

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-113746

(P2017-113746A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B01J 7/00 (2006.01)	B01J 7/00 Z	4G068
C01B 3/34 (2006.01)	C01B 3/34	4G140
F27D 17/00 (2006.01)	F27D 17/00 101Z	4K056

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-211140 (P2016-211140)
 (22) 出願日 平成28年10月27日 (2016.10.27)
 (31) 優先権主張番号 14/976, 307
 (32) 優先日 平成27年12月21日 (2015.12.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 513257731
 ガス テクノロジー インスティテュート
 アメリカ合衆国 60018 イリノイ州
 デスプレーンズ エス. マウント・プロ
 スペクト・ロード 1700
 (74) 代理人 100082072
 弁理士 清原 義博
 (72) 発明者 キンキス, マーク ジェイ.
 アメリカ合衆国 60053 イリノイ州
 モートン・グローブ パーチ・アベニュー
 8943
 (72) 発明者 コズロフ, アレクサンドル ピー.
 アメリカ合衆国 60089 イリノイ州
 バッフアロー・グローブ サセックス・
 コート 471

最終頁に続く

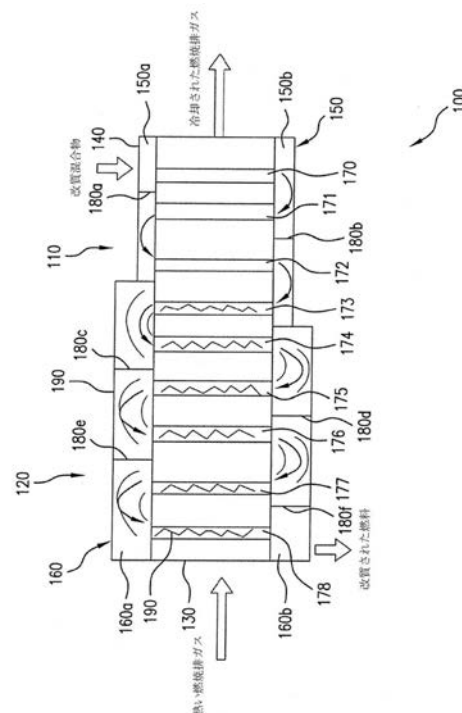
(54) 【発明の名称】 放射状の非触媒性の回収改質装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】炭化水素燃料の改質に一般に使用される触媒をいずれも必要としない改質燃料ための方法および装置を提供する。

【解決手段】放射状の非触媒性の回収改質装置100は、熱プロセスからの熱い排気ガスを伝導するための燃焼排ガス流路130および改質混合物を伝導するための改質混合物流路140を有している。改質混合物流路140の少なくとも一部は、熱い排気ガスから改質混合物までの熱伝達を可能にするように、燃焼排ガス流路130に隣接して位置する。改質混合物流路140は、炭化水素燃料の改質のために触媒として一般に使用される材料(例えば、酸化ニッケル、白金族要素、またはレニウム)を実質的に含んでいないが、代わりに、改質混合物は、熱伝達および滞留時間が要因で反応を介してより高い発熱量の燃料へと改質される。また、改質混合物流路140の一部は、比較的長い滞留時間の間、燃焼排ガス流路130の外に位置する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射状の非触媒性の回収改質装置であって、

熱プロセスから熱い燃焼排ガスを受けるように構成されている、燃焼排ガス流路を含むダクト；

改質混合物流路を含み、ここで、改質混合物流路は、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にするために、ダクトの壁内に少なくとも部分的に位置し；

ここで、改質混合物流路は、導管および集熱器を含み、導管の断面積が、集熱器の断面積より小さく、それにより、高速度、低速度に対する導管における改質混合物の短い滞留時間、および集熱器中の改質混合物の長い滞留時間が提供されることを特徴とする、放射状の非触媒性の回収改質装置。

10

【請求項 2】

集熱器が、ダクトの外に位置することを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 3】

改質混合物が、およそ 10 秒間集熱器中に存在することを特徴とする、請求項 2 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 4】

燃焼排ガスが、2,000 °F から 2,800 °F の範囲の温度を有する排気ガスを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

20

【請求項 5】

排気ガスが、製鋼プロセスからの排気を含むことを特徴とする、請求項 4 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 6】

改質混合物流路が、燃焼排ガスと改質混合物との間の効率的な熱伝達のための拡大した金属面を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 7】

改質混合物流路が、パラジウム、レニウム、または酸化ニッケルを含まないことを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

30

【請求項 8】

改質混合物流路中の改質混合物の滞留時間は、1 秒から 2 分の範囲であることを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 9】

改質混合物が、炭化水素燃料と燃焼排ガスの混合物、燃料と水蒸気の混合物、燃料と二酸化炭素の混合物、または燃焼排ガスを有する燃料と水蒸気の混合物の 1 つを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 10】

改質された燃料が、水素 (H_2)、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO_2)、窒素 (N_2)、水蒸気 (H_2O)、及び / 又は改質されていない炭化水素 (C_nH_m) の可燃性混合物を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

40

【請求項 11】

放射状の非触媒性の回収改質装置であって、

熱プロセスから熱い燃焼排ガスを受けるように構成されている、燃焼排ガス流路を含むダクト；

改質混合物流路を含み、ここで、改質混合物流路は、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にするために、ダクトの壁内に少なくとも部分的に位置し、改質混合物流路は、第 1 集熱器、複数の導管、および第 2 集熱器を含み、第 1 導管は、少なくとも第 1 部分および第 2 部分に分割され、第 2 集熱器は、少なくとも第 1 部分および第 2 部分に分割され、改質混合物は、第 1 集熱器の

50

第 1 部分に入り、複数の導管の少なくとも 1 つを通して第 2 集熱器の第 1 部分に流れ、改質混合物は、その後、複数の導管の少なくとも 1 つを通して第 1 集熱器の第 2 部分に流れ、その後、改質混合物は、複数の導管の少なくとも 1 つを通して第 2 集熱器の第 2 部分に流れ；

ここで、導管の各々の断面積は、集熱器の断面積より小さく、それにより、高速度、低速度に対する導管における改質混合物の短い滞留時間、および集熱器中の改質混合物の長い滞留時間が提供されることを特徴とする、放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 1 2】

集熱器が、ダクトの外に位置することを特徴とする、請求項 1 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

10

【請求項 1 3】

燃焼排ガスが、2,000 °F から 2,800 °F の範囲の温度を有する排気ガスを含むことを特徴とする、請求項 1 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 1 4】

改質混合物流路が、燃焼排ガスと改質混合物との間の効率的な熱伝達のための拡大した金属面を含むことを特徴とする、請求項 1 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 1 5】

改質混合物流路中の改質混合物の滞留時間は、1 秒から 2 分の範囲であることを特徴とする、請求項 1 1 に記載の放射状の非触媒性の回収改質装置。

【請求項 1 6】

炭化水素燃料を放射状の非触媒性の回収改質装置によって改質する方法であって、該方法は、

20

熱プロセスからの熱い燃焼排ガスを燃焼排ガス流路を囲むダクトへと導入する工程；

体積流量を有する改質混合物を、改質装置の改質混合物流路へと導入する工程であって、改質混合物流路の一部が、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスから改質混合物流路における改質混合物への熱伝達を可能にするために、ダクトの壁内に位置し、改質混合物流路が、複数の導管および集熱器を含み、導管の各々の断面積が、集熱器の断面積より小さく、それにより、高速度、低速度に対する導管における改質混合物の短い滞留時間、および集熱器中の改質混合物の長い滞留時間が提供される、工程；および

改質された燃料を改質混合物流路の出口から出力する工程、を含む方法。

30

【請求項 1 7】

集熱器が、ダクトの外に位置することを特徴とする、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

改質混合物が、およそ 10 秒間集熱器中に存在することを特徴とする、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 9】

燃焼排ガスが、2,000 °F から 2,800 °F の範囲の温度を有する排気ガスを含むことを特徴とする、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 2 0】

改質混合物が、約 1 秒から約 2 分の期間の間、改質混合物流路中に存在することを特徴とする、請求項 1 6 に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

< 関連出願への相互参照 >

本出願は、2011年4月14日に米国特許出願第 13 / 086 , 433 号の一部継続出願である。継続中の親出願は、その全体が引用によって本明細書に組み込まれ、限定されないが、以下に明確に現われるこれらの部分を含む、その一部分が構成されている。

【0002】

50

< 特許に係る政府の権利の通知 >

本発明は、米国エネルギー省によって与えられた認可 No. DE - FG 36 - 08 G O 1 8 1 3 0 の下で開発され、アメリカ合衆国政府は、その認可に準ずる本発明における一定の権利を有する。

【 0 0 0 3 】

< 技術分野 >

本発明は、炭化水素燃料をより高い発熱量の燃料へと改質するための方法および装置に関し、特に、炭化水素燃料の改質に一般に使用される触媒をいづれも必要としない改質燃料のための方法および装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 4 】

< 先行技術の記載 >

多くのプロセスが、特に産業応用において、大量の余剰熱、即ち、プロセスにおいて効率的に使用され得るものを超える熱を産出する。廃熱回収方法では、浪費され得る余剰熱からのエネルギーのいくらかを抽出し、利用する試みが行われる。産業応用において熱を回収する典型的な方法は、プロセス自体、回収熱交換器、熱交換器、および廃熱ボイラーに対する直接的な熱回収を含む。

【 0 0 0 5 】

廃熱回収の1つの特定の方法は、燃料熱化学再生 (fuel thermochemical recuperation) (TCR) に基づいている。TCRシステムは、1つ以上の回収改質装置、1つ以上の空気を用いる回収熱交換器 (air recuperators)、水蒸気発生器、および他の必要な構成要素を含むことができる。TCRは、熱プロセス (例えば、加熱炉、エンジンなどにおける燃焼) から燃焼排ガス (即ち、排気ガス) 中の顕熱を回収し、炭化水素燃料源 (例えば、石油、天然ガス、または埋立地ガスなどの、化石燃料) を、より高い発熱量の熱含量を有する改質された燃料に変換するために、その熱を使用する。特に、改質プロセスは、燃料を、水素 (H_2)、一酸化炭素 (CO)、および改質されていない炭化水素 ($C_n H_m$) の可燃性混合物に変換するために、熱い燃焼排ガス成分 ($H_2 O$ および CO_2 など)、水蒸気、及び / 又は CO_2 (埋立地ガス) を使用する。

【 0 0 0 6 】

最も研究された及び広まった改質プロセスは、水蒸気メタン改質 (SMR) として知られている、水蒸気による天然ガス (メタン) 改質である。SMRプロセスは、水素生成の最も一般的な方法である。このプロセスは、2つの主反応によって実現される: $CH_4 + H_2 O \rightarrow CO + 3 H_2$ および $CO + H_2 O \rightarrow CO_2 + H_2$ 。最初の反応は、強く吸熱性であり、通常、ニッケル触媒上で高温 ($1380^\circ F$ - $1470^\circ F$) で実現される。水性ガスシフト反応として知られている、第2の反応は、軽度に発熱性であり、通常、ニッケル触媒上でより低温 ($370^\circ F$ - $660^\circ F$) で実現される。

【 0 0 0 7 】

燃焼排ガスによる天然ガス改質は、同じ2つの反応およびメタンの二酸化炭素との1回の追加の吸熱反応によって実現される: $CH_4 + CO_2 \rightarrow 2 CO + 2 H_2$ 。そのため、TCRプロセスでは、水蒸気 ($H_2 O$) および二酸化炭素 (CO_2) は、より高い発熱量を有する改質された燃料を生成するために、燃料との反応を行う。SMRプロセスとは対照的に、水素生成は、TCRプロセスの唯一の目的ではない。TCRプロセスでは、通常、水素を生成するよりもむしろ、燃料の発熱量を増加させることが重要である。そのため、発熱を伴う水性ガスシフト反応は、TCRプロセスにとってはオプションであり、省くことができる。

【 0 0 0 8 】

TCRおよびSMRのプロセスの別の可能な反応は、炭化水素燃料の直接的なクラッキングである。クラッキングによって、水素および固体炭素が生成される。改質プロセスが触媒上で行われる場合、繊維状炭素は、最終的に触媒を非活性化する。触媒が、水素生成

10

20

30

40

50

のためにSMRプロセスで使用され、クラッキングが望ましくない一方で、非触媒性の回収改質は、固体炭素を改質された燃料と一緒に可燃物として利用することができるときに、TCRプロセスで使用するには非常に魅力的だろう。

【0009】

燃料の熱含有量は、著しく増加され得る。例えば、元の燃料源が天然ガス（メタンが主成分である）である場合、熱含有量は、最大でおよそ28%増加され得る。この改質された燃料が加熱炉中で燃焼される場合、燃費が改善され、システム効率が上昇され、排出が削減される。H₂OおよびCO₂の両方を改質プロセスで利用することができるため、天然ガス燃焼のシステムにとっては有益であり、そのため、これらの気体は両方とも、燃焼の主成分であり、それ故、予熱状態で容易に利用可能である。水蒸気がプロセスに利用可能である場合、または熱回収ボイラーを改質装置と一緒にを設置することができる場合、水蒸気を燃料を改質するために使用することができる。

10

【0010】

プロセスとしてのTCRは、多くの用途のために調査されてきた（例えば、Maruoka N. et al., "Feasibility Study for Recovering Waste Heat in the Steelmaking Industry Using a Chemical Recuperator," *ISIJ International*, Vol. 44, 2004, No. 2, pp. 257-262; Yap D. et al., "Natural gas HCCI engine operation with exhaust gas fuel reforming," *International Journal of Hydrogen Energy*, 2006, Vol. 31, pp. 587-595; and U.S. Pat. No. 7, 207, 323を参照）。これらの調査の結果は、触媒が燃料を改質するために必要とされることを示した。したがって、TCRシステムのための既存の回収改質装置は、触媒性である。

20

【0011】

触媒改質装置で使用されるほとんどの触媒は、シリカ、アルミナ、またはシリカアルミナの支持台上に、酸化ニッケル、白金、またはレニウムを含み、白金およびレニウムの両方を含むものもある。他の白金族要素も使用されてもよい。触媒改質装置における触媒の活性（即ち、有効性）は、炭素沈着によって操作中に経時的に縮小される。触媒の活性は、炭素のインサイツの高温酸化によって周期的に再生され得るか、または回復され得る。典型的に、触媒改質装置は、6から24か月ごとに1回再生され、触媒は、通常、有益な白金及び/又はレニウムの含有量の再利用のために製造業者に返さなければならない前に、約3回または4回再生され得る。

30

【0012】

改質装置での高価な触媒の使用は、改質装置の資本費を増加させる。さらに、触媒の必要な周期的な再生、および触媒が数回再生された後に触媒を交換する最終的な必要性も、システム費用を押し上げる。結果として、多くの用途において、特に自動車用途などの低温廃熱の蒸気に用途では、廃熱回収の経済的便益は、回収システムのコストを正当化していない。

40

【0013】

腐食性廃棄物または「汚」廃棄物を用いる使用に高効率且つ適切な、革新的で、入手可能な方法は、廃熱回収の実行可能な適用の数を拡張することに加えて、既存の適用の性能を改善し得る。

【発明の概要】

【0014】

本発明は、例えば、熱処理炉、溶解炉、バーナー、エンジン、タービンなどの、加熱用途での使用のための廃熱回収のシステムおよび方法に適用可能であり、ここで、炭化水素燃料が、空気、酸素濃縮空気、または酸素による燃焼に使用される。

【0015】

50

1つの好ましい実施形態によると、本発明は、(1)(i) 燃焼排ガス流路の第1部分および(ii) 燃焼排ガス流路の第1部分内に少なくとも部分的に埋め込まれる改質混合物流路であって、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にする、改質混合物流路、を含む予熱器部分、および(2)(i) 燃焼排ガス流路の第2部分および(ii) 燃焼排ガス流路の第2部分内に少なくとも部分的に埋め込まれる改質混合物流路であって、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にする、改質混合物流路、を含むリアクター部分を有している、回収改質装置を提供する。

【0016】

燃焼排ガス流路は、熱プロセスから熱い燃焼排ガスを受けるように構成され、改質混合物流路の第1部分は、体積流量を有するガス状改質混合物を受けるように構成され、および改質混合物流路の第2部分は、改質混合物流路の第1部分から改質混合物を受けるように構成され、改質混合物流路は、触媒を実質的に含んでいない。さらに、改質混合物流路の第2部分の少なくとも一部は、金属材料の拡大面を含み、改質混合物流路の第2部分は、体積流量を有する改質混合物に対する予め決められた閾値以上の滞留時間を提供するように構成される。

10

【0017】

第2の好ましい実施形態によると、本発明は、非触媒性の回収改質装置を含む廃棄熱回収システムを提供し、該非触媒性の回収改質装置は、(i) 反応室の出口から燃焼排ガスを受けるように構成された、燃焼排ガス流路、および(ii) 体積流量を有する改質混合物を受け、改質された燃料を出力するように構成された、改質混合物流路、を有する。改質混合物流路の少なくとも一部は、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にするために、燃焼排ガス流路内に埋め込まれ、改質混合物流路は、触媒を実質的に含んでいない。さらに、改質混合物流路の少なくとも一部は、金属材料の拡大面を含み、改質混合物流路は、体積流量を有する改質混合物に対する予め決められた閾値以上の滞留時間を提供するように構成される。

20

【0018】

また別の好ましい実施形態によると、本発明は、炭化水素燃料をより高い発熱量の燃料へと改質する方法を提供する。該方法は、(i) 熱プロセスからの熱い燃焼排ガスを改質装置の燃焼排ガス流路へと導入する工程、(ii) 体積流量を有する改質混合物を、改質装置の改質混合物流路へと導入する工程であって、改質混合物流路の少なくとも一部が、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスから改質混合物流路における改質混合物への熱伝達を可能にするために、燃焼排ガス流路に埋め込まれ、改質混合物流路が、触媒を実質的に含んでおらず、体積流量を有する改質混合物に対する予め決められた閾値以上の滞留時間を提供するように構成されている、工程、および(iii) 改質された燃料を改質混合物流路の出口から出力する工程、を含む。

30

【0019】

別の実施形態では、本発明は、ダクト、ダクト内に位置する放射部、およびダクト外に位置する集熱器を含む、放射状の、非触媒性の回収改質装置を提供する。ダクトは、熱プロセスから熱い燃焼排ガスを受け、ダクトを通る燃焼排ガス流路を提供するように構成されている。好ましい実施形態では、燃焼排ガスの温度は、2,000°Fから2,800°Fの範囲である。例えば、熱い燃焼排ガスは、製鋼プロセスからの排気ガスであってもよい。しかしながら、燃焼排ガスは、製鋼プロセスによって提供される必要はなく、上に提供される温度範囲のガスを提供することができるあらゆるプロセスによって提供される。

40

【0020】

本発明の、放射状の、非触媒性の回収改質装置は、燃焼排ガス流路における燃焼排ガスと改質混合物流路における改質混合物との間の熱伝達を可能にするために、ダクトの壁内に少なくとも部分的に位置する改質混合物流路をさらに含む。本発明の実施形態では、改質混合物は、炭化水素燃料および燃焼排ガスの混合物、燃料および水蒸気の混合物、燃料

50

および二酸化炭素の混合物、または燃焼排ガスを有する燃料および水蒸気の混合物の1つを含む。本発明の方法は、水素 (H_2)、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO_2)、窒素 (N_2)、水蒸気 (H_2O)、および改質されていない炭化水素 (C_nH_m) の可燃性混合物を含み得る、改質された燃料を産出する。

【0021】

本発明の実施形態では、改質混合物流路は、複数の導管に接続された入口ダクトを含み、導管は、好ましくは、燃焼排ガスと改質混合物との間の熱伝達を可能にするために、ダクトの壁内に位置する。複数の導管はさらに、集熱器中の燃焼排ガスと改質混合物との間のより少ない熱伝達を可能にするために、好ましくはダクト外に位置する集熱器部分に接続される。その後、改質混合物は、好ましくはダクトの壁内に位置する別のセットの導管を通じて、出口導管に流れる。本実施形態では、導管の各々の断面積は、集熱器の断面積より小さく、高速度、低速度に対する導管における改質混合物の短い滞留時間、および集熱器中の改質混合物の長い滞留時間が提供される。本発明の1つの実施形態では、改質混合物は、1秒の導管中の滞留時間および10秒の集熱器中の滞留時間を含む。しかしながら、滞留時間が異なる用途によって変わり得ることが理解されるべきである。

10

【0022】

一般にかなり高価であり、コークス沈着が原因で経時的に性能の低下を受ける、炭化水素燃料を改質する触媒として一般に使用される、材料を実質的に使用せずに、燃料改質を実行することによって、改質装置の初期費用が低下し、触媒を周期的に再生する及び最終的に交換する必要性を回避することによって、維持費も減少する。

20

【0023】

本発明のさらなる態様は、添付の図面とともに得られる、以下の好ましい実施形態の詳細な説明から理解されるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、本発明による非触媒性の回収改質装置の1つの好ましい実施形態のためのフローダイアグラムを描写し、これは管状の設計を使用する。

【図2】図2は、図1に描写された改質装置の平面断面図を描写する。

【図3】図3は、本発明による非触媒性の回収改質装置の別の好ましい実施形態のためのフローダイアグラムを描写し、これはプレート設計を使用する。

30

【図4】図4は、図3に描写された改質装置の平面断面図を描写する。

【図5】図5は、本発明の1つの好ましい実施形態に従う改質プロセスのためのフローチャートを描写する。

【図6】図6は、本発明の好ましい実施形態に従う燃焼室および非触媒性の回収改質装置を含む廃熱回収システムを描写する。

【図7】図7は、本発明による放射状の非触媒性の回収改質装置の1つの好ましい実施形態のためのフローダイアグラムを描写する。

【図8】図8は、図7に描写された改質装置の線A-Aに沿った断面図を描写する。

【図9】図9は、本発明による放射状の非触媒性の回収改質装置の別の好ましい実施形態のためのフローダイアグラムを描写する。

40

【図10】図10は、図9に描写された改質装置の線A-Aに沿った断面図を描写する。

【図11】図11は、図9に描写された改質装置の線B-Bに沿った断面図を描写する。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明の現在の好ましい実施形態は、図1~11に関して記載されるだろう。

【0026】

図1は、本発明の第1の好ましい実施形態による回収改質装置(100)のフローダイアグラムを示す。図1に示されるように、本実施形態中の改質装置(100)は、以下の2つの部分を有している：予熱器部分(110)およびリアクター部分(120)。燃焼排ガス流路(130)は、リアクター部分(120)および予熱器部分(110)の両方

50

を通り抜ける。同様に、改質混合物流路(140)は、予熱器部分(110)およびリアクター部分(120)の両方を通り抜ける。

【0027】

改質混合物流路(140)は、好ましくは、1つ以上のプレナム、燃焼排ガス流路を通り抜ける複数の導管部分、および1つ以上のバッフルによって形成される。特に、図1に示される好ましい実施形態では、改質装置の予熱器部分(110)に含まれる、改質混合物流路(140)の第1部分は、(1)燃焼排ガス流路の片側に第1部分(150a)および燃焼排ガス流路の反対側に第2部分(150b)を有する、プレナム(150)、(2)導管部分(170)、(171)、(172)、および(173)、および(3)バッフル(または隔壁(partitions))(180a)および(180b)、を含む。同様に、改質装置のリアクター部分(120)に含まれ、改質混合物流路の第1部分から改質混合物を受け、改質混合物流路(140)の第2部分は、(1)燃焼排ガス流路の片側に第1部分(160a)および燃焼排ガス流路面の反対側に第2部分(160b)を有する、プレナム(160)、(2)導管部分(174)、(175)、(176)、(177)、および(178)、(3)バッフル(180c)、(180d)、(180e)、および(180f)、および金属材料の拡大面、を含む。(図1に示されるように、導管部分(173)は、予熱器部分(110)からリアクター部分(120)への転移点をマークする(marks)が、この転移は他の点で生じ得る。

10

【0028】

改質混合物は、第1プレナム部分(150a)でプレナム(150)に入り、バッフル(180a)が原因で、導管部分(170)を通過して第2プレナム部分(150b)に流れなければならない。その後、バッフル(180b)によって、改質混合物は、導管部分(171)を通過して第1プレナム部分(150a)に流れ、その後、改質混合物は、導管部分(172)および(173)を通過して流れる。同様に、バッフル(180c)、(180d)、(180e)、および(180f)は、改質混合物が、プレナム部分(160a)、導管部分(174)、プレナム部分(160b)、導管部分(175)などを通り、残りの導管部分(176)、(177)、および(178)を通過して、改質混合物流路の出口に流れるように誘導する。

20

【0029】

改質混合物流路の少なくとも一部、および特に改質混合物流路の第2部分の少なくとも一部は、金属材料(190)の拡大面を含む(導管が金属で作られているとき、導管部分の壁が加えられる)。図1に示される好ましい実施形態では、金属(190)の拡大面は、少なくとも導管部分(173)~(178)およびプレナム(160)に位置する。金属(190)の拡大面はまた、改質混合物流路の第1部分に含まれ得る。金属材料(190)の拡大面は、高い熱伝導率および改質反応率を提供する。

30

【0030】

図1に描写されるように、この好ましい実施形態は、燃焼排ガスと改質混合物との間の向流を使用し、即ち、燃焼排ガスは、改質装置を通過して、改質混合物が改質装置を通過して流れる方向と実質的に反対の方向に流れる。より具体的には、熱い燃焼排ガスは、リアクター部分(120)で改質装置に入り、予熱器部分(110)で冷却された燃焼排ガスとして出るが、一方で、改質混合物は、対向端部で、即ち、予熱器部分(110)で改質装置に入り、リアクター部分(120)で改質された燃料として改質装置を出る。しかしながら、並流、直交流、または直交並流(cross-parallel flow)などの、改質装置における燃焼排ガスと改質混合物との間の異なる流れ配置が可能である。

40

改質装置(100)は、好ましくは、金属で作られている。しかしながら、本発明は、金属の使用に限定されず、改質装置(100)(特に、燃焼排ガス流路(130)および改質混合物流路(140))は、燃焼排ガスおよび改質混合物の温度および圧力に耐えるのに十分であり、望ましくない方法でガス流と反応せず、望ましい化学反応を促進するために十分な熱を燃焼排ガスから改質混合物まで移すのに適切な熱伝達特性を提供する、適切な材料で作られ得る。しかしながら、顕著なことに、改質装置が、レニウム、白金、ま

50

たは白金族の他の部材（例えば、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、イリジウム、およびオスミウム）などの、炭化水素燃料の改質に一般に使用される触媒性の材料を含まないことが好ましい。金属材料（190）の拡大面は、ステンレス鋼または金属合金などの、一般に使用される金属のプレートまたは箔で作られ得る。

【0031】

図2は、図1に描写された改質装置（100）の縦方向の中心線に沿って得られた断面図を描写する。この好ましい実施形態では、燃焼排ガス流路を通して1つのプレナム部分から別のプレナム部分まで流れる導管部分は、管状である。具体的には、それらは金属パイプである。図2に示されるように、金属パイプは、燃焼排ガス流路（130）を通る燃焼排ガスの流れに実質的に垂直に配され、燃焼排ガスは、金属パイプを流れて過ぎると、それらを実質的に囲む。図2でさらに示されるように、導管部分は、複数の並列パイプを含むことができ、例えば、導管部分（170）は、パイプ（170a）、（170b）、および（170c）を含む。

10

【0032】

さらに、この好ましい実施形態では、ステンレス鋼または金属合金で作られた、金属材料（190）（例えば、インサート）の拡大面は、熱伝達を強め、化学反応を促進するために、金属パイプの内部で使用される。金属材料の拡大面は、導管部分の内部で位置することに加えて、プレナム（160）および随意にプレナム（150）の内部に位置し得る。図2は、金属材料の拡大面をすべての導管部分に位置しているように描写しているが、上に言及されるように、それらは、改質混合物流路の第2部分における伝導部分（conduct sections）のみに、または改質混合物流路の第2部分の一部のみに位置し得る。さらに、図2における金属の拡大面の断面は、拡大面を垂直方向および水平方向の両方の中で拡大するものとして描写するが、それらは、この特定の断面を有することに限定されない。

20

【0033】

図1および図2に示される改質装置（100）は、以下の方法で作動する。熱プロセスからの熱い燃焼排ガスは、リアクター部分（120）を最初に通じ、その後、予熱器部分（110）を通じ抜ける。熱い燃焼排ガスは、改質装置中の化学反応を促進し、改質混合物を予め加熱する、熱源として使用される。燃焼排ガスは、主として、例えば、窒素（約71%容量の N_2 ）、水蒸気（約19%容量の H_2O ）、および二酸化炭素（約10%容量の CO_2 ）から成る。改質混合物は、例えば、炭化水素燃料と燃焼排ガスの混合物、燃料と水蒸気の混合物、燃料と二酸化炭素の混合物、または燃焼排ガスを有する燃料と水蒸気の混合物であり得る。改質された燃料は、（燃料が天然ガスである場合に）メタンを含む、水素（ H_2 ）、一酸化炭素（ CO ）二酸化炭素（ CO_2 ）、窒素（ N_2 ）、水蒸気（ H_2O ）、および改質されていない炭化水素（ C_nH_m ）の可燃性混合物を含む。

30

【0034】

熱い燃焼排ガスの温度は、最大でおよそ3500°Fまであり得、そのため、改質装置（100）は、そのような温度に適応するように設計されなければならない。リアクター部分（120）中の改質混合物の温度は、化学反応を促進するために350°Fより高くなければならない。好ましくは、リアクター部分（120）中の改質混合物の温度は、燃料組成、用途、および経済面によって、800°F - 2400°Fの範囲にあるべきである。リアクター部分（120）は、例えば、改質混合物流路と燃焼排ガス流路との間の十分な表面積接触およびリアクター部分（120）中の十分な滞留時間を確かなものとすることによって、望ましい範囲の温度で改質混合物を維持するように設計目指されるべきである。

40

【0035】

予熱器部分（110）は、改質混合物の温度を、化学反応を開始することができ、それが強力となることができる値に増加させるために使用される。予熱器部分の出口での改質混合物の温度は、改質混合物がリアクター部分（120）に流れるときに、好ましくは（必ずしもではない）リアクター部分の出口での改質混合物の温度と同じである。この場合

50

、燃焼排ガスからリアクター部分における改質混合物までの熱の流れは、吸熱化学反応が原因で熱吸収を補うために消費されるだろう。

【0036】

滞留時間は、体積流量で割られた改質混合物流路の量として計算され、それは、1 / 空間速度に等しい。(改質混合物流路が、リアクター部分および予熱器部分などの、複数の部分を有するとき、計算は、リアクター部分中の滞留時間に集中するために、改質混合物流路の関連する部分、例えば、リアクター部分の量だけを使用することができる。)プレナム(160)の量は、化学反応に必要な滞留時間を提供するべきである。リアクター部分(120)におけるプレナム(160)および導管部分の望ましい全容積(即ち、改質混合物流路の第2部分の量)は、金属材料(190)の拡大面の面積、材料のタイプ、および改質燃料組成に依存し、それは、リアクター部分(120)中の改質燃料の滞留時間または空間速度に基づいて推測され得る。

10

【0037】

好ましくは、空間速度の最大値は、標準条件(例えば、60 ° Fおよび14.7 p s iの絶対圧力)に基づいて推測される、およそ3600 hr⁻¹であり、より好ましくは、空間速度の最大値は、およそ30 hr⁻¹から3600 hr⁻¹の範囲にある。言い換えれば、滞留時間は、予め決められた閾値以上であるべきであり、その閾値は、好ましくは、1秒 - 2分である。最低の滞留時間(1秒)は、金属面の表面積が極端に拡大され、金属が高いニッケル含有量を有し、改質混合物の温度が高い(> 1800 ° F)ときに適用可能である。最高の滞留時間(2分)は、金属面の表面積が拡大されていないか、わずかに拡大され、改質混合物の温度が低い(< 1800 ° F)ときに適用可能である。用語「拡大面積」は、改質混合物に接触している表面積が、効率的な熱伝達に必要なとされる熱伝達の表面積より大きいことを意味する。熱伝達の面積は、改質混合物を加熱し、吸熱反応中に改質混合物の必要とされる温度を維持するために必要である表面積である。ニッケルが化学反応を促進するため、金属中のより多くのニッケル含有量が、必要とされる滞留時間を減少させるだろう。改質混合物中のより多くの窒素(より高い燃焼排ガス/天然ガス比)が、必要とされる滞留時間および改質装置のサイズを増加させるだろう。

20

【0038】

例えば、仮説例として、改質混合物が、主として、3モルの燃焼排ガスおよび1モルの天然ガスを含み、100 S C F Hの流量を有し、プレナム(160)と一緒にパイプ(173) ~ (178)が、約0.3 f t³の全容積を有するときに、空間速度は、約333 hr⁻¹になり、高いニッケル合金材料(例えば、約80重量%を超えるニッケル)が使用される場合に、金属材料の拡大面の合計面積は、好ましくは約10 f t²になるだろう。

30

【0039】

本発明による回収改質装置の第2の好ましい実施形態は、図3および図4に関して記載されるだろう。図3は、第2の好ましい実施形態のフローダイアグラムを描写する。第1の好ましい実施形態中の対応部分と実質的に同じのままである部分は、同じ参考番号で標識付けされる。

【0040】

第2の好ましい実施形態では、プレナム(150)とプレナム(160)の異なる部分間で燃焼排ガス流路を通り抜ける改質装置(200)の導管部分は、第1の好ましい実施形態でのような管状パイプよりもむしろ、水平な、プレート状のチャンネルである。したがって、本実施形態では、改質混合物は、プレナム(150)とプレナム(160)の異なる部分間を通り抜ける、チャンネル(270) ~ (278)を通過して流れ、その結果、改質混合物流路(140)は、燃焼排ガス流路(130)を複数回通り抜ける。

40

【0041】

図4は、図3に描写された改質装置(200)の縦方向の中心線に沿って得られた断面図を描写する。図4に示されるように、導管部分は、各々、複数の並列なプレート状のチャンネルを含む。例えば、導管部分(270)は、チャンネル(270 a)、(270 b)、

50

(270c)、(270d)、および(270e)を含む。燃焼排ガス流路はまた、複数のプレート状の流路(130a)、(130b)、(130c)、および(130d)を含み、これらを通して、燃焼排ガスは、改質混合物が導管部分(270)~(278)を通して流れる方向に実質的に垂直な方向に流れる。本実施形態では、導管部分およびプレナム(150)およびプレナム(160)はまた、ステンレス鋼または金属合金などの金属材料(190)の拡大面を有し得る。

【0042】

当業者は、改質混合物において必要な反応を可能にするために、十分な熱伝達が燃焼排ガスと改質混合物との間に生じる限り、燃焼排ガス流路および改質混合物流路の他の構成も可能であることを認識するだろう。また、図1および図3に描写されるように、第1および第2の好ましい実施形態では、予熱器部分(110)中の改質混合物流路の体積は、リアクター部分(120)中の改質混合物流路の体積未満である。しかしながら、本発明は、そのような構成に限定されず、当業者は、特定の状況下で、異なる比率の流路の体積を有し、また予熱器部分を除去し得る、他の実施形態も可能であることを認識するだろう。

10

【0043】

回収改質装置の設計は、空気を用いる回収熱交換器の設計に対する方法と類似した方法で達成することができ、これは、改質装置中の化学反応を考慮に入れている。

【0044】

図5は、本発明の好ましい実施形態による改質燃料のプロセスを描写する。工程(500)では、熱い燃焼排ガスは、改質装置の燃焼排ガス流路へと導入される。工程(510)では、体積流量を有する改質混合物は、改質装置の改質混合物流路へと導入され、ここで、改質混合物流路の少なくとも一部は、燃焼排ガス流路中の燃焼排ガスから改質混合物流路中の改質混合物への熱伝達を可能にするために、燃焼排ガス流路に埋め込まれ、改質混合物流路は、炭化水素燃料の改質のために触媒として一般に使用される材料、例えば、酸化ニッケル、白金族要素、またはレニウムを実質的に含まず、改質混合物流路の少なくとも一部は、体積流量を有する改質混合物に対する予め決められた閾値より長い滞留時間を提供する、金属材料の拡大面を含む。工程(520)では、改質された燃料は、改質混合物流路の出口から出力される。もちろん、改質混合物が、生じる望ましい反応のための十分な温度に加熱される限り、工程(500)および(510)の相対的なタイミングおよび順番は重大ではない。

20

30

【0045】

図6は、本発明の好ましい実施形態による廃熱回収システムを描写する。廃熱回収システムは、加熱炉中の燃焼などの熱プロセスが生じる、少なくとも1つの反応室(600)を含む。反応室(600)は、燃焼排ガスが、反応室を出て、図1および図2に描写された改質装置(100)などの非触媒性の回収改質装置の燃焼排ガス流路に入る、出口(610)を有する。

【0046】

図7および図8は、本発明の別の実施形態による放射状の非触媒性の回収改質装置(700)を示す。本実施形態の放射状の非触媒性の回収改質装置(700)は、熱い燃焼排ガス(702)が、通常、一方向に流れ、改質混合物(704)が、通常、燃焼排ガス(702)の反対方向に流れ、部分的に改質された燃料(706)が産出される、向流配置を含む。しかしながら、本発明の改質装置(700)は、向流配置を含まなくてもよく、その代わりに、限定されないが、対応する流れ配置または交互の流れ配置を含む、別の流れ配置を含み得る。

40

【0047】

本発明の好ましい実施形態では、改質混合物(704)は、炭化水素燃料と燃焼排ガスの混合物、燃料と水蒸気の混合物、燃料と二酸化炭素の混合物、または燃焼排ガスを有する燃料と水蒸気の混合物の少なくとも1つを含む。また、放射状の非触媒性の回収改質装置は、水素(H_2)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO_2)、窒素(N_2)、水蒸

50

気 (H_2O)、及び/又は改質されていない炭化水素 (C_nH_m) の少なくとも1つを含む、改質された燃料を提供する。

【0048】

図7および8の実施形態では、放射状の非触媒性の回収改質装置(700)は、燃焼排ガス流路(710)を提供するダクト(708)を含み、ここで、燃焼排ガス流路のダクト(708)は、熱プロセスから熱い燃焼排ガス(702)を受けよう構成されている。本発明の好ましい実施形態では、燃焼排ガス(702)は、2,000°Fから2,800°Fの範囲の高温を有する排気ガスを含む。排気ガスは、製鋼からの排気ガスでもよいが、燃焼排ガスは、鉄鋼業に限定されず、2,000°Fから2,800°Fの範囲の温度を有するあらゆるタイプの燃焼排ガスを含んでもよい。好ましい実施形態では、ダクト(702)は、炉材を有する水冷ダクトを含んでもよい。

10

【0049】

本実施形態で示されるように、放射状の非触媒性の回収改質装置(700)は、燃焼排ガス流路(710)における燃焼排ガス(702)と改質混合物流路(712)における改質混合物(704)との間の熱伝達を可能にするために、ダクト(708)の壁内に少なくとも部分的に位置する、改質混合物流路(712)を含む。前に記載された実施形態とは異なり、本実施形態の改質混合物流路(712)は、好ましくは、燃焼排ガス(702)の流路を直接通り抜けず、代わりに、燃焼排ガス流路(710)に隣接するダクトの壁を通り抜ける。好ましい実施形態では、改質混合物流路(712)は、限定されないが、ステンレス鋼を含む、高温材料で作られている。他の実施例では、改質混合物流路(712)は、Inconel(商標)を含んでもよい。

20

【0050】

本発明の改質混合物流路(712)は、好ましくは、入力(714)、複数の導管(716)、集熱器(718)、および出力(720)を含む。図7の実施形態では、改質混合物(704)は、入力(714)で改質混合物流路(712)に入る。入力(714)は、好ましくは、燃焼排ガスのダクト(708)を囲む環状ダクトを含む。その後、改質混合物(704)は、複数の導管の第1セット(716a)を通過して第1集熱器(718a)に流れる。その後、改質混合物(704)は、複数の導管の第2セット(716b)を通過して第2集熱器(718b)に流れる。その後、改質混合物(704)は、複数の導管の第3セット(716c)を通過して出力(720)に流れる。本実施形態では、改質混合物流路(712)は、3セットの導管および2つの集熱器を含む。しかしながら、本発明の改質混合物流路が、任意の数の導管および集熱器も含んでもよいことが理解されるべきである。本発明の実施形態では、導管(716)は、好ましくは、ステンレス鋼などの高温材料を含み、集熱器(718)は、ステンレス鋼を含み得る低級材料を含む。別の実施形態では、導管(716)は、Inconel(商標)を含んでもよい。

30

【0051】

図7および図8の実施形態では、複数の導管(716)は、燃焼排ガス流路(710)に隣接する及びそれに近接するダクト(708)の壁内に位置する。集熱器(718)は、ダクト(708)の外に位置し、燃焼排ガス流路(710)から間隔を置かれる、環状パイプである。この配置によって、改質混合物(704)への高い熱伝達が、導管(716)で生じ、改質混合物(704)への低い熱伝達が、集熱器(718)で生じる。一実施形態では、改質混合物と燃焼排ガスとの間の熱伝達は、集熱器には生じない。本発明の好ましい実施形態では、導管(716)は、集熱器(718)の断面積より小さい断面積を含む。この設計は、高速度、低速度に対する導管(716)における改質混合物(704)の短い滞留時間、および集熱器(718)中の改質混合物の長い滞留時間を提供する。この設計は、好ましくは、導管(716)における高い熱伝達および集熱器(718)における低い熱伝達の交互のサイクルを提供し、これによって、改質混合物(704)を触媒なしで改質された燃料(706)へと改質するために、化学反応を生じさせることができる。より具体的には、パラジウム、レニウム、または酸化ニッケルなしで、化学反応を生じさせることができる。

40

50

【0052】

導管(716)および集熱器(718)を通る流量は、各設計の用途および寸法に依存する。本発明の実施形態では、導管(716)における流速は、導管(716)内の効率的な対流熱伝達を提供するように十分に速くなければならない。一方で、集熱器(718)における流速は、集熱器(718)において長い滞留時間を提供するように十分に遅くなければならない。例えば、本発明の実施形態では、導管(716)における流速は、毎秒1メートルより速く、集熱器(718)における流速は、毎秒0.1メートル未満である。本発明の実施形態では、すべての導管(716)における滞留時間の合計は、0.1秒から1.0秒の範囲であり、すべての集熱器(718)における滞留時間の合計は、1.0秒から10.0秒の範囲である。しかしながら、当業者は、流量、流速、および滞留時間の合計が、放射状の非触媒性の回収改質装置(700)の用途によって、上に提供される範囲から変動し得ることを理解するだろう。

10

【0053】

本発明の代替的な実施形態では、改質混合物流路(712)は、燃焼排ガス(702)と改質混合物(704)との間のより効率的な熱伝達を提供するために、拡大した金属面を含んでもよい。

【0054】

図9-11は、本発明の別の実施形態による放射状の非触媒性の回収改質装置(900)を示す。本実施形態の放射状の非触媒性の回収改質装置(900)は、熱い燃焼排ガス(902)が、通常、一方向に流れ、一方で改質混合物(904)が、燃焼排ガス(902)と同じ方向および燃焼排ガス(702)の反対方向を含む、多方向に流れ、改質された燃料(906)が産出される、交互の流れ配置を含む。

20

【0055】

図9-図11の実施形態では、放射状の非触媒性の回収改質装置(900)は、燃焼排ガス流路(910)を提供するダクト(908)を含み、ここで、燃焼排ガス流路のダクト(908)は、熱プロセスから熱い燃焼排ガス(902)を受けよう構成されている。好ましい実施形態では、燃焼排ガス(902)は、2,000°Fから2,800°Fの範囲の高温を有する排気ガスを含む。排気ガスは、製鋼からの排気ガスであるか、2,000°Fから2,800°Fの範囲の温度を有するあらゆるタイプの排気ガスであってもよい。好ましい実施形態では、ダクト(908)は、炉材を有する水冷ダクトを含んでもよい。

30

【0056】

図9-図11の実施形態では、放射状の非触媒性の回収改質装置(900)は、改質混合物流路(912)を含み、ここで、改質混合物流路(912)は、燃焼排ガス流路(910)における燃焼排ガス(902)と改質混合物流路(912)における改質混合物(904)との間の熱伝達を可能にするために、ダクト(908)の壁内に少なくとも部分的に位置する。好ましい実施形態では、改質混合物流路(912)は、限定されないが、ステンレス鋼を含む、高温材料で作られている。他の実施例では、改質混合物流路(912)は、Inconel(商標)を含んでもよい。

40

【0057】

好ましい実施形態では、改質混合物流路(912)は、第1集熱器(914)、第2集熱器(918)、および第1集熱器(914)を第2集熱器(918)に接続する複数の導管(916)を含む。図10および図11で最良に示されるように、本実施形態の集熱器(914)、(918)は、図7の実施形態のように、連続的なループを形成しない。代わりに、集熱器(914)、(918)は、ディバイダー(922)により部分(920)に分割される。図10および図11の実施形態では、集熱器(914)、(918)は、各々、6つの部分(920)に分割され、各部分が、4つの導管(916)に接続される。しかしながら、集熱器が、任意数の導管を有する任意数の部分に分割され得ることが理解されるべきである。

【0058】

50

操作時に、改質混合物(904)は、第1部分における第1集熱器(914)に入り、第1部分に接続された導管(916)を通過して第2集熱器(918)の第1部分に流れ、その後、第1集熱器(914)の第2部分に戻り、第2集熱器(918)の第2部分を戻す。改質混合物(904)のこの前後移動は、改質混合物(904)が、改質された燃料(906)に変換され、放射状の非触媒性の回収改質装置(900)の出力に達するまで継続する。

【0059】

本発明の好ましい実施形態では、改質混合物(904)への高い熱伝達が、導管(916)に生じ、改質混合物(904)への低い熱伝達が、集熱器(914)、(918)で生じる。本発明の好ましい実施形態では、導管(916)は、集熱器(914)、(918)の断面積より小さい断面積を含み、これによって、高速度、低速度に対する導管(916)における改質混合物(904)の短い滞留時間、および集熱器(914)、(918)中の改質混合物の長い滞留時間が提供される。この設計は、好ましくは、高い熱伝達および低い熱伝達の交互のサイクルを提供し、これによって、改質混合物(904)を触媒なしで改質された燃料(906)へと改質するために、化学反応を生じさせることができる。本発明の実施形態では、導管(916)における流速は、導管(916)内の効率的な対流熱伝達を提供するように十分に速くなければならない。一方で、集熱器(914)、(918)における流速は、集熱器(914)、(918)においてより長い滞留時間を提供するように十分に遅くなければならない。本発明の実施形態では、導管(916)における流速は、毎秒1メートルより速く、集熱器(914)、(918)における流速は、毎秒0.1メートル未満である。本発明の実施形態では、すべての導管における滞留時間の合計は、0.1秒から1.0秒の範囲であり、すべての集熱器における滞留時間の合計は、1.0秒から10.0秒の範囲である。しかしながら、当業者は、流量、流速、および滞留時間の合計が、放射状の非触媒性の回収改質装置(900)の用途によって、上に提供される範囲から変動し得ることを理解するだろう。

【0060】

本発明の代替的な実施形態では、改質混物流路(912)は、燃焼排ガス(902)と改質混合物(904)との間のより効率的な熱伝達を提供するために、拡大した金属面を含んでもよい。

【0061】

上に記載される好ましい実施形態、および当業者が以下の請求項によって定義された本発明の範囲内にあるものとして認識するであろう他の実施形態は、燃料効率および減少した排出に関する利点を、特定の先行技術の改質技術よりも低下したコスト及び/又は低い温度で提供する。特に、再利用された排気ガスまたは水蒸気による天然ガスの改質は、燃料消費量、CO₂およびNO_xの排出量、およびコストを著しく削減することができる他に、プロセス熱効率を増加させることができる。上に記載される改質の装置および方法は、炭化水素燃料を改質するために一般に使用される高価な触媒を利用しない、非触媒性の回収改質装置に関する。これは、改質装置の資本費を削減し、触媒の維持および交換の排除を可能にし、それによって、さらにコストが削減される。さらに、非触媒性の回収改質装置の有効性は、触媒活性の減少によって経時的に低下しない。改質装置のコスト及び/又は運転温度を減少させることによって、そのような装置及び/又は方法は、種々様々な文脈(例えば、低温プロセス)で燃料改質を実用的なものにし得る他に、現在の産業応用において燃料改質の有効性を改善し得る。

【0062】

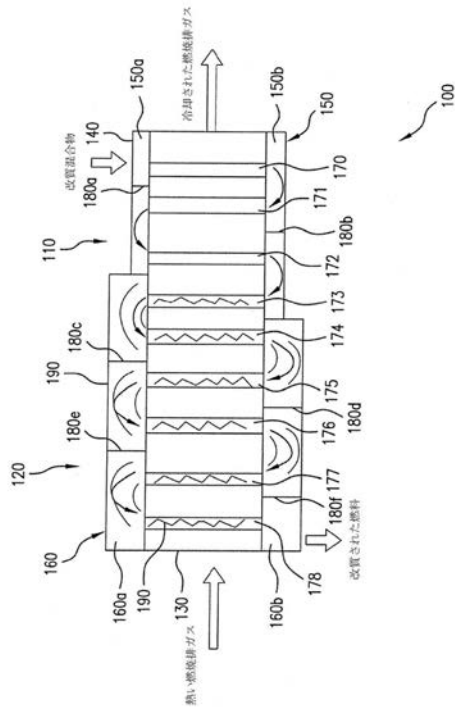
上に詳細に記載される好ましい実施形態でのように、本発明の最大の利点が、改質装置において触媒性の材料を使用せずに得られる。しかしながら、触媒性の材料を実質的に含まないが、それでも、少量の触媒(ニッケル、ロジウム、白金、またはレニウムなど)を含む改質装置を製造することによって得られ得る利点もある。そのような改質装置は、触媒の周期的な再生および交換をまだ必要とするだろうが、比較的少量の触媒によって、資本費が削減され、維持費も削減され得る。したがって、最も好ましい実施形態は、酸化二

ツケル、レニウム、および白金族要素の中から触媒を含まないが、本発明の幾つかの利点が、そのような触媒を実質的に含んでいない（例えば、約10質量%未満の触媒）実施形態から得られ得る。

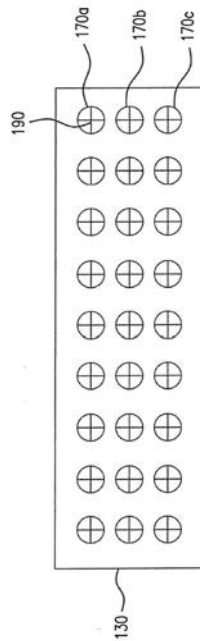
【0063】

本発明は、特定の好ましい実施形態に関して上に記載されている。しかしながら、具体的な例示となる実施形態の詳細は、本発明の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。むしろ、本発明の範囲は、以下の請求項によって測定されるべきである。

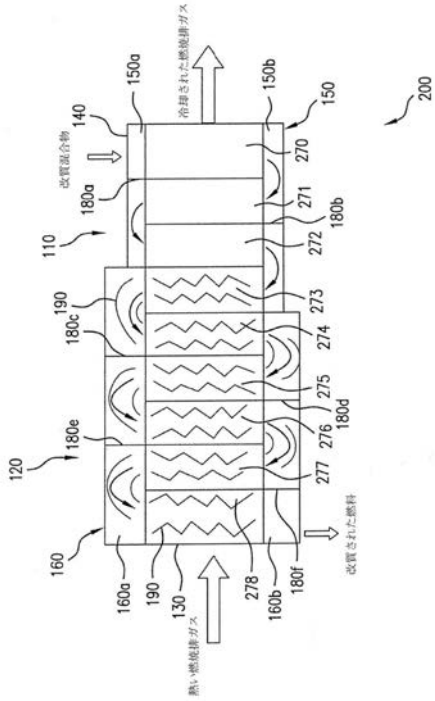
【図1】



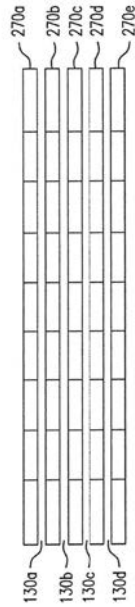
【図2】



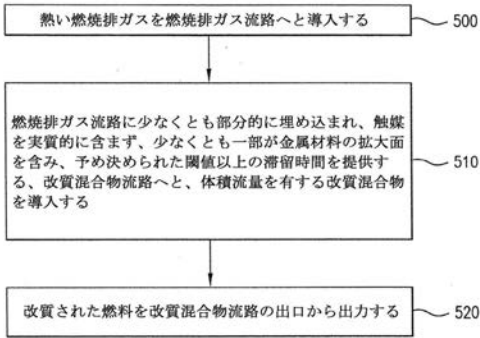
【 図 3 】



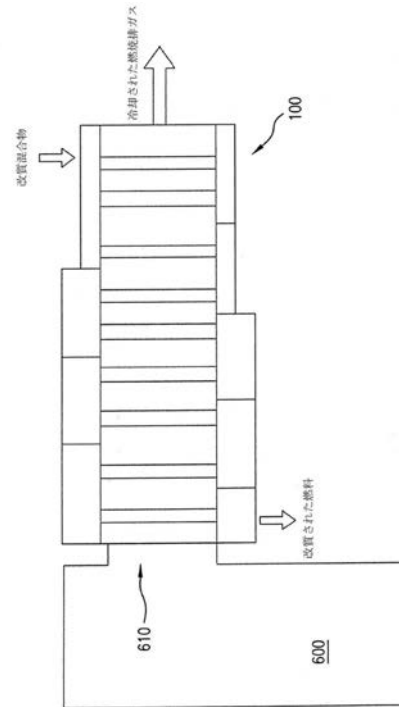
【 図 4 】



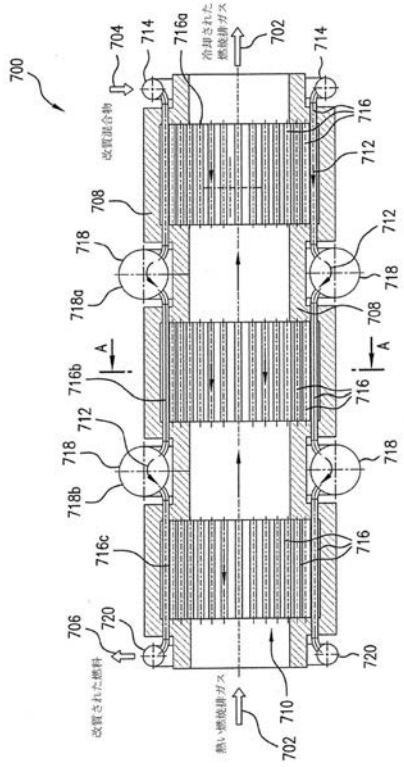
【 図 5 】



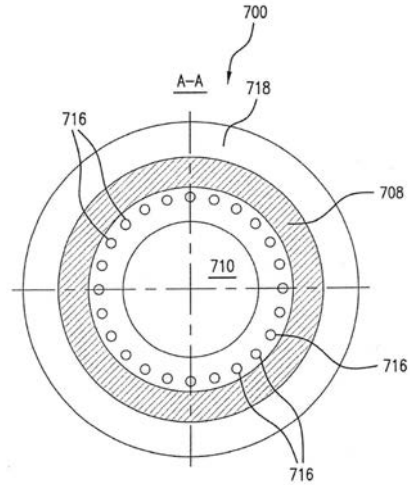
【 図 6 】



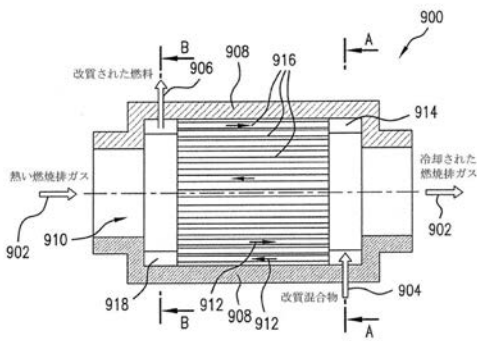
【 図 7 】



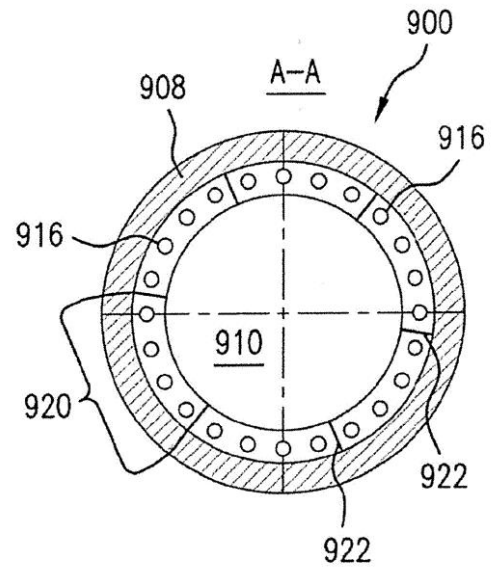
【 図 8 】



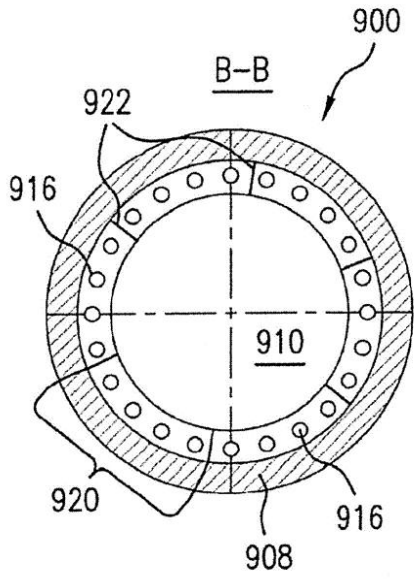
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G068 DA10 DB08 DD02 DD11
4G140 EA03 EA05 EB03 EB14
4K056 AA02 AA05 AA09 DA02 DA15 DA22 DA31 FA06