度合いを限定することになる。採用した容器の全体的潜在効率に及ぼす負の効果とは全く別に、「金属汚染」腐食に抵抗できなければならない下流側構成部品の選択に、やはり負の影響が及ぶ。

【 0 0 1 3 】

米国特許第5, 565, 009号が開示している吸熱反応炉は、R u h lらの教示内容に関する上述の概要に対して、特に逆流の流れ方式の影響に関連してやはり同様な欠点を示している。

【 0 0 1 4 】

工程の「効率」はいろんな方法で計測できるが、特に注目されるのは「正味燃料効率」と、そして解放された熱に移送された全熱量の比率である。前者すなわち「正味燃料効率」は工程もしくは装置の中で利用される（燃料L C Vに基づく）全燃料エネルギーのパーセント値で計測され、この値は大気中への燃焼ガス装出温度が降下すると増大する。この値はまた燃料の品質の影響を受けるのであり；燃料L C Vが下がると所定の燃焼生成物の出口温度に対する正味燃料効率が下がる筈である。

【 0 0 1 5 】

前述の比率は、燃料の燃焼によって解放される熱量の計測値と比較される工程または装置の中で伝達される熱量の計測値であって、この値は燃料や燃焼空気及びプロセス供給原料に対する全体的予熱が増すときに増大する。この値は前述の3本の流れの所望の最高予

10

20

30

40

50

熱温度または実用予熱温度であると考えられる如何なる温度によっても限定される。この比率は100%を超えることができ、しかも工程または装置の中の付加的な流れを加熱することによって最大化される。

【0016】

従ってこの発明の目的は、従来技術のもつ欠点を取除く改良した方法ならびに装置を提供することである。

【0017】

この発明の更なる目的はよりこじんまりした、そしてより費用効果のある構成を提供することであり、この構成は現存の方法及び装置により実証されるよりも潜在能力的に大きい全体的正味燃料効率ならびに解放された熱に伝達される全熱量の比率を生ずる構成である。

【0018】

この発明の第1の態様に従えば、

燃焼持続媒体の存在下で、燃料を燃焼させることによって、発熱反応領域において発熱反応を開始し、それにより熱を発生させて燃焼ガス流を生じる工程において、前記燃料が予熱された状態で提供され、また前記燃焼持続媒体が予熱された状態で提供され、前記発熱反応領域に隣接する吸熱反応領域においてプロセス供給原料流に吸熱反応を受けさせ、熱を前記燃焼ガス流から前記プロセス供給原料流へと実質的に対流して伝達させ、それによりプロセスガス流を前記プロセス供給材料流から生成し、前記燃焼ガス流と前記プロセス供給原料流とは並流関係にあって、前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流とを前記発熱反応領域の下流側にある熱回収領域の中に並流で流すという工程を含み、前記プロセスガス流からの熱は、前記燃焼ガス流に対流して伝達され、それと同時に前記燃焼ガス流からの熱は、対流の熱交換によって(i)前記燃焼持続媒体へ、(ii)前記プロセス供給原料流へ、及び(iii)前記燃料へ伝達され、それにより前記プロセスガス流と燃焼ガス流の温度を制御し、前記プロセスガス流は、前記吸熱反応領域から前記熱回収領域へ直接供給され、連続的に前記熱回収領域を通過して出口へと流れ、前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流はある適正温度において前記方法から流出され、それにより前記方法の全体的効率が最適化される。

【0019】

有利なことに、熱はプロセスガス流及び燃焼ガス流から更に回収されるのであり、熱伝達はある種の流体の流れ、例えば水を循環する供給原料飽和装置のような流体の流れに対する少なくとも1個の他の流れ回路に対して伝達される。

【0020】

この発明の方法においては、この明細書で定義されている予熱機構を使用することにより、熱を多様なプロセス流に融通性をもって伝達できるお陰で、高度の工程効率が得られる。このようにして、吸熱反応生成物、すなわちプロセスガス流の温度は概ね400のレベルに維持可能であり、また発熱性燃焼ガス流の温度は、1工程領域において250以下のレベルに維持可能である。加熱される冷体の温度ならびに更なる熱交換の経済性次第では、これらの温度の更なる降下は可能である。

【0021】

有利なことに、熱回収領域において加熱される流れの1本はプロセス供給原料用の流れに備えた水を含んでおり、特に同業技術の熟練者にとって公知である有用な方法は供給原料飽和装置に到る循環水の予熱である。その他の方法は水例えばボイラーからの流れの直接的な形成である。

【0022】

好都合なことに、受け入れる流れの熱回収領域の中の流れは一般的に前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流の両流れの方向に対して実質的に直角である。二者択一的に、熱回収領域の中の流れは一般的に発熱反応と吸熱反応の両流れの方向に対して同一方向または反対方向をとる。

【0023】

更に、流れ経路を延長することにより、含有する管の増加した表面領域を通る熱伝達及び熱伝達率を強化するために、受入れる流れを曲折される熱回収領域の中に流入させることは最適化の手段として有益である。

【0024】

好都合なことには、発熱性及び吸熱性の流れは下方を向く方向に同時流動するが、他の方向も採用可能である。

【0025】

熱回収領域の中でのプロセスガス流と燃焼ガス流間の熱伝達の最適化のために、これらの流れの速度が強化され、結果的に両流れの熱伝達率を増大する。

【0026】

この発明の方法は供給原料の、事実上燃料ガス流の予熱を許すのであり、その方法では、それぞれの流れの出口温度が予熱すなわち熱回収領域の回りの適当なバイパスにより制御されることにより、例えば米国特許第5,565,009号のような従来技術で必要であるような燃焼生成物の酸素含有量、すなわち過剰空気を調節することを要せずに、吸熱反応に対する熱の入力の制御を可能にする。従って、この発明の方法は伝熱性能の変動、例えば汚れなどにも係わらず最適効率において、あるいはその近傍で操作可能である。

【0027】

この方法はやはり燃焼領域の中に、延長した、あるいは付加した燃料管を使用することにより段階的燃焼の提供を可能とし、その結果燃料ガスは段階的に解放されてピーク燃焼温度を低減し、その結果吸熱反応管を通過するピーク熱束ならびに燃焼生成物中の窒素酸化物の濃度を低減する。

【0028】

更に、燃料ガスバーナー管は多孔質材料で構成可能であり、これにより燃料は管からその長さに沿って連続的に解放される。燃焼触媒は、まだ下方にあるピーク燃焼温度における操作を可能とするように、バーナー管の外側に適用可能である。

【0029】

この方法は燃焼の予熱を許し、これに燃焼が続き、その後燃焼生成物の熱交換により燃焼空気に戻るものであり、このことが迅速な、しかも無事故の起動及び休止を可能とし、そして冷たい空気による吸熱反応管の迅速焼入れが生じないことを保証するのであって、この場合この種の迅速焼入れは従来の、また先行技術の方法においては過剰応力負荷ならびに時期尚早な破損をもたらす得る。

【0030】

工程の起動に当たり、補助熱源からの熱の一時的な初期流用に対する備えがやはりなされるのであり、このような熱源は、燃焼持続媒体との関連においてこの目的用に準備された適当なバーナーにより構成される。

【0031】

約550以上の温度、すなわち燃料自動着火温度に対する空気の初期予熱のための装置を用意することにより、燃料ガスを、燃焼領域への噴射と同時に着火させ、その結果着火デバイスの必要がなくなる。

【0032】

前述した熱交換回路は、入力熱量の大部分が工程中で回収され、また再生されるので、この工程の起動のためには必要最小限の熱の準備を要するのみであり、従来の先行技術の工程の場合よりもかなり小さい起動エネルギー費用ですむ。

【0033】

この種の起動装置は、燃焼領域の中の好適位置に用意される燃焼開始触媒を準備することにより更に最小化されるのであり、ここでこの種の触媒は必要とする空気の予熱温度を下げる。

【0034】

更に、エネルギー効率は、工程から大気中への熱損失を最小化するような方法で冷えた燃焼持続媒体を流動させることにより得られる。

【 0 0 3 5 】

この発明はまた熱回収領域の中、またはその下流側においてプロセスガスを別の工程位相の中に通す工程を含む。例えば、このプロセスガスは熱伝達領域の中の吸熱反応管の中に含まれる別の工程区分を通して送給され、この種の区分はガスの水素含有量を増すために高温移送触媒を含んでおり、このような構成は、工程の中で水とガスの移動反応からの発熱反応熱を回収することによって更に一層全工程効率を改善する。

【 0 0 3 6 】

その上、まだ別の段階にある燃焼ガス流は熱回収領域の下流側で処理領域に送給され、この構成においてこのガスは NO_x 及びその他の汚染物質を取除くために浄化される。このような浄化作業には従来技術が用いられる。例えば NO_x の低減及び微量の部分的燃焼生成物の除去には触媒による処理が採用される。

10

【 0 0 3 7 】

二者択一的に、燃焼ガス流は直接大気中に装出される。

【 0 0 3 8 】

この発明の第2の態様によれば、第1の態様の方法を実施する装置が提供されており、この構成においてこの装置は、発熱反応領域と吸熱反応領域を内蔵する格納容器シェルを備え、前記発熱反応領域は前記格納容器シェルの一端と付随する燃料プレナムを有し、複数のバーナー管と流体連通し、使用中に予熱された燃料を提供するよう構成され、更に前記装置は、前記バーナー管と付随し且つ流体連通し、更に前記燃料の燃焼を持続するために使用中に予熱された燃焼持続媒体を提供するように、また熱及び1つの燃焼ガス流を提供するように構成される1つの燃料持続媒体プレナムを備え、前記バーナー管は前記プレナムを通過し、また前記装置は、前記燃焼ガス流を搬送する火室と、使用中に予熱されたプロセス供給原料流を提供するよう構成された、前記発熱反応領域のための1つのプロセス供給原料プレナムを備え、前記プレナムは複数の反応管に通じ、前記火室の内部にある前記プレナムにおいて、前記反応管が使用中にプロセス供給原料流を含み、実質的に対流して熱を前記燃焼ガス流から受取り、前記燃焼ガス流と前記プロセス供給原料流が並流関係にある状態で前記反応管にプロセスガス流を生成し、更に前記装置は、前記反応管が熱回収領域を直接通過した、前記発熱反応領域の下流側にある1つの前記熱回収領域を備え、前記熱回収領域は、前記燃焼ガス流と前記プロセスガス流の両流からの熱を用いて前記燃焼持続媒体を使用中に予熱するよう構成され、更なる流体流を予熱し、更に前記熱回収領域は、使用中に前記燃焼ガス流のみと流体流関係にある複数の熱交換モジュールと、燃焼ガス流出口と、プロセスガス流出口とを有する。

20

30

【 0 0 3 9 】

熱回収領域のモジュールは、直列に、並列に、もしくはこれらの混合状態に都合良く構成され、熱回収及び工程効率を最大化し、そして費用を最小化する。これらのモジュールは適当に間隔を採り、プロセスガス及び燃焼ガスの各温度の所望の変化のパターンに影響を与えるようにする。

【 0 0 4 0 】

吸熱反応管は都合良くそれらの入口端末に管板により保持されており、この管板はシェルを横切ってその中に固定され、そして好ましくこれら管の先端は拘束されておらず、従って好ましくない応力の大きさと、これが原因で生ずる管の変形の発生が回避される。

40

【 0 0 4 1 】

平均的な普通の量の炭素酸化物を含有する合成ガスと接触している最も一般的に使われている金属表面は、約800以下450未満の温度範囲における侵食及び炭化として公知の機構による腐食に露呈され、金属の錆が発生するようになり、このことは同業技術の熟練者にとって公知である。装置の熱回収領域の中でべつに発生するかもしれないこの種の腐食を避けるには、吸熱反応管に対して、例えば公知のコーティング技術であるアルミニウムの拡散被覆などの適当なコーティングを適用すると良い。

【 0 0 4 2 】

バーナー管はその迅速な整備が可能なシェルの中に横断するようにしかも脱着自在に固

50

定してある。バーナー管板を取除くことにより、シェル内の燃料入口末端を経て引き出される吸熱反応管に対する検査ならびに整備また触媒の装入及び装出が可能になる。

【 0 0 4 3 】

この工程の利益を最大化するために、圧力供給原料をできるだけ高い圧力で操作するのが有利である。概して、最大実用圧力は機構的ならびに製作上の配慮により決定されるが、これらの配慮は往々にして実用上の最大管板厚さにより固定される限界値に落ち着く。供給原料プレナムを形成する管板厚さを最小化するには、この管板は、供給原料プレナムを介して燃焼持続媒体に対する導管の外側壁を形成し、その結果相互連結された二重管板構造を形成している管に有利に固定されている。その結果、単一管板設計を採用する場合と比較して実質的に一層薄い管板厚さとなっており、低減コストと重量の有利性とは別に、起動及び休止中の著しく低い特異な壁応力ならびに潜在的歪みを生ずる。相互連結された二重管板構造を採用すると、比較的大きい直径、例えば 2 0 0 0 mm を超える直径の管板をもつ装置における 6 0 大気圧を超える圧力における工程の実用操作が可能になり、例えば生産した合成ガスを、合成ガス圧縮を必要とせずに、メタノール合成工程に直接送給することを可能とする。

10

【 0 0 4 4 】

熱回収領域を通る通路に対して適当な口がシェル内に設けてあり、また予熱された流れ、すなわち燃焼持続媒体とプロセス供給原料及び燃料の流体の流れに対する個々の領域にこの領域から外側配管が提供されている。

【 0 0 4 5 】

20

二者択一的に、熱回収領域は、例えば環状ジャケットのような内部導管と連通可能であり、この導管は発熱反応領域のバーナーに達することにより外部配管を不要とし、しかも熱損失を最小化して一層大きな熱効率をもたらす。この構成の更なる利点は、火室の耐熱性絶縁層を支持するために金属製内部壁が提供されており、この金属壁は使用に際して上方の管板及びこれに連結された壁や管と同様に燃焼持続媒体の温度に置かれているということである。容易に理解できるように、このことにより、管板が実用上異なる温度にある従来技術に基づくデバイスに関する特異な応力がないデバイスをもたらす。

【 0 0 4 6 】

この構成の更に別の利点は、実用火室の内部寸法が均一であり、底部の供給原料管板及びこれに連結された吸熱反応管の作動に順応しており、側方の膨張が実質的に常に同一の大きさであるということである。

30

【 0 0 4 7 】

なおもう 1 つの代替構成では、予熱プロセス供給原料及び / または予熱燃料は個々の分配プレナムに達する内部導管と連通可能であり、その結果外部配管の提供の必要性を排除く。

【 0 0 4 8 】

この後詳細に説明する好適な実施態様の機械的構成は次の通りである、すなわち供給原料及び燃焼持続媒体プレナムの上方と下方にある 3 つの管板ならびに壁とこれに連結された管とは、適宜適当な表面絶縁を提供することにより、全てが実質的に同一温度、すなわち燃焼持続媒体予熱温度に保たれており、その結果供給原料プレナム管板の中の好ましくない応力を最小化することを保証するだけでなく、如何なる場合でも燃焼バーナー管は燃焼持続媒体が流通する管と一線上に揃っていることを保証する。

40

【 0 0 4 9 】

燃焼ガスから吸熱反応管への熱の伝達は、燃焼ガスの局部的速度及び乱流を増すように作用する規則的に間隔を採っている不活発な形状の提供によって燃焼領域の下流端部において増大可能である。これら形状はそれらの外側表面にピンを担持する。代替的に、不活発な形状、例えばボールのような形は、吸熱反応管間における無作為的やり方でこれらの空間を充填する。

【 0 0 5 0 】

熱回収領域は熱交換管の傾斜面により有利に構成され、この管は一方が他方に対して、

50

曲折した経路が火室内の燃焼ガス流に対して規定される関係に方向性をもって配置され、その結果実用に際して他の場合に起こるよりも大きい乱流をもたらすことによって熱伝達を強化する。管の傾斜面は水平方向を採り、隣り合う傾斜面は一方が他方と直交し、実際に提供するマトリックスを通して燃焼ガス流が通過する。管は熱伝達特性を改変する外形となっている。例えば、これらの管にはバリがあり、擦れており、直径の変化するまたは挿入物をもつ形状となっている。

【 0 0 5 1 】

同様にして吸熱反応管は類似の外形をもっている。

【 0 0 5 2 】

熱回収管及び吸熱反応管の直径は、燃焼ガスならびにプロセスガスの出口温度の設計条件により調節できるように変更可能である。

【 0 0 5 3 】

不活発形状は規則的もしくは無作為なやり方で熱回収管間と、そして吸熱性管の回りに置かれ、乱流と熱伝達が更に促進される。

【 0 0 5 4 】

熱回収管の大きさ、厚さ及び長さ依存して、管の振動を防止する支柱を用意することが提案される。これらの支柱は優先的に管と管とを連結したものであり、前記管はこれらの支柱に同一方向に連結されている。有利なように、これらの支柱の設計は付加的な乱流ならびに燃焼生成物の流れの混合とを促進する設計となっている。

【 0 0 5 5 】

吸熱反応管とバーナー管とは規則的に配列される。

【 0 0 5 6 】

この種の配列が、燃料及び燃焼持続媒体の予熱方法との組合せにおいて、実質的に等しい。しかも幾何学的に同類の熱入力のために反応領域中の個々の管に提供することにより、発熱性燃焼ガス流は、実質的に同一軸線方向の、しかも円周方向の管壁温度の形状を生ずるようなやり方で吸熱反応領域に導入される。

【 0 0 5 7 】

個々のバーナーに対する平均温度燃料及び燃焼持続媒体の重要な提供は、個々のバーナーへの分布に先んじて行う別々の大量混合により達成される。この目的のためにやはり燃料ガスバーナー管に対する絶縁体の外部からの適用がなされ、その結果隣り合う予熱済み燃焼持続媒体の流れによる燃料ガスの差動加熱が最小化されることを保証する。

【 0 0 5 8 】

個々のバーナーに対して等しい流れを提供することは、個々のバーナー管の入口における拘束オリフィスの配置により保証され、これらのバーナー管は十分な圧力降下を提供しており、あらゆる環境条件下で個々のバーナーに対して実質的に等しい流れを保証している。同様に、個々のバーナーに対する燃焼持続媒体の流れへの付加的圧力降下の提供は、個々のバーナー管に対する実質的に等しい流れを保証するために個々のバーナー管を取り囲む環体において提供される。

【 0 0 5 9 】

最終的熱回収領域の下流側に提供されている燃焼ガス流のためのガス浄化相があり、この種の相は NO_x 及びその他の汚染物質、そして所望ならば実質的にあらゆる過剰酸素の除去の提案を含んでいる。ガス浄化相はシェルの中に組み込まれ、更に熱回収デバイスを組み込んでいる。

【 0 0 6 0 】

その上、別の相が、例えば水素含有量の強化用の高温または低温移動の反応装置としてプロセスガス流のために含まれている。再度、この相はシェルの中に、更に好ましくは熱回収領域の中の適当な配置における吸熱反応管の中に含まれる。

【 0 0 6 1 】

少なくとも1個の起動バーナーが熱回収領域の下流側に提供され、この熱回収領域においては燃焼持続媒体、すなわち空気が燃料バーナーからの燃焼生成物により予熱される。

10

20

30

40

50

この例では、この装置のどの点における温度でも関連の局部的操作温度を超えることはない。この点における空気を予熱する、例えば赤外線ヒーターなどの代替的手段が利用される。

【 0 0 6 2 】

この装置から大気への熱損失量は、この装置の外側シェルの内側もしくは直接の外側のどちらかにある火室または熱回収モジュールの外側の冷たい燃焼持続媒体を搬送する適当な導管の提供により最小化される。

【 0 0 6 3 】

実施例によってのみこの発明に係る吸熱反応を実施する方法と従ってその装置について、添付の図面を参照して以下に説明する。

先ず図 1 ないし 4 を参照すると、一般的に 1 で示す装置には、各端末がドーム形をし、そして図示のように垂直方向をもったシェルを含んでいる。

【 0 0 6 4 】

シェルの頂部ドーム 4 は、絶縁体 3 0 1 を具備し、絶縁材料 8 からなる孔開け加工を施した基盤を伴った燃料プレナム 6 を形成し、燃料入口 1 0 がプレナムの軸線方向に設けてある。ドーム 4 はシリンダー 1 2 に載置され、第 1 管板 1 4 は基盤 8 とシリンダー 1 2 の頂部の中間に位置し、管板 1 4 とシリンダー 1 2 とはボルト付きフランジ 3 0 2 で連結されている。膨張デバイス 1 6 が管板 1 4 と外側シェル 2 の間に設けてある。管板 1 4 は、孔開け加工した基盤 8 と見当合わせするように孔開け加工を施すことにより順応し、そして基盤 8 から垂れ下がり、かつ第 2 管板 2 2 と第 3 管板 2 4 を通ってシリンダー 1 2 の中に形成された火室領域 2 6 を貫通して伸びるバーナー管 2 0 の上方端末 1 8 を固定する。拘束オリフィス 3 0 3 は、それぞれのバーナー管の上方端末 1 8 に配置され、絶縁層 3 0 4 がそれぞれのバーナー管 2 0 の外側の一部に設けてある。ドーム 4 は、清掃や交換のためにバーナー管 2 0 に接近可能なように、管板 1 4 及びこれに連結されたバーナー管 2 0 と同様に脱着自在である。

【 0 0 6 5 】

第 2 管板 2 2 と第 3 管板 2 4 の間には、プレナム 4 0 が形成され、この中には使用に際してプロセス供給原料が導入され、そして前記プレナム 4 0 とシェル 2 の外壁 3 0 を通って伸びる流入口 3 2 が設けてある。プレナム 4 0 の外壁 3 0 は、使用に際して燃焼空気が通過可能なシリンダー 1 2 の壁と共に環帯 3 4 を形成する。複数の管 3 0 5 が連結し、しかも管板 2 2 , 2 4 に連結され、これら管板を介してバーナー管 2 0 が伸びており、これらのバーナー管 2 0 は、使用に際して燃焼空気の環帯 3 8 の通過を許すように管 3 0 5 の口径から遊離している。絶縁体 3 0 6 の層は管板 2 2 、 2 4 に対して内側に、そしてプレナム 4 0 の外壁 3 0 の内側に提供されている。

【 0 0 6 6 】

プレナム 4 0 は吸熱反応管 4 2 と流体連通され、そして個々の管 4 2 の上方部分 4 3 の中に保たれた触媒 4 1 の装入と交換とを許すために 4 4 に接近用プラグを備えている。管 4 2 は管板 2 4 の中に固定されているが、それらの下方端末において自由に集合的にしかも個別に動ける。脱着自在な管状挿入物 3 0 7 が絶縁目的で管 4 2 の入口に設けてある。個々の管 4 2 の比較的下方の部分 4 5 の中に、軸線方向に空間的に配置された中子管 4 6 があり、この管は環帯を形成し、この環帯を経て、使用中の処理ガスが流される。反応管 4 2 とバーナー管 2 0 は規則的に配列される。

【 0 0 6 7 】

火室領域 2 6 は、外側が収容壁 3 0 9 となっている吸熱反応管 4 2 の最外側を包囲する絶縁層 3 0 8 により側方に形成されており、ここで収容壁 3 0 9 は、シリンダー 1 2 と共に燃焼空気の通路としての環状通路 6 4 を設定している。

【 0 0 6 8 】

吸熱反応すなわち燃料の一次燃焼がその内部で実際に発生する火室領域 2 6 の下流側にモジュール式熱回収領域があり、この領域は燃焼空気を予熱する第 1 部分 5 0 からなり、この部分 5 0 は収容壁 3 0 9 を、それぞれが横断し、水平に伸び、そしてそれぞれがマト

10

20

30

40

50

リックス 5 6 を形成するように互いに他に対して直交している構成をもつ上方に隣接する傾斜面に設けた熱交換用管構造 5 4 から成っている。管 5 4 への空気入口 5 8 は図示のようにシェル 2 の中に設けてあり、外側シェル壁の内側に設けてある通路 6 0 を経て環状通路 6 4 を通る管 5 4 から出る空気と連通している。環状通路 6 4 を貫通して補助バーナー 6 5 があり、このバーナー 6 5 はこの明細書で説明するように起動時に使用される。火室領域 2 6 のなかの管 5 4 の直上で、そしてバーナー管 2 0 の端末の下流側に、以下に説明される目的のための流れ強化デバイス 6 6 がある。

【 0 0 6 9 】

第 2 熱回収部分 7 0 が第 1 の前記熱回収部分 5 0 の下流側に配置され、これらの第 1 熱回収領域の傾斜面と同様のやり方で配列された熱交換管 7 2 の傾斜面から成り、そして入口 7 4 と出口 7 6 は分配ならびに集合多岐管 3 1 0 , 3 1 1 と流体連通してシェル壁の中に提供されており、これらは供給原料を予熱する目的でプロセス供給原料の流れを含む意図をもつ管に連結されており、出口 7 6 は適当なパイプ加工（図示してない）により、プレナム 4 0 の入口 3 2 に連結されている。

【 0 0 7 0 】

モジュール化した第 3 熱回収部分 8 0 は第 2 熱回収部分 7 0 の下方に配置され、そして再度この部分 8 0 は同様な熱交換管 8 2 により構成され、予熱されるべき流体の流れに対する入口 8 4 と出口 8 6 が設けられている。同類設計の他の熱回収モジュール（図示してない）が第 2 と第 3 の熱回収部分 7 0 , 8 0 の間に含まれている。

【 0 0 7 1 】

シェル 2 の下方端末は脱着自在なドーム型基盤 9 0 により閉じられており、この基盤 9 0 は吸熱反応管 4 2 と見当合わせされる装出領域 9 2 を設定する。排気燃焼ガスの出口 9 4 は領域 9 2 と連結し、大気中かまたはガス浄化相（図示してない）の何れかへの燃焼ガスの流出を許す。このガス浄化相は所望とあれば領域 9 2 の中に含まれる。吸熱反応管 4 2 の下方端末 9 8 は中子管 4 6 を保持し、しかも浄化目的と、そして必要性が生じた場合に中子管 4 6 の取除きをするための脱着自在なプラグ 1 0 0 を有している。管 4 2 の端末 9 8 は小さい直径の管 1 0 1 の仲介を経て少なくとも 1 個の集合ヘッダー 1 0 2 に連結され、管 1 0 1 は充分可撓性があり、管 4 2 に圧縮応力を加えなくとも熱作動が可能である。

【 0 0 7 2 】

集合ヘッダー 1 0 2 から流出するプロセスガスは使用のためまたは更なる処理のために出口 1 0 6 を通過する。この後者の箇所において、プロセスガスは高温または低温の移動反応装置（図示してない）に送給される。集合ヘッダー 1 0 2 と出口 1 0 6 は管 4 2 の全体的膨張に順応するために垂直方向に自由に動く。シール 3 1 2 が設けてあり、出口 1 0 6 を取囲む大気中に燃焼生成物が流出するのを防止する。

【 0 0 7 3 】

操作において、予熱済み燃料は適当に入口 1 0 を経て燃料プレナム 6 の中に導入され、それ以後この燃料はバーナー管 2 0 に流入し、このバーナー管の周囲では予熱済み燃焼空気が、バーナー管 2 0 と、そしてプレナム 4 0 を通過する包囲管 3 0 5 との間に設定される環帯 3 8 の中を通る。立ち上がり時に起動に際して、空気は入口 5 8 を通って流入し通路 6 0 を通って送給され、その後管 5 4 に流入するのであり、ここから通路 6 4 に流入する空気は補助バーナー 6 5 を用いて予熱される。この空気は超大気圧、例えば 1 0 1 5 p s i g の下にある。燃料の燃焼が火室領域 2 6 の中で起こり、そしてバーナー管 2 0 と空気経路の幾何学的形状は、燃料と空気の立ち上がり時の混合作用が最小化され、その結果燃焼を遅延させ、その結果吸熱反応管 4 2 上の熱点の発生傾向を低減するような形状である。生成された「乱流拡散火炎」は長く、薄い火炎という特徴を有する。

【 0 0 7 4 】

燃料の燃焼は発熱反応であり、従って熱は火室領域 2 6 の中に発生し、そして熱の伝達は吸熱反応管 4 2 に向けて実質的に対流して起こり、この管 4 2 を経てプロセス供給原料、例えば天然ガス及び蒸気が流れる。個々の管 4 2 の上方部分 4 3 の中にある触媒 4 1 は

10

20

30

40

50

化学反応の誘因となり、この化学反応はその特徴が吸熱性であり、火室領域 2 6内の燃焼ガスから熱を吸収する。燃焼ガスとプロセスガスとは、発熱性生成物と吸熱性反応物との間の熱交換中に同時流動する。

【0075】

燃焼ガスは火室領域を通過し、そして流れ強化デバイス 6 6 に遭遇するのであり、このデバイス 6 6 は燃焼ガスにとって利用可能な流れ領域を減らす作用をし、その結果管 4 2に対するガスの速度ならびに対応する熱伝達率を連続的に増す。本質的には不活性形状をもつデバイス 6 6 からの熱的放射を経て管 4 2に到る増大した熱入力が、やはり存在する。

【0076】

同時発生的に、プロセスガスは下方に流れ、そして同様に中子管 4 6に遭遇するのであり、この中子管は管 4 2中の流れ通路を拘束し、そのため流れ速度を増してこの管の壁を横切る熱の伝達を強化する。

【0077】

プロセスガスと燃焼ガスとは装置 1 を下方に通過し第 1 熱回収部分 5 0 を通るのであり、この場合、燃焼ガスは入口 5 8 から通路 6 0、管 5 4及び通路 6 4 を経てバーナー管 2 0に流れる間に予熱される。上記に示したように、マトリックス 5 6は扱う燃焼ガスに対して曲がりくねった経路を作りだし、従って熱伝達機構の強化は管 4 2ならびに管 5 4の双方にとって効率を最適化し、そして熱の伝達を最大化する結果となる。模造管 3 1 3は全ての熱回収モジュールを通過して、燃焼生成物のバイパスを阻止し、そして全ての管 4 2からの熱の平均的除去を保証するように設けてある。

【0078】

部分 5 0 内の熱伝達の主要手段は燃焼ガスからの対流ならびに吸熱反応管 4 2からの直接輻射を経てなされ、これらの対流も輻射も共に燃焼空気予熱管 5 4に対する。微量の熱が燃焼ガスから管 4 2に伝達されるが、正味の効果は管 4 2からの熱損失の効果である。従って、プロセスガスと発熱反応生成物の流れの温度は部分 5 0 を経て連続して下降し低減する。

【0079】

燃焼ガスとプロセスガスからの供給原料に対する熱の伝達によって、更なる熱が第 2 熱回収部分 7 0 の中に回収されるのであり、ここでこの供給原料は基板を形成する傾斜面の形で管 7 2を通過して入口 7 4 から出口 7 6 に向けて通る。この部分 7 0 の中の伝熱機構は本質的に第 1 領域 5 0 に対する伝熱機構に等しく、ただし輻射による全伝熱量の割合は著しく低減されること、そして一旦燃焼生成物の温度が、熱的連通状態にあるプロセスガスの温度よりも下がると、熱の伝達は管 4 2から燃焼生成物の流れに到り、この逆は成り立たない、ということは異なっている。予熱済みプロセス供給原料は次に出口 7 6 から多岐管 3 0の入口 3 2 に送給される。

【0080】

第 3 熱回収部分 8 0 に対する関係において同様に、熱伝達のやり方は同じであり、そしてこの場合は、適当な流体、例えば供給原料飽和装置の循環水のような流体が予熱可能である。

【0081】

他の予熱部分（図示してない）において、予熱されるべき他の流れの 1 つが含まれている燃料ガスは続けて装置 1 の入口 1 0 に送給される。

【0082】

ここで図 5 を参照すると、図示の工程及び熱の流れ線図では、これまでに説明した工程が図解しており、そして発熱性の、すなわち燃焼、反応領域 5 0 0 が見られ、この領域では、予熱済み燃料が燃焼されて熱を発生し、この熱は主として対流により吸熱反応領域 5 0 1 に送給される。予熱済み供給原料は領域 5 0 1 に送給され、反応が起こる。熱い反応生成物は、領域 5 0 0 からの燃焼ガス流の作用と同様に熱回収領域 5 0 2 の中に流入して反応生成物冷却作用が適用される。プロセスガスからの熱を受入れる燃焼ガスによって対

10

20

30

40

50

流による熱伝達が生ずる。冷たい流体の流れは、プロセスガス管からの直接的輻射を経た比較的少量の熱と同様に、燃焼ガスの流れから熱を対流によってのみ受入れる。冷たい流体の流れは、燃焼ガスと、燃料と、そして吸熱反応領域用の供給原料を含んでいる。その他の冷たい流体の流れはやはり「流体の流れの加熱作用」とラベルを貼った部分における領域 502 中で予熱されるのであり、これらの流れに対する予熱の供給量が多いほど工程の正味の燃料効率が大きくなる。

【0083】

燃焼ガスの流れはこのように反応生成物を冷却し、そしてこの流れ自身が冷たい流入流体の流れにより冷却される。従って同一の燃焼ガス流が、同一のプロセスガス流の、反応領域 501 における加熱と、そして熱回収領域 502 における冷却の双方に利用される。

【0084】

ここでパラメータ的条件を含んだ発明に関する方法の詳細説明を述べる特殊事例が述べられる。

【0085】

実施例によると、蒸気と天然ガスの混合物が図 7 の装置に送給されるのであり、この装置は蒸気変形作用を経た水素の生成物に対する方法の一体構成部品を形成する。

【0086】

説明した方法に用いる燃料は、PSA (Pressure Swing Adsorption) ユニットのような水素分離システムからの再生した浄化ガスで支配的に構成されている。

【0087】

説明した装置の中の供給原料、燃料及び燃焼空気の予熱に付加して、水素生成工程の中その他の流れの予熱が表 1 に示すような装置の中から回収される。

【0088】

図 7 による装置は全体寸法が 3400 mm の内径 (ID)、 $14,200\text{ mm tan / tan}$ の長さをもち、 $34,000\text{ Nm}^3/\text{hr}$ の水素を含む流れを生ずるように設計されており、適正で 80 % の水素回収効率において、純水素生成率、 $27,250\text{ Nm}^3/\text{hr}$ (約 25 MM scfd) を生ずる。

【0089】

供給と生産の条件及び流れは表 1 に示す通りである。装置の中の生成ガス組成は、 19.7 barg 及び 900°F で算出され、 16.7°F (30°F) の蒸気/メタン反応に対して「平衡への接近」を仮定している。

【0090】

燃料の燃焼は化学量論的必要条件より上の 10 % 過剰空気を用いて実施される。

【0091】

装置を去ってゆく生産品再生ガスと燃焼生成ガスの流れの温度は、それぞれ 369°F と 212°F と算出される。

【0092】

実施例が示すのは、説明した方法及び装置により達成される高度の正味燃料効率と伝熱率であり、これらはこれまでに達成された何れの比較可能な従来技術におけるものよりも優れている。ここでやはり考慮すべきことは、これらはまた公知の従来技術による再生技術を用いて達成されるよりもかなり縮小した空間ならびに重量で達成できるということである。

【0093】

表 1

		供給ガス	生成ガス
流量 :	(kg mol / hr)	1750	2493
圧力 :	(barg)	28.7	18.7
温度 :	()	352	369
組成 :	(mol %)		

10

20

30

40

50

H ₂ O	7 1 . 9 4	3 1 . 6 2
H ₂	2 . 5 2	5 0 . 4 4
CO		1 0 . 9 1
CO ₂	1 . 7 0	5 . 1 8
CH ₄	2 3 . 7 2	1 . 7 6
N ₂	0 . 1 2	0 . 0 9

燃料

流量：	(k g m o l / h r)	6 9 9	
圧力：	(b a r g)	3 . 5	10
温度：	()	1 0 8	
L C V：	(W . h r / k g)	2 6 6 4	

燃焼空気

流量：	(k g m o l / h r)	1 8 3 4
圧力：	(b a r g)	1 . 1
温度：	()	9 3

—
装置の中の熱平衡：
(熱回収領域のみ)

20

燃焼生成物から利用可能な熱：	(M W) 2 0 . 9
再生ガスから利用可能な熱：	(M W) 1 3 . 1
合計：	3 4 . 0

予熱ずみ流れに対する熱負荷	(M W)	
燃焼空気：	8 . 8	
供給原料：	5 . 4	
燃料：	3 . 1	
予備再生供給量：	3 . 6	30
脱硫供給量：	0 . 5	
飽和装置用水ヒーター：	1 2 . 6	
合計	3 4 . 0	

正味燃料効率 * ： 8 6 %

伝熱率 = 伝達した全熱量 * * ： 1 . 5 1

解放全熱量 *

* 燃料 L C V に基づく

* * 燃焼及び熱回収両領域の合計

【 0 0 9 4 】 40

図 8 には、図 7 A の装置の変化態様を示してあり、この態様では供給原料と燃料管を配置し、そして支持するために使う管板のかわりに、パイプ構造の多岐管が用いてあり、これにより管板の必要性を除いてあり、単一管板または多重支持部材がプロセス管用として使用されている。その上、入口の燃焼空気配管は取除かれており、この実施態様における燃焼空気は外側環体を経て予熱用管に流れている。

【 0 0 9 5 】

プレナムと多重管板は、入口流れの分布用として適当なパイプ構造の多岐管と置き換えられ、従ってこの発明は同等な形態を包有すると解釈されなければならないということが理解されよう。

【 0 0 9 6 】

50

前述の内容から容易に評価されるように、この発明の装置は、発熱反応と吸熱反応との両方を含む一連の工程段階である 1 個の容器の中で実施する、こじんまりしたしかも効果的で効率的な手段を提供するのであり、この構成において前者すなわち発熱反応は後者すなわち吸熱反応に必要な不可欠な熱を同時に流れる個々の生成物の流れと共に提供する。熱回収領域の直列的構成は燃焼空気に対する、そして燃料と供給原料に対する予熱の利点を用いて、容器の上流側に発生する反応からの熱の抽出を最適化する構成である。

【 0 0 9 7 】

単一容器の中の熱回収管理体制と連結する発熱反応と吸熱反応との両者のカプセル封入により、高度の正味燃料効率に併せ限定された空間と、そして容積必要条件とがもたらす利点を更に提供する。

10

【 0 0 9 8 】

この発明は、この発明のもつ一般的な発明の範囲から逸脱することのない方法で実施されることが同業技術の熟練者により評価されよう。従って、合成ガス、例えばアンモニアの生産に関しては、この発明は第 2 の再生触媒を下流側火室領域に提供することにより採用化可能であり、これにより第 2 再生触媒の上方の空気による高圧における部分的燃焼のために燃料ガスのかわりにパーナー管に再生ガスが送給される筈である。第 2 再生触媒を出る合成ガスは次に、図に関連して説明してあるように熱回収に露呈される。

【 0 0 9 9 】

熱回収管は容器を横切って、しかも水平に配置されているように説明されてきたが、これらの管は、この管の中の予熱流体の流れが、燃焼ガスとプロセスガス流と一致するように構成されているということが理解さるべきである。

20

[産業上の利用可能性]

【 0 1 0 0 】

原理において、この発明は、燃料の燃焼を経て工程に適用するのに熱が必要とされる場合であれば何処にでも用途を見出す。最も一般的に言って、これは天然ガスまたはその他の空気もしくは酸素を伴うガス性燃料の燃焼を経て発生する吸熱反応であろう。

【 0 1 0 1 】

特に好適な実施例は、天然ガスの蒸気再生法による合成ガスの生産である。得られた合成ガスからは、例えば水素、メタノール、アンモニア、合成燃料及びワックス、そして合成ガス、特にその中でも酢酸とかアルデヒドなどから造られたもっと複雑な構造の化学薬品といった多くの種類の下流側生産品が生産可能である。

30

【 0 1 0 2 】

この発明を用いる合成ガスの生産がやはり見出す用途は、例えば直接還元製鉄 (D R I) のような冶金の分野で使用する還元性ガスの用途である。

【 0 1 0 3 】

この発明の実用的に好適な用途に関する別の実施例は、各種の有機質供給原料の脱水素処理を含む工程に存在する。このようにしてこの発明によりエタンからエチレンが生産可能であり、同様にプロパンからプロピレンが、またブタンからブチレンなどが生産可能である。これらの生産物はオレフィンに限定するものではなく、しかも多くの種類の循環的もしくはその他の複雑な有機質化合物が生産可能である。

40

【 0 1 0 4 】

この発明はまた単純に点火ヒーターとして使用して、単一流れまたは多重流れを適当な燃料の燃焼によって加熱することができる。1 つの実施例は蒸気発生ボイラーである。

【 0 1 0 5 】

用途は、その他の工程装置類、例えばガスタービンなどとの関係において見出すことができ、この場合ガスタービンから排出されるガスはこの発明における燃焼持続媒体として利用できるのであり、結果的に組合せ工程に対して極めて高度な熱効率を得る。

【 0 1 0 6 】

この発明の主要な適用分野は水素ならびに合成ガス派生物の生産に存在すると期待される。

50

【 0 1 0 7 】

この発明は、蒸気再生装置のような従来のデバイスと比較した場合に、高度な効率ならびにモジュール設計と同様に、空間と重量、従ってコストの著しく低減された装置を提供するので、この発明の主要な用途の1つは、精錬所及び工程プラントにおける従来のデバイスに採って替わるものとなる。

【 0 1 0 8 】

低減された空間と重量をもつことがこの発明を、工業規模の工程プラントの、例えば沖合における建設のような、遠隔地か、または補給が困難な場所か、何れかの場所にもってくるのに特に有効ならしめる。特に、この発明を採用すると、今日まで従来技法を駆使する装置のもつ寸法と重量が巨大なために実施できなかった、例えば水素、メタノールなどの前述の生産物の製造用の生産設備を抱える沖合固定式プラットフォーム、はしけ、もしくは船舶などの建造が可能となる。これらの設備からの生産物は市場その他に船積みまたはパイプ輸送で直送されるのであり、そのため、そうしないと不経済なガス抽出作業となる筈の少量かつ限界収益的な天然ガスの事業分野の開拓を容易化する。

10

【 0 1 0 9 】

更に、この発明の装置は、上記に指示し CO_2 及び水の回収を容易化する圧力よりも高い燃焼圧力において操作可能である。実際の圧力は CO_2 の除去の経済性に依存するが、5ないし20 bar gの圧力範囲内にあるように考慮する。特殊な用途は例えば沖合などの遠隔地の場合であって、このような場所においてガスはオイルまたは天然ガス貯蔵装置から抽出され、また更に圧縮した後に現場に再噴射された水素やその他の生産物、及び燃

20

【 0 1 1 0 】

CO_2 放射に関する環境の観点から、この発明は大気中への CO_2 の解放という必然的問題を別にして、天然ガスの水素とエネルギー値の回収と利用に使用する。

【 0 1 1 1 】

二者択一的に、 CO_2 は、 CO_2 の単独再噴射に先立って燃焼生成物から抽出可能である。従って、回収されたメタンの全てのモル（グラム分子）に対して、 CO_2 の1モルは再噴射される。従ってただ1つの重要なプラント放射物は消費した空気から由来する窒素の筈である。

30

【 0 1 1 2 】

この発明は関係する高圧の観点から、 CO_2 の回収に係わっている。更に、容器中の燃焼空気の圧力が増すことは何ら問題視されず、しかも燃焼生成物を圧縮する作業よりも効率はよくまた低コストである。

【 0 1 1 3 】

この発明はこのようにして、用途の範囲の広大性のために汎用性が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1A】 この装置の頂部を通る垂直断面図である。

【図1B】 この装置の中央部分を通る垂直断面図である。

【図1C】 この装置の底部を通る垂直断面図である。

40

【図2】 図1のII-II線の断面図である。

【図3】 図1のIII-III線の断面図である。

【図4】 図1のIV-IV線の断面図である。

【図5】 工程と熱の流れの線図である。

【図6】 流れの温度外形と燃焼領域からの距離との関係の線図である。

【図7A】 装置の上方部分を通り部分的に垂直断面を示す寸法調和図である。

【図7B】 装置の下方部分を通り部分的に垂直断面を示す寸法調和図である。

【図8】 図7Aに示す装置の変化態様を示す図である。

【符号の説明】

1 装置

50

2	圧力シェル	
4	頂部ドーム	
6	燃料ブレナム	
8	絶縁材料(基盤)	
10	燃料入口	
12	シリンダー	
14	第1管板	
16	膨張デバイス	
18	上方端末	
20	バーナー管	10
22	第2管板	
24	第3管板	
26	火室領域	
30	外側壁	
32	流入口	
34、38	環帯	
40	ブレナム	
41	触媒	
42	吸熱反応管	
43	上方部分	20
44	接近プラグ	
45	下方部分	
46	中子管	
50	第1熱回収部分	
54	熱交換管	
56	マトリックス	
58	空気入口	
60	通路	
64	環状通路	
65	補助バーナー	30
66	流れ強化デバイス	
70	第2熱回収部分	
72	熱交換管	
74	入口	
76	出口	
80	モジュール化した第3熱回収部分	
82	熱交換管	
84	入口	
86	出口	
90	ドーム型基盤	40
92	装出領域	
94	排気燃焼ガスの出口	
98	下方端末	
100	プラグ	
101	管	
102	集合ヘッダー	
106	出口	
301、304、306、308	絶縁層(体)	
302	ボルト付きフランジ	
303	拘束オリフィス	50

3 0 5 管
 3 0 7 管状挿入物
 3 0 9 収容壁
 3 1 0、3 1 1 集合多岐管
 3 1 2 シール
 3 1 3 模造管
 5 0 0 反応領域
 5 0 1 吸熱反応領域
 5 0 2 熱回収領域

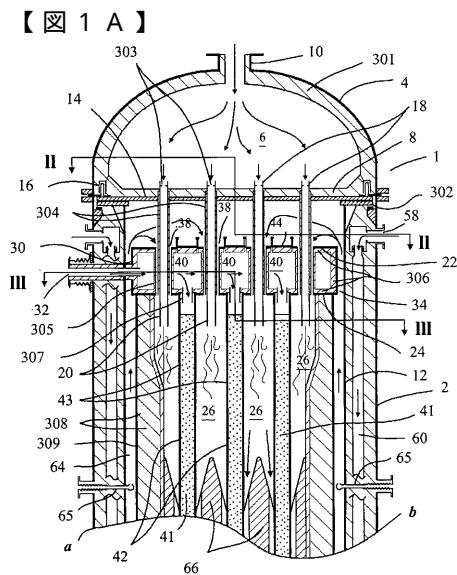


Figure 1A

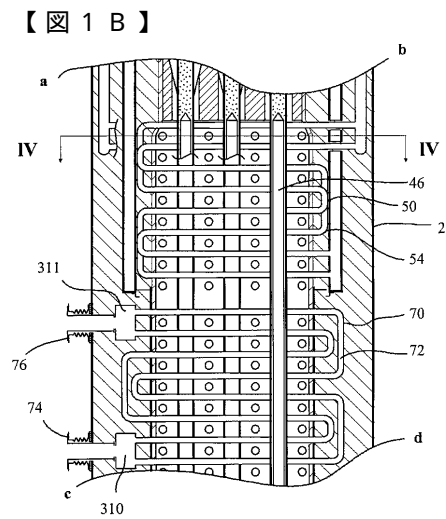


Figure 1B

【図 1 C】

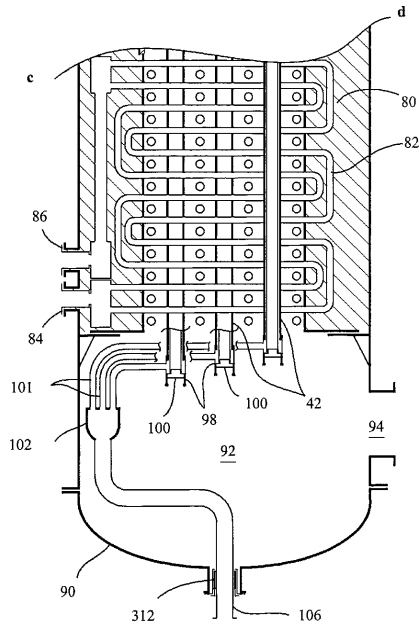


Figure 1C

【図 2】

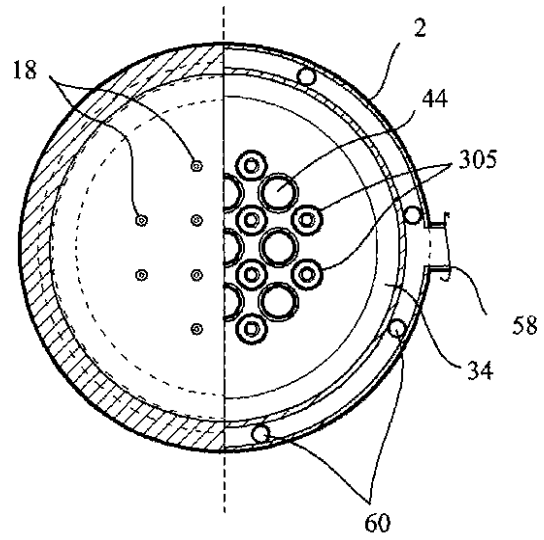


Figure 2

【図 3】

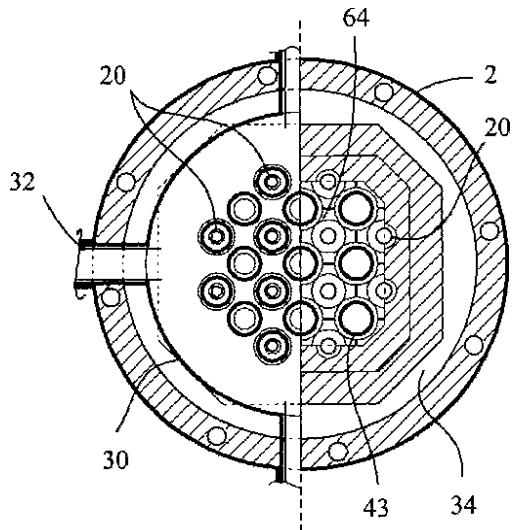


Figure 3

【図 4】

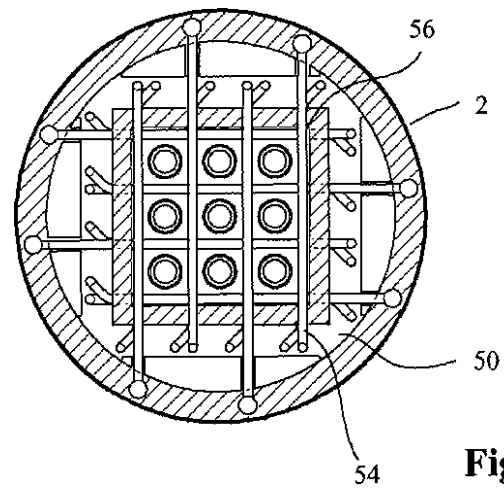


Figure 4

【 図 5 】

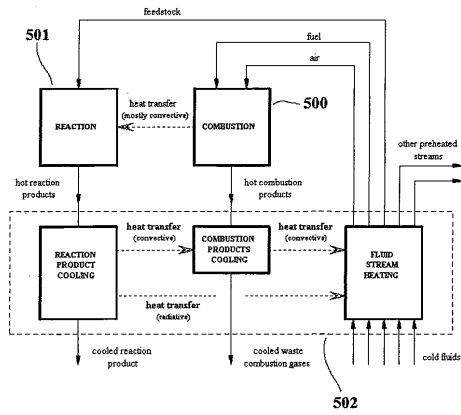


Figure 5

【 図 6 】

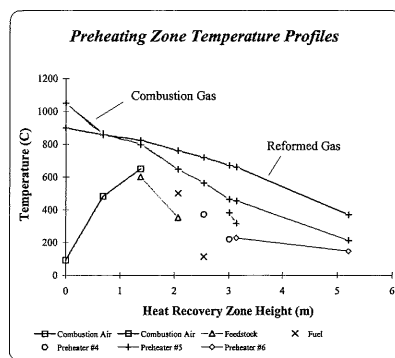


Figure 6

【 図 7 B 】

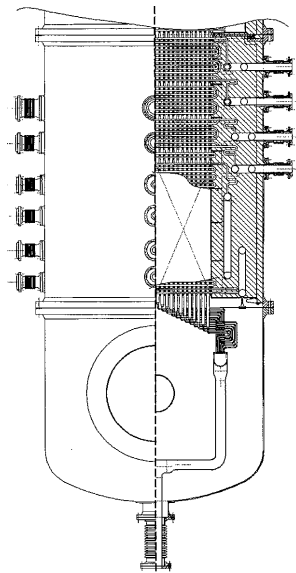


Figure 7B

【 図 7 A 】

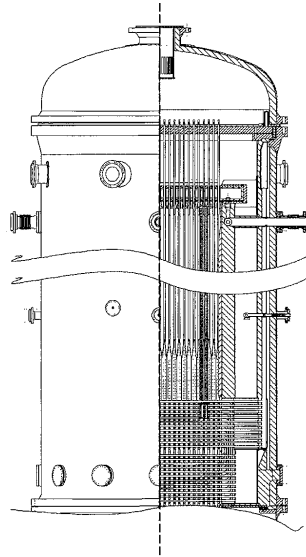


Figure 7A

【 図 8 】

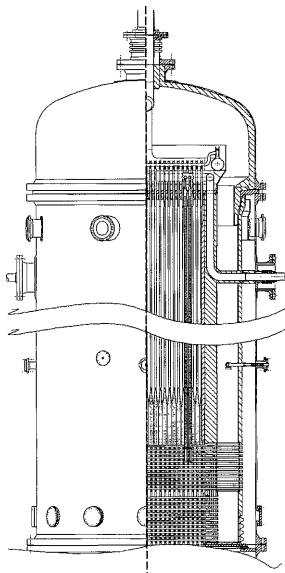


Figure 8

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第98/028071(WO,A1)
特表平08-511503(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
B01J10/00-12/02,14/00-19/32
B01J8/00-8/46