

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-537253
(P2017-537253A)

(43) 公表日 平成29年12月14日(2017.12.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 0 1 K 3/02 (2006.01)	F 0 1 K 3/02 C	3 G 0 8 1
F 0 1 K 25/10 (2006.01)	F 0 1 K 25/10 R	
F 2 8 D 20/00 (2006.01)	F 2 8 D 20/00 A	
F 2 8 D 20/02 (2006.01)	F 2 8 D 20/02 D	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2017-521552 (P2017-521552)
 (86) (22) 出願日 平成27年10月21日 (2015.10.21)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年6月1日 (2017.6.1)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/056753
 (87) 国際公開番号 W02016/065064
 (87) 国際公開日 平成28年4月28日 (2016.4.28)
 (31) 優先権主張番号 62/066,773
 (32) 優先日 平成26年10月21日 (2014.10.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/220,796
 (32) 優先日 平成27年9月18日 (2015.9.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 516178387
 ブライト エナジー ストレージ テクノ
 ロジーズ, エルエルピー
 Bright Energy Storage Technologies, LLP
 アメリカ合衆国 コロラド州 80207
 , デンバー, イースト40番アベニュー
 8035
 (74) 代理人 110000659
 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
 (72) 発明者 フレイジャー, スコット レイモンド
 アメリカ合衆国 80465 コロラド州
 , モリソン, 8837 エス. フェアオ
 ール ロード

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度勾配制御技術を含むコンクリートおよび管の高温熱交換およびエネルギー貯蔵 (TXES)

(57) 【要約】

熱的熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、少なくとも1つの熱交換および貯蔵 (TXES) アレイを含み、各TXESアレイは、熱源流体および作動流体の流体流を受け取る1つまたは複数のTXES要素を含み、TXES要素は熱源流体とTXES要素との間に熱エネルギーの伝達をもたらす。マニホールドシステムは、作動流体をTXES要素の入力に供給し、作動流体をTXES要素の出力から受け取る。TXESアレイで動作可能な少なくとも1つの熱機関は、TXESアレイから熱を抽出して機械エネルギーに変換し、熱機関は、TXESアレイのマニホールドシステムに選択的に接続されて、作動流体をTXES要素に通し、その結果、作動流体とTXES要素との間に熱エネルギーの伝達が発生する。

【選択図】 図2

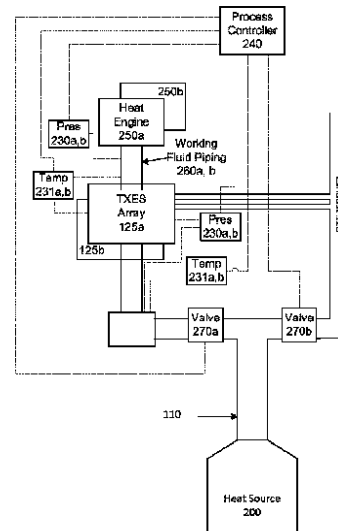


FIGURE 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

熱捕捉、貯蔵、および交換構造であって、

少なくとも 1 つの熱交換および貯蔵 (T X E S) アレイを備え、前記少なくとも 1 つの T X E S アレイの各々は、

熱源流体および作動流体の各々の流体流を受け取るようにそれぞれ構成された 1 つまたは複数の T X E S 要素であって、前記 1 つまたは複数の T X E S 要素のそれぞれが、前記熱源流体と前記 T X E S 要素との間で熱エネルギーの伝達をもたらす、T X E S 要素と、

前記作動流体を前記 1 つまたは複数の T X E S 要素の入力に供給し、前記作動流体を前記 1 つまたは複数の T X E S 要素の出力から受け取るように配管を介して前記 1 つまたは 10 複数の T X E S 要素に接続されるマニホールドシステムと、を備え、

熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、前記少なくとも 1 つの T X E S アレイから熱を抽出し、その熱を機械エネルギーに変換するよう前記少なくとも 1 つの T X E S アレイと共に動作可能な少なくとも 1 つの熱機関であって、前記少なくとも 1 つの熱機関の各々は、各 T X E S アレイの前記マニホールドシステムに選択的に接続されて、前記作動流体を前記各 T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素に通し、その結果、前記作動流体と前記 1 つまたは複数の各 T X E S 要素との間で熱エネルギーの伝達を生じさせる熱機関、をさらに備える、

熱捕捉、貯蔵、および交換構造。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの T X E S アレイの各々への、およびそれぞれの T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素への、前記熱源流体の流れを選択的に制御し、

前記少なくとも 1 つの T X E S アレイの各々への、およびそれぞれの T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素への、それぞれの熱機関の前記作動流体の流れを選択的に制御するよう構成されるプロセスコントローラをさらに備える、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの T X E S 要素の各々は、前記マニホールドシステムおよび前記 1 つまたは複数の T X E S 要素を接続する前記配管に含まれ、前記 T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素を通る前記作動流体の質量流を制御する弁システムをさらに 30 備え、前記プロセスコントローラは、前記 T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素を通る前記作動流体の前記質量流を選択的に制御するために、前記弁システムの動作を制御するよう構成される、請求項 2 に記載の構造。

【請求項 4】

前記 1 つまたは複数の T X E S 要素の各々は、

マトリックス材料基材と、

前記マトリックス材料基材内に形成または配置され、内部に前記加熱源流体を受け取るよう構成される、1 つまたは複数の煙管または通路と、

前記 1 つまたは複数の煙管または通路とは別に前記マトリックス材料基材内に配置され、内部に前記熱機関から前記作動流体を受け取るよう構成される、1 つまたは複数の作動 40 流体管とを備え、

前記マトリックス材料基材を介して、前記加熱源流体と前記作動流体との間の熱エネルギーの前記伝達が生じる、

請求項 1 に記載の構造。

【請求項 5】

前記マトリックス材料基材は、セメントバインダと骨材との混合物、またはバインダと相変化材料の混合物のいずれかを含む、請求項 4 に記載の構造。

【請求項 6】

前記作動流体管の 1 つまたは複数は、前記マトリックス材料内に設けられたらせん形状の管を備える、請求項 5 に記載の構造。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記 1 つまたは複数の作動流体管は、少なくとも第 1 のらせん形状作動流体管と第 2 のらせん形状作動流体管とを備え、前記第 1 のらせん形状作動流体管および前記第 2 のらせん形状作動流体管は、絡み合った配置、入れ子状配置、同一直線上で非同軸である配置、または同一直線上で重ならない配置の 1 つで配置される、請求項 4 に記載の構造。

【請求項 8】

前記マトリックス材料基材は、それぞれの角にスカラップが形成されたブロック状要素に形成され、

各 T X E S アレイ内の複数の隣接する複数の T X E S 要素の前記ブロック状要素のスカラップは、内部に前記加熱源流体を受け取るための通路を集合的に形成する、

10

請求項 4 に記載の構造。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの T X E S アレイは、複数の T X E S アレイを備え、前記少なくとも 1 つの熱機関は、第 1 の熱機関および第 2 の熱機関を含む複数の熱機関を備える、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 10】

前記第 1 の熱機関は、前記第 2 の熱機関とは異なる特性を有し、前記異なる特性は、機関プロセス、最大圧力動作限界、および利用可能な流量の少なくとも 1 つを備える、請求項 9 に記載の構造。

【請求項 11】

20

前記第 1 の熱機関の前記作動流体は、前記第 2 の熱機関の前記作動流体とは異なる、請求項 9 に記載の構造。

【請求項 12】

前記少なくとも 1 つの熱機関は、前記作動流体を介して前記少なくとも 1 つの T X E S アレイに熱エネルギーを供給するためのヒートポンプとしてさらに動作可能である、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 13】

熱捕捉、貯蔵、および交換構造であって、

少なくとも 1 つのモジュール式熱交換および貯蔵 (T X E S) アレイを備え、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイの各々は、1 つまたは複数の T X E S 要素を備え、各 T X E S 要素は、

30

マトリックス材料基材と、

熱源から供給され、前記 T X E S 要素を通る加熱源流体の流れを提供するために、前記マトリックス材料基材内に形成または配置された 1 つまたは複数の煙管または通路と、

前記 T X E S 要素を通る作動流体の流れを提供するために、前記 1 つまたは複数の煙管または通路とは別の前記マトリックス材料基板内に配置された 1 つまたは複数の作動流体管と、を備え、

熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、

前記少なくとも 1 つの T X E S アレイからの熱を抽出してその熱を機械エネルギーに変換するために前記少なくとも 1 つの T X E S アレイと共に動作可能な 1 つまたは複数の熱機関であって、前記 1 つまたは複数の熱機関が、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイに前記作動流体を提供する、1 つまたは複数の熱機関と、

40

前記熱源を前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイに接続し、前記 1 つまたは複数の熱機関を前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイに接続する配管およびダクト内に配置された弁システムであって、前記弁システムは、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイおよび前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素への前記加熱源流体の前記流れを選択的に制御し、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイおよび前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素への前記作動流体の前記流れを選択的に制御する、弁システムと、をさらに備える、

50

熱捕捉、貯蔵、および交換構造。

【請求項 14】

前記加熱源流体の前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイへの前記流れを選択的に制御し、前記作動流体の、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S 要素アレイおよび前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S 要素アレイの前記 1 つまたは複数の T X E S 要素への前記流れを選択的に制御するために、前記弁システムの動作を制御するよう構成される、プロセスコントローラをさらに備える、請求項 13 に記載の構造。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイは、少なくとも第 1 のモジュール式 T X E S アレイと第 2 のモジュール式 T X E S アレイとを含む複数のモジュール式 T X E S アレイを備え、前記第 1 および第 2 のモジュール式 T X E S アレイは、前記第 1 のモジュール式 T X E S アレイが第 1 の温度で前記加熱源流体を受け取り、前記第 2 のモジュール式 T X E S アレイが第 2 の温度で前記加熱源流体を受け取るよう、直列に配置されている、請求項 13 に記載の構造。

10

【請求項 16】

前記 1 つまたは複数の熱機関は、第 1 の熱機関および第 2 の熱機関を備え、前記第 1 および第 2 の熱機関は、異なる動作特性または異なる作動流体を有する、請求項 15 に記載の構造。

【請求項 17】

前記第 1 の熱機関は、作動流体を供給するために前記第 1 のモジュール式 T X E S アレイに流体接続されており、前記第 2 の熱機関は、作動流体を供給するために前記第 2 のモジュール式 T X E S アレイに流体接続されており、前記第 1 の熱機関は、前記第 1 の温度で加熱源流体を受け取る前記第 1 のモジュール式 T X E S アレイと共に使用するのに適した動作特性または作動流体を有し、前記第 2 の熱機関は、前記第 2 の温度で加熱源流体を受け取る前記第 2 のモジュール式 T X E S アレイと共に使用するのに適した動作特性または作動流体を有する、請求項 16 に記載の構造。

20

【請求項 18】

各 T X E S 要素内の前記 1 つまたは複数の煙管もしくは通路および前記 1 つまたは複数の作動流体管は、前記加熱源流体が前記 T X E S 要素を高温端から低温端に流れ、前記作動流体が、エンタルピーが前記作動流体に加えられた場合に前記低温端から前記高温端に、または前記作動流体がエンタルピーを放出した場合に前記高温端から前記低温端に、前記 T X E S 要素を流れるよう配置される、請求項 13 に記載の構造。

30

【請求項 19】

各 T X E S 要素内の前記 1 つまたは複数の作動流体管の各々は、らせん状管を備える、請求項 13 に記載の構造。

【請求項 20】

熱捕捉、貯蔵、および交換構造を組み立てる方法であって、前記方法は、
熱貯蔵および熱交換能力を有する少なくとも 1 つのモジュール式熱交換および貯蔵 (T X E S) アレイを準備するステップを含み、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイの各々を準備するステップが、

40

所望の数のモジュール式 T X E S 要素を準備するステップと、

前記所望の数のモジュール式 T X E S 要素を配置して前記モジュール式 T X E S アレイを形成するステップと、

前記マニホールドシステムと前記モジュール式 T X E S 要素との間に作動流体を伝達するために、前記所望の数のモジュール式 T X E S 要素を配管を介してマニホールドシステムに連結するステップと、を含み、

前記方法は、

熱源に前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイを流体連結して、前記熱源から加熱源流体を受け取るステップであって、前記加熱源流体からの熱エネルギーが、前記少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイの前記モジュール式 T X E S 要素の 1 つま

50

たは複数に蓄えられるステップと、

前記作動流体を介して前記少なくとも1つのT X E Sアレイから熱を抽出し、その熱を機械エネルギーに変換するために、前記少なくとも1つのT X E Sアレイと共に動作可能な少なくとも1つの熱機関を準備するステップと、

前記少なくとも1つの熱機関の各々を、各モジュール式T X E Sアレイの前記マニホールドシステムに流体接続して、前記作動流体を1つまたは複数のモジュール式T X E S要素に通し、その結果、前記作動流体と前記1つまたは複数の各T X E S要素との間で熱エネルギーの伝達が発生するステップと、をさらに含む、

熱捕捉、貯蔵、および交換構造を組み立てる方法。

【請求項21】

前記熱源を前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに接続し、前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに前記少なくとも1つの熱機関を接続する配管およびダクト内に弁システムを組み込むステップであって、前記弁システムが、前記加熱源流体の前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイおよび前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイの前記1つまたは複数のT X E S要素への前記流れを選択的に制御し、前記作動流体の前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイおよび前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイの1つまたは複数のT X E S要素への前記流れを選択的に制御するステップをさらに含む、請求項20に記載の方法。

【請求項22】

前記少なくとも1つの熱機関を前記少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに接続する前記配管内の前記弁システムは、前記少なくとも1つのT X E Sアレイの前記T X E S要素を向流方式で動作させるよう制御され、前記各T X E S要素を通る前記加熱源流体の流れは、前記各T X E S要素を通る前記作動流体の流れと略反対の方向である、請求項21に記載の方法。

【請求項23】

前記所望の数のモジュール式T X E S要素を前記マニホールドシステムに連結する前記配管に複数の弁を組み込むステップであって、前記複数の弁が、直列および並列流路における前記モジュール式T X E S要素の1つまたは複数を通る前記作動流体の前記流れを選択的に制御するステップをさらに含む、請求項21に記載の方法。

【請求項24】

前記所望の数のモジュール式T X E S要素の各々を準備するステップは、セメントバインダと骨材との混合物およびバインダと相変化材料との混合物のいずれかを含むマトリクス材料から要素本体を形成すること、

前記要素本体内に1つまたは複数の煙管または通路を設けて、前記T X E S要素を通る前記加熱源流体の流れをもたらすこと、および、

前記要素本体内に前記1つまたは複数の煙管または通路とは別の1つまたは複数の作動流体管を設けて、前記T X E S要素を通る前記作動流体の流れをもたらすこと、

によって前記T X E S要素を構築するステップをさらに含む、請求項21に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

著作権表示

この特許文書の開示の一部は、著作権保護の対象となる資料を含む可能性がある。著作権者は、特許商標庁の特許ファイルまたは記録に記載されているように、特許文書または特許開示のいずれかによるファクシミリ複製に異論を唱えないが、それ以外の場合はいずれの著作権を留保する。本書に適用されるのは、著作権2015 Bright Energy Systems, Inc.

【0002】

関連出願の相互参照

10

20

30

40

50

本出願は、2014年10月21日に出願された米国仮特許出願第62/066,773号、および2015年9月18日に出願された米国仮特許出願第62/220,796号の非仮出願であり、優先権を主張し、それらの開示は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0003】

技術分野

本明細書の例示的、説明的技術は、相変化ランキン型サイクルエンジンを一般的に使用する熱機関の管理のためのシステム、ソフトウェア、および方法に関し、より詳細には、熱捕捉（熱獲得）、貯蔵、および利用の管理に関する。本明細書で説明するように、ランキンサイクル（Rankine cycle）という用語は、作動流体が液体状態で、おそらくは超臨界圧力または亜臨界圧力に加圧され、および/またはおそらくはカリナサイクル（Kalina cycle）などでの流体の混合物を使用する、広範囲のサイクルを意味する。

10

【背景技術】

【0004】

関連技術

廃熱を捕捉し再利用するシステムは、当分野において広く記載されている。一般に、これらのシステムは、熱源から、伝達熱エネルギーを機械エネルギーに変換するランキンエンジンへの熱伝達を最適化することによって効率を最適化する一連の工学的トレードオフを含む。通常、これらのトレードオフは、熱交換器の効率および作動流体の特性に重点を置いていた。

20

【0005】

熱交換器の効率は、熱交換器材料と熱交換器の設計の関数であり、一方、作動流体は、システムの作動温度に対する流体の熱捕捉特性および放出特性に適合するように最適化される。

【0006】

費用対効果の高いエネルギー貯蔵が非常に重要である。電気化学的エネルギー貯蔵には長所があるが、しばしばコスト、安全性、および寿命に関して懸念がある。圧送水力および圧縮空気エネルギー貯蔵などの機械エネルギーシステムは、今日の大規模な蓄電容量の大部分を占め、長期的な信頼性と許容可能な性能が実証されている。

【0007】

適切に効率的かつ費用対効果の高い圧縮流体システムは、エネルギーコストを効果的に保存し、両方向、すなわち、充填（charging）および排出（discharging）において効率的な熱力学的プロセスを必要とする。これが試みられる一般的な方法は、プロセスの状態が各方向のプロセスの各ステップで非常に似ていることである。すなわち、プロセスの各点における圧力および温度が、充填プロセスと排出プロセスとの間で非常に類似している。

30

【0008】

圧縮流体機械エネルギー貯蔵システムには大きく2つのカテゴリーがある。（1）圧送熱エネルギー貯蔵（PTES）システムの一部としてのヒートポンプ、および（2）圧縮空気エネルギー貯蔵（CAES）システムが広く研究されている圧縮流体エネルギー貯蔵（CFES）システム。ここでの区別は、流体が空気ではなく、常に気体であるとは限らないことであり、超臨界流体であり、液体が液相または液体および気体相の組み合わせであるプロセスの一部であることができる。

40

【0009】

PTESシステムは、一般に、いくらかの質量の間の熱エネルギー差にエネルギーを貯蔵する。充填は、温度（または、より厳密にエンタルピー）差を有する質量の量を増加させること、または固定質量（環境に対して）のエンタルピーまたはその両方の一部を増加させることを含み、放出は、その潜在エネルギーを取り込み、機械的および/または電気的な動作に変換することである。

【0010】

50

機械エネルギー貯蔵システムに空気以外の流体を使用しようとする際の古くからの課題は、一般に、非常に大容積の低圧流体の貯蔵が必要であり、コストおよび貯蔵場所の問題を引き起こすことである。また、流体が冷媒のような化学物質である場合、材料のコスト、ならびにシステムからの漏れのリスクおよびコストを考慮する必要がある。

【0011】

本技術は、廃熱の捕捉および管理、ならびにこの熱から推進される熱機関の管理および最適化の分野に応用されている。

【発明の概要】

【0012】

本発明の一態様によれば、熱捕捉（熱的熱捕捉；thermal heat capture）、貯蔵、および交換構造は、少なくとも1つの熱交換および貯蔵（T X E S）アレイを備え、少なくとも1つのT X E Sアレイの各々は、熱源流体および作動流体の各々の流体流を受け取る（受け入れる）ようにそれぞれ構成された1つまたは複数のT X E S要素であって、1つまたは複数のT X E S要素のそれぞれが、熱源流体とT X E S要素との間で熱エネルギーの伝達（移動）をもたらす、複数のT X E S要素と、作動流体を1つまたは複数のT X E S要素の入力に供給し、作動流体を1つまたは複数のT X E S要素の出力から受け取るように配管を介して1つまたは複数のT X E S要素に接続されるマニホールドシステムとを備えており、熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、少なくとも1つのT X E Sアレイから熱を抽出し、その熱を機械エネルギーに変換するよう少なくとも1つのT X E Sアレイと共に動作可能な少なくとも1つの熱機関であって、少なくとも1つの熱機関の各々が、各T X E Sアレイのマニホールドシステムに選択的に接続されて、作動流体を各T X E Sアレイの1つまたは複数のT X E S要素に通し、その結果、作動流体と1つまたは複数の各T X E S要素との間の熱エネルギーの伝達が生じる、熱機関をさらに備える。

10

20

【0013】

本発明の別の態様によれば、熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、少なくとも1つのモジュール式熱交換および貯蔵（T X E S）アレイを備え、少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイの各々は、1つまたは複数のT X E S要素を備え、各T X E S要素は、マトリックス材料基材と、熱源から供給される加熱源流体をT X E S要素を介して流すために、マトリックス材料基材内に形成または配置された1つまたは複数の煙管または通路と、T X E S要素を通る作動流体の流れを提供するために、1つまたは複数の煙管または通路とは別のマトリックス材料基材内に配置された1つまたは複数の作動流体管とを含み、熱捕捉、貯蔵、および交換構造は、少なくとも1つのT X E Sアレイからの熱を抽出してその熱を機械エネルギーに変換するために少なくとも1つのT X E Sアレイと共に動作可能な1つまたは複数の熱機関であって、当該1つまたは複数の熱機関が、少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに作動流体を提供する、1つまたは複数の熱機関と、熱源を少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに接続し、1つまたは複数の熱機関を少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイに接続する配管およびダクト内に配置された弁システムであって、当該弁システムが、少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイおよびその1つまたは複数のT X E S要素への加熱源流体の流れを選択的に制御し、少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイおよびその1つまたは複数のT X E S要素への作動流体の流れを選択的に制御する、弁システムと、をさらに備える。

30

40

【0014】

本発明のさらに別の態様によれば、捕捉、貯蔵、および交換構造を組み立てる方法であって、本方法は、熱貯蔵および熱交換能力を有する少なくとも1つのモジュール式熱交換および貯蔵（T X E S）アレイを準備（提供）するステップを含み、少なくとも1つのモジュール式T X E Sアレイの各々を準備するステップは、所望の数のモジュール式T X E S要素を準備するステップと、所望の数のモジュール式T X E S要素を配置してモジュール式T X E Sアレイを形成するステップと、所望の数のモジュール式T X E S要素を配管を介してマニホールドシステムに連結して、マニホールドシステムとモジュール式T X E S要素との間で作動流体を伝達させるステップと、を含み、本方法は、少なくとも1つの

50

モジュール式 T X E S アレイを熱源に流体連結（流体的に連結）して、熱源からの加熱源流体を受け取るステップであって、加熱源流体からの熱エネルギーが、少なくとも 1 つのモジュール式 T X E S アレイのモジュール式 T X E S 要素の 1 つまたは複数に蓄えられるステップと、作動流体を介して少なくとも 1 つの T X E S アレイから熱を抽出し、その熱を機械エネルギーに変換するために、少なくとも 1 つの T X E S アレイと共に動作可能な少なくとも 1 つの熱機関を準備するステップと、少なくとも 1 つの熱機関の各々を、各モジュール式 T X E S アレイのマニホールドシステムに流体連結して、作動流体を 1 つまたは複数のモジュール式 T X E S 要素に通して、作動流体と 1 つまたは複数の各 T X E S 要素との間の熱エネルギーの伝達を発生させるステップと、をさらに含む。

【図面の簡単な説明】

【0015】

本発明の特徴は、例示のために選択され、添付図面に示されている本発明の詳細な説明およびその例示的な実施形態から最もよく理解されるであろう。

【0016】

【図1】既存の廃熱排出構造における T X E S の使用を示す図である。

【0017】

【図2】本発明の例示的なシステムを示す図である。

【0018】

【図3】システムによって利用されるコンピュータベースのプロセス（処理）コントローラのコンポーネント（構成）を示す図である。

【0019】

【図4】熱交換およびエネルギー貯蔵（T X E S）要素アレイ内の例示的な作動流体ループを示す図である。

【0020】

【図5 a - 5 c】複数の埋込型煙管およびプロセス流体管を有する T X E S 要素のさまざまな構成を示す図である。

【0021】

【図6】煙道チャンネルに鋳造（流し込み成形：cast）された例示的なスカラップ（扇形、波形：scallops）T X E S 要素を示す図である。

【0022】

【図7】スカラップ T X E S 要素の配置を示す図である。

【0023】

【図8 - 11】T X E S 要素内の異なるらせん状作動流体管構造を示す図である。

【0024】

【図12】さまざまな状態の T X E S 要素の例示的な加熱曲線の図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

要旨

本発明のシステムおよび動作方法は、さまざまな動作条件にわたって高レベルの性能で作動することができる構成可能な熱捕捉、貯蔵、および交換システムを提供する。このシステムは、T X E S、すなわち、熱交換およびエネルギー貯蔵システムと呼ばれている。従来の熱交換および貯蔵システムとは異なり、説明するシステムは、さまざまな熱源、作動流体、および圧力レジーム（圧力状態；pressure regimes）で効果的かつ確実に動作することができる、モジュールで容易に組み立てることができ、その構成が柔軟であり、しかも費用対効果が非常に高い。熱エネルギーを、異なる組成または特性の複数の流体流と同時に交換するために使用することができる。熱エネルギーを、異なる組成または特性の複数の流体流と同時に交換するために使用することができる。

【0026】

一実施形態では、本システムは、廃熱を捕捉し、電力の生産を含む他の用途のために再利用する目的で、工業炉、発電所、または他の産業熱源の熱排出の一部として動作するこ

10

20

30

40

50

とができる。熱捕捉および熱伝達の効率は、熱源（例えば、排気ガス）からランキンサイクルエンジンなどの周知のプロセスを使用して熱を利用することができる作動流体への熱伝達の関数である。熱源からの熱のすべてを作動流体に効果的に伝達することができない場合、または熱源における残留熱が経済的に実行可能な温度に作動流体を効果的に加熱するには不十分な場合、効率が失われるか、または代替の捕捉および貯蔵メカニズムを使用しなければならない。広い温度範囲にわたって熱源からの熱を捕捉し、適切な作動流体でその熱を利用可能にするモジュール式の捕捉、貯蔵、および抽出システムについて説明する。

【0027】

手法の1つは、向流（逆流）熱構造を作り出すことであり、この場合、T X E S要素は、T X E S要素の「高温」端に流れる高温流体（または、ガス）によって加熱され、熱がT X E S要素に伝達され、使用済みの高温流が、「低温」端でT X E S要素を出る。作動流体は反対方向に移動し、「低温」端でT X E S要素に入り、T X E S要素マトリックスから熱エネルギーを吸収し、「高温」端で要素を出る。これは温度勾配（thermal gradient）を急峻にする。温度勾配は、入熱の大部分が抽出され、非常に短い直線距離にわたって作動流体に伝達されるゾーンである。入力（例えば、「高温」）端は、熱源の入力温度に非常に近い温度に維持され、「低温」端は、入力作動流体温度に近い温度に維持される。この構成により、熱源からT X E S要素マトリックスを介して作動流体への最適な熱伝達を提供することができる。

10

【0028】

T X E Sアレイは、並流動作でも使用できる。例えば、T X E Sアレイは、熱圧送作動流体および廃熱流体によって並列（並行）に加熱することができ、あるいは、T X E Sに蓄えられた熱を用いて並列に2つの流体を加熱することができる。

20

【0029】

全体的なプロセス効率のために、蓄熱媒体は、場合により変動する熱入力レベルの範囲（例えば、変化する質量流量、温度、および凝縮速度）にわたってエントロピーの損失を最小限にして、熱を排出プロセスに送り返すことができることが望ましい。従来の向流熱交換器は、源流体から作動流体への熱の即座の伝達をもたらすので、熱源が存在し、作動流体が流れているときのみ有効であり、熱流束が常にリアルタイムで一致する場合に最も有効である。したがって、温度勾配は不安定であり、熱源または作動流体の特性が変化する（例えば、入力または作動流体がより熱いまたはより冷たくなる、流量が変化する）場合に直ちに変わる。その結果、ランキン型火力発電所の主要な課題の1つである熱源と熱機関とのマッチングにおける工学的設計上の課題、およびスタートストップ運転における動作上の課題が生じる。T X E SアレイおよびT X E S要素は、従来の熱交換器で捕捉されない（例えば、作動流体が、入力を含む熱量を吸収することができない場合）正常に通過する熱を捕捉して貯蔵するように構成することができる。T X E S要素は、入力流体からの余分な熱を蓄え、実際には、T X E S要素に熱エネルギーを充填する。T X E S要素を充填すると、T X E S要素内の温度勾配の位置がシフトする。熱源および作動流体の流れ（例えば、T X E S要素に加えられる熱および作動流体に放出される熱の量は、プロセス制御の下で変化する可能性がある）を制御することによって、T X E S要素内の温度勾配の位置および形状を管理することができる。

30

40

【0030】

T X E Sアレイは、（これらの熱源が、排気ガス、地熱もしくは工業熱除去などの液体熱源、または他の熱源からか、または圧縮充填プロセスからの圧縮流体からのものであると）熱源のさまざまな温度範囲にわたって動作し、必要に応じて、熱を捕捉、貯蔵、および放出する。T X E Sアレイは、温度最適化熱機関システムへの多段階熱伝達を提供する。また、熱源との熱交換率と熱機関が必要とする熱量とを分離することができる。この柔軟性により、熱源から1つまたは複数の作動流体への熱エネルギーのより効率的な捕捉および伝達が可能になる。このシステムでは、第1の実施例において、排出プロセスは、本質的にランキンサイクルであり、流体が液体状態で加圧され（加圧エネルギーを比較的

50

低く維持する)、次いで、加熱され、蒸発され、過熱される。その後、機械エネルギーを抽出するために膨張され、次に、再び加圧することができるように凝縮されて液体に戻る。蒸発潜熱は、システムから回収できる熱入力のかなりの割合である。温度が高いほど、正味の仕事量は高くなるが、液体を蒸発させるのに必要な潜熱ペナルティが高くなる。

【0031】

記載されるシステムは、幅広い熱入力範囲にわたる廃熱捕捉および貯蔵を提供し、可変強度の熱源に対する平滑化機能を提供する。システムから抽出された熱は、入力熱源の熱から時間的に遅れていてもよい。

【0032】

ハイブリッドボトムリングサイクル(hybrid bottoming cycle)と蓄電システムとを構築するために、廃熱捕捉プロセスを電気エネルギー貯蔵システム(充填時にエネルギー源として電気を使うもの)と統合する機能により、優れた効率を提供する。

10

【0033】

あらゆる熱交換器の貴重な資産は、表面積当たりのコストがより高いことである。圧力容器管では、管の壁厚は、圧力、材料強度、安全係数、および管の直径によって設定される。単位表面積当たりの管の材料費は、壁厚に比例する。したがって、管の直径がより小さいほど、単位表面積当たりの材料が少なくなる。実用的な課題は、多くのより小さな管と一緒に接続するコストであり、管の直径をより大きくすることで材料コストがより多くなるマニホールド(多岐管)に対する労力および接合コストの低減である。いくつかの実施形態で使用されるような管のらせん形成によって可能となる非常に長い管長の使用は、フィンまたは他の手の込んだ製造の特徴を使用することなく、同じ表面積を得るために使用される個別の管をより少なくすることを可能にする。螺旋構造はまた、熱交換領域のT X E S要素へのより均一な分散を可能にする。

20

【0034】

これらおよび他の態様ならびに利点は、以下の説明を添付図面と併せて読むと明らかになるであろう。

【0035】

例示的なシステムアーキテクチャ

図1は、排出システムにおけるT X E Sアレイの実施例を示す。動作中、排出システムは、冷却された排気ガスを煙突(120)に排出する前に、熱源から、排出スタック(110)を介し、1つまたは複数のT X E Sアレイ(125a/b)を介して、高温排気ガスを運ぶ。この例におけるスタックおよび煙突は、排気ガススペースの構成の例示であることに留意されたい。排気ガスおよび凝縮物プロセスシステム(図示せず)も、硫黄または亜酸化窒素などの汚染物質を除去するために排気ガスを処理する必要に応じて、T X E Sアレイに、または前処理もしくは後処理構造として組み込まれてもよい。熱を含む流体を有する熱源(例えば、ガス入力とは対照的に、液体、二相、または超臨界流体入力を有する熱源)のための、または排気ガスの別の前処理もしくは後処理のための他の構成は、本発明の範囲から逸脱することなく追加することができる。

30

【0036】

T X E Sアレイ(125)は、排気ガスからT X E Sアレイを構成するT X E S要素への熱伝達中に形成される凝縮物の収集を容易にするよう設置することができる。1つの方法は、T X E S要素を傾斜させて、凝縮物を収集点に流し、そこで収集し、さらに処理することである。凝縮物は依然として暖かい(例えば70)ことが多く、凝縮物に残っている低温の熱を抽出するのに最適化された追加のT X E S要素(同じT X E Sアレイ内または1つもしくは複数の追加のT X E Sアレイ内のいずれか)を通ることができることに留意されたい。

40

【0037】

図2は、ガス状の入力から熱を捕捉するための本発明の実装態様を示す。この例示的な実装態様は、燃焼熱源(200)と、蓄熱/熱交換要素の1つまたは複数のアレイ(それぞれ、T X E SアレイおよびT X E S要素と呼ばれる)(例えば、125a、125b)

50

に熱源から排熱ガスを伝達する1つまたは複数の排出スタック（110として1つのスタックが示されており、明瞭にするために、他は省略している）とを備える。排出スタックは、熱源からプロセスコントローラ指定の1つまたは複数のT X E Sアレイ（125 a、125 b）への高温排気ガスの流れを制御する1つまたは複数のオプションのプロセスコントローラ制御排出システムダンパ（270 a、270 b）を具備することができ、T X E Sアレイは、高温ガスが、煙突（120）に排出される前に選択されたT X E Sアレイの少なくとも1つを通して熱源から流れるよう配置される。排気ガスの温度を変化させることができるいくつかの実装態様において、第1のT X E Sアレイが最高温度の排気ガスを受け取り、第2のT X E Sアレイがそれよりも低い温度の排気ガスを受け取るように、T X E Sアレイを直列に配置することができる。これにより、排気ガスの現在温度で熱エネルギーを捕捉、貯蔵、および再利用するのに最適化された少なくとも1つのT X E S要素に排気ガス温度を一致させること（および、仕事変換熱機関をサポートすること）によって、排気ガスからの追加の熱エネルギーの捕捉および再利用を可能にする。

10

20

30

40

50

【0038】

ダンパを開閉することによって、熱源から1つまたは複数の選択されたT X E Sアレイへの入力ガス流を制御するために、コンピュータ制御または手動制御ダンパ（270 a、270 b）を利用することができる。プロセス制御コンピュータ（240）は、排気ガス温度が絶えず変化し、熱交換および再利用プロセスのリアルタイム最適化が必要な場合などの、システムがプロセス制御下で動作している場合に排出ダンパ（270 a、270 b）を制御する。より一定の排気ガス温度および圧力を有するシステムには、手動ダンパ設定を使用することができる。あるいは、両方のダンパ制御技術の組み合わせを使用してもよい。

【0039】

ダンパは、排気ガスの流れからT X E Sアレイを隔離するために使用することができる。これは、さまざまな理由のために行うことができ、例えば、排気ガスの温度が、特定のT X E Sアレイが排気ガスから最適に熱を抽出しない温度であるか、またはT X E Sアレイをオフラインにする（例えば、メンテナンスのため）ために、T X E Sアレイが所望の動作温度に到達しており、熱を別のT X E Sアレイでより効果的に利用することを可能にするために行うことができる。

【0040】

いくつかの実装形態において、いくつかの動作条件の間にバイパススタックを利用して、システムによって熱が捕捉されないように高温排気ガスを導くことができる。バイパススタックの使用は、追加のダンパ/弁（270 b）によって制御される。いくつかの実装態様において、バイパススタックダンパは、T X E Sアレイの1つまたは複数が正しく機能していない場合（例えば、熱抽出サブシステムの故障時）に排出システムの安全な動作を提供するために「フェールオープン（fail open）」に構成してもよい。

【0041】

排出スタック、煙突、およびT X E Sアレイは、センサ、例えば、排出スタック、煙突、およびT X E Sアレイの温度および圧力を測定し、流体および個々のT X E S要素（例えば、230 a、230 b、231 a、231 b）を処理する温度センサおよび圧力センサを備えることが好ましい。T X E Sアレイ内の熱抽出、貯蔵、および再使用を管理する制御アルゴリズムが提供された制御コントローラに入力を提供するために、温度センサおよび圧力センサのそれぞれが、（センサの適切な機構、通常は、電気的機構を使用して）プロセスコントローラに接続される。

【0042】

T X E S要素は、1つまたは複数の熱機関サブシステム（例えば、250 a、250 b）とさらに（作動流体管260 a、260 bを用いて）流体接続され、各熱機関の作動流体は、少なくとも1つのT X E Sアレイの1つまたは複数のT X E S要素を通して循環する。T X E S要素は「高温」または「低温」とすることができる。高温T X E S要素は、入力（排気ガスなど）によって加熱されたT X E Sであり、その後、熱を保持し、作動ブ

ロセス流体に伝達する。低温 T X E S 要素は、入力によって冷却され、熱の減少を保持し、作動プロセス流体からの熱を吸収する要素である。T X E S アレイは、高温 T X E S 要素のみ（さまざまな程度）、低温 T X E S 要素のみ（さまざまな程度）、または高温および低温 T X E S 要素の組み合わせを備えることができる。

【 0 0 4 3 】

各熱機関の作動流体流路は異なってもよい（例えば、異なる熱機関作動流体が異なる T X E S 要素を通過して流ることができる）。より限定された実装態様では、手動制御弁を使用して流路の一部を事前構成および/または構成することができ、または弁を省略して流路のその部分を静的に実現する。各作動流体流路は、作動流体が T X E S アレイの少なくとも 1 つの要素を通過するようにプロセスコントローラ制御値を用いて構成され、作動流体と T X E S 要素との間に熱伝達（作動流体の加熱または冷却のいずれか）が生じる。いくつかの動作モードにおいて、次いで、加熱された作動流体は、タービンおよび凝縮器を通過して循環され、従来のランキンサイクルで軸仕事に熱を変換するか、または加熱された作動流体が外部貯蔵タンク（図示せず）に送られる。さらに他の動作モードでは、作動流体の一部が T X E S 要素を通過して導かれ、流体の一部が T X E S 要素をバイパスするように導かれ、T X E S 要素で加熱された流体と再び組み合わせられて、その結果としての作動流体を特定の温度にする。したがって、プロセッサ制御弁は、1 つまたは複数の T X E S アレイおよび/または T X E S 要素を介して熱機関流体ルーティング経路を設定する。これにより、特定の熱機関の効率的な動作範囲に対応する温度を有する選択された T X E S 要素を通る作動流体の流れを制御することにより、T X E S 要素からの蓄熱をより効率的に抽出することが可能になる。このようにして、使用される熱機関/プロセス流体および T X E S 要素の熱/T X E S 要素を通る流路は、（それらが加熱され、熱がそれらから抽出される場合に）温度が変化する場合に T X E S 要素に動的に適合させることができる。

10

20

【 0 0 4 4 】

他の動作モードでは、作動流体は、（例えば、異なる T X E S 要素によって、または外部作動流体貯蔵構造から）事前加熱されて循環し、（例えば、より高温の排気ガスに曝された場合の要素の熱応力を低減するために）T X E S 要素の熱分配または予加熱を目的として熱を T X E S 要素に伝達するために使用される。この加熱流は、排気ガス流に対して向流であってもよく、または排気ガス流として T X E S 要素を通過して同じ方向に向けられていてもよい（例えば、並流）。1 つまたは複数の T X E S 要素を通る作動流体の流れの方向を反転させるために、流れ反転弁を設けることができる。この弁は、取り付けられた熱機関の一部としてもよく、または T X E S アレイに統合してもよい。

30

【 0 0 4 5 】

いくつかの実施形態において、プロセス流体の流れを制御する弁の少なくとも 1 つを手動で操作することができる。この構成は、排気ガスから抽出される熱量が T X E S アレイから抽出される熱量にほぼ一致し、システムが熱平衡（熱流入が任意の特定の時点での熱流出と一致する）で動作する構成で T X E S アレイが展開される場合に特に適合する。

【 0 0 4 6 】

各熱機関サブシステムは、異なる温度範囲で動作することができ、同一または異なるプロセス流体を使用して特定の温度範囲内で動作するように最適化することができる。いくつかのタイプの熱機関サブシステムが考えられる。

40

【 0 0 4 7 】

主要な機関またはヒートポンプのプロセスタイプはランキンプロセスである。このタイプの熱機関は、相応して低い加圧作動エネルギーを有する液相で作動流体を加圧することによって動作するが、作動流体を沸騰させるのに高温入力が必要となる。これらのシステムは、しばしばかなり高い作動圧力を有し、熱付加プロセスは、これらの作動流体圧力に対応する必要がある。従来のランキン機関流体熱システムは、高圧作動流体を流熱供給源（しばしば燃焼ガス）から分離する熱交換器を最も一般的に使用する。ランキンヒーティングシステムの重要な設計上の特徴は、かなり高圧の作動流体と、熱源からのしばしば低

50

い対流熱伝達率とを扱う場合の費用対効果である。

【0048】

多くの場合類似しているが、例えば、超臨界流体圧力を有するさまざまな機関サイクルが存在するので、システムの高圧部分で技術的に相変化を持たないことに留意されたい。同様に、流体の混合物は、温度変化沸騰プロセスを有する。ランキンまたはランキン型という用語は、本明細書で使用されるように、プロセスの低温端において相変化が存在する広範な熱機関/ヒートポンプカテゴリー、および液相で加圧が生じる機関システムを指す。別の主要な熱機関またはヒートポンププロセスは、気相で完全に動作するブレイトン(Brayton)サイクルである。流体の加圧は気相で行われるので、多くの加圧作業が必要となるが、プロセスにおける相変化の欠如は、ランキンプロセスと比較して作動流体の単位当たり付加される熱量を低下させる。例えば、低温蓄熱ブライトンシステムでは、作動流体ガスが圧縮され、T X E S要素にガスを通すことによって過熱が高温T X E S要素から除去され、低温高圧ガスが低温状態で膨張することを可能にする。この低温作動流体ガスは、低温T X E S要素を用いて温められ、T X E S要素を冷却する(低温T X E S要素を生成する)。充填プロセスは、圧縮機が作動流体ガスを低温T X E S要素を通して引き込み(作動流体を冷却し、T X E S要素を加熱する)、次いで、温かい作動流体を圧縮する(高圧ガスを生成する)、プロセスで反転される。加温作動流体は、高温T X E S要素を通るよう導かれ、高温のガス作動流体を生成する。その後、高温作動流体は、軸仕事を生成しながら、その開始温度付近まで膨張される。

10

【0049】

T X E S要素がコンテナベースの蓄熱手法(例えば、ロックタンク(rock tanks))を上回る主な利点は、コンテナベース手法では、圧力容器がすべての熱質量体に巻き付けられ、一方、T X E S要素は、蓄熱媒体が圧力容器の外側にあるので加圧体積に対して構造材料をはるかに少なくする必要があるという点である。

20

【0050】

T X E S設計(例えば、エネルギー貯蔵、熱選択性、および電力平滑化)の広範な利点は、さまざまなヒートサイクル機関に価値をもたらす。例えば、2つのランキン機関サブシステムを有するシステムでは、第1のランキン機関サブシステムは、周囲温度から150の間の温度でより効率的に動作するよう構成することができ、第2のランキン機関サブシステムは、150を超える温度で最も効率的に動作するよう構成することができる。いくつかの実施形態では、別々のランキン機関サブシステムの一部として、複数の異なる作動流体を使用することができる。作動流体および熱機関の特性は、その動作特性(例えば、気化熱、比熱対温度および圧力、最高温度限界、利用可能な流量)と熱源温度とに基づいて選択される。これにより、出力レベルと熱源温度にわたって、幅広い最適性能が可能になる。

30

【0051】

代替的に、システムの熱抽出および軸能力を増大させるために、共通の動作パラメータを共有するいくつかの熱機関サブシステムを並列に設けることができる。これらのシステムは、相互に接続されていてもよく、独立して動作してもよい。

40

【0052】

したがって、各熱機関サブシステムのための熱機関プロセス、プロセス流体、動作圧力、およびタービン/コンデンサ構成の選択は、独立して構成することができ、これらの構成パラメータ(プロセス流体臨界温度、作動流体、プロセス流体管フローおよび熱交換率、ポンプおよび貯蔵容量の制御パラメータなど)に関連する情報が、プロセスコントローラに格納される。

【0053】

本発明のシステムは、T X E S要素(例えば、上記の230a、230b)内に埋め込まれる、並びに/またはT X E S要素(例えば、上記の230a、230b)上に取り付けられる、およびプロセス機関流体配管(260a、260b)に取り付けられる、プロセスコントローラ制御温度および圧力センサと、1つまたは複数のT X E S要素、ポンプ

50

、1つまたは複数の熱機関、および1つまたは複数の冷蔵庫（図示せず）にノから作動流体流を導くのに有効なプロセスコントローラ制御ダンパおよびノまたは弁（例えば、270a、270b、およびTXESアレイの内側の弁）とを含む。センサおよび弁は、プロセスコントローラに接続され、プロセスコントローラによって制御される。

【0054】

プロセスコントローラには、センサ、弁、および配管の相互接続情報だけでなく、各TXES要素とそれが接続されているTXESアレイの特性もプログラムされている。この情報を使用して、現在のTXES要素温度（要素ごと）および入力温度と共に、プロセスコントローラは、個々の各TXES要素の現在の温度プロファイルに基づいて、最も適切な熱機関サブシステムを選択して、TXESアレイ内の各TXES要素から熱を抽出することができる。使用する熱機関サブシステムの選択は排他的ではなくてもよいが、それぞれが異なる温度、圧力、およびノまたは作動流体を使用して動作するように最適化された複数の熱機関を、単一のTXESアレイに接続することができる。

10

【0055】

いくつかの実施形態において、複数のTXESアレイが使用される。この複数のTXESアレイは、TXES要素のそれぞれに蓄えられる熱の量を管理するために、（各TXESアレイ内の）1つまたは複数のTXES要素を通るこれらの排気ガスおよびプロセス流体の流れの構成を可能にする配管、プロセスコントローラ制御弁、およびマニホールドを使用して流体的に接続される。一例において、排気ガスは、選択されたTXES要素に高温排気ガスを導くために、1つまたは複数の排気弁ノダンパを制御するプロセスコントローラによって、追加の加熱を必要とするTXES要素に優先的に導かれる。熱源が高温流体として提供される場合、高温流体は、1つまたは複数の弁およびポンプを制御するプロセスコントローラによって、追加の加熱を必要とする1つまたは複数のTXES要素に導かれる。

20

【0056】

したがって、プロセス制御コンピュータは、利用可能な熱エネルギーの熱抽出、貯蔵、および使用を最適化するために、TXESアレイ（およびTXESアレイの各要素）の加熱ノ熱抽出にダンパ、弁、センサ、および熱機関ポンプ制御構造を使用する。

【0057】

加熱排気ガスについて記載されているが、本発明のシステムは、高温液体または混合相源からの廃熱の熱抽出ノ貯蔵のために、当業者によって理解される方法で最小限の修正を加えて同様に良好に機能することに留意されたい。主な相違点は、液体の特性が、はるかに高い密度を有する液体と異なるため、単位体積当たりの熱およびより高い対流熱伝達係数が、選択された流体に基づいて異なることである。それに対応して、管路は、さまざまな流体、圧力、および温度に対応するために、さまざまな材料、サイズ、およびノまたは壁厚とすることができる。これらの考察は、TXES要素の煙道および作動流体管の設計、およびTXES要素とは異なる熱特性を有する煙管および管のその後のパッケージングに分解することができる。

30

【0058】

興味深い例は、ランキン蒸気プロセスが、蒸気凝縮プロセスと周囲温度との間で稼働するランキンアンモニアプロセスに熱添加として熱を加えることでその熱を放出するプロセスである。1つのTXES要素の設計では、排気ガスを加熱する蒸気プロセスを最適化する機能を有し、別のTXES要素（およびノまたはTXESアレイ）は、熱源として蒸気を凝縮するために最適化することができる（熱が沸騰および過熱アンモニアに伝達される）。

40

【0059】

本発明は、その後に使用するために「低温」を貯蔵する「低温」蓄熱器にも使用することができる。この変形例では、充填プロセスは、予め加熱されたTXES要素からの熱エネルギーを伝達することによって、低温源流体を暖める。排出プロセスは、作動流体を冷却しながら、TXES要素を暖める。

50

【0060】

例示的なプロセスの1つは、液化天然ガス（LNG）再ガス化構造の一部としてのTXES構成の使用である。この例示的な実施形態において、LNGをTXESアレイの煙道（またはプロセス管）に通し、TXES要素を冷却し、ガス状態に変化するまでLNGを加温する。ガス状天然ガスは、処理の出力である。ランキン型プロセスを使用してプロセスを逆転させることができる。この例では、ランキン機関は、液体状態で加圧された後、メタンを暖める場合におそらく周囲空気を冷却する熱交換器によって沸騰され且つ過熱されたメタンを使用し、この加圧ガスは膨張させることができ、次いで、低温低圧メタンは、TXES要素に格納された「低温」によって凝縮される。こうして、プロセスを継続するために加圧することができる液体メタンを提供する。

10

【0061】

別の代替的な実装態様では、高温ガスを煙道を通して流すことができ、LNGを作動流体管を通して流して、本発明の範囲から逸脱することなく同じ効果を達成することができる。

【0062】

LNG加温とプロセス流体の熱流とは、流れ熱交換器のようにバランスを保つ必要もなく、同時に発生する必要もないことに留意されたい（例えば、LNGまたはプロセス流体流の開始/停止の間などに、熱流が時間的にずれる可能性がある）。例えば、発電がない場合にはLNGを連続的にガス化してもよいし、LNGガス化がない場合にはランキン型プロセスによってTXES要素の貯蔵容量を用いて電力を発生させてもよい。TXES要素は、熱交換プロセスの熱供給/需要不均衡および時間的シフトをサポートするために必要な貯蔵容量を提供する。

20

【0063】

TXESシステムによってサポートされる別の例示的なプロセスは、空気液化である。空気液化は、所望の要素を液化するために適切な温度に予め冷却された1つまたは複数のTXES要素にガス状の大気を通すことによって、ガス状の大気を液化空気（またはその構成要素、液化酸素、窒素など）に変換する。生成された液化要素を管理するために、異なる温度に予め冷却された異なるTXES要素を使用することができる。これらのTXES要素からの熱抽出およびその後の仕事への変換は、標準ランキン型プロセスを介する。TXESシステムで利用可能な可変プロセス流れルーティング（可変プロセス流れ経路設定）では、TXES要素は、（単一要素液化システムとは対照的に）すべてのガスの有効熱範囲全体にわたって加熱および冷却され、TXES要素における熱のすべてをより効率的に使用することに留意されたい。

30

【0064】

図3は、システムの例示的なプロセスコントローラ（300）を示す。プロセスコントローラは、プロセッサ（310）、RAM、ROM、PROM、EEPROMなどの揮発性メモリ（320）および不揮発性メモリ（325）、図2の温度および圧力センサ230などのセンサに接続されるセンサ入力（330）、弁（例えば図2の弁270）、プロセス流体貯蔵（例えば、冷蔵）に関連する温度および圧力センサ、ポンプ（図示せず）、および熱機関構成要素（例えば、タービン、凝縮器）に接続された制御入力/出力（340）、ならびにセンサからの値を読み取り、決定し、その後、本明細書で説明する制御プロセスを実施する目的で、制御入力/出力用の値を設定するためにプロセッサによって実行される制御プログラム（350）を備える。他のセンサを、ポンプ、タービン/凝縮器、および他の動作構造に接続して、動作状態および/または機能不全を検出することができる。

40

【0065】

センサ入力および制御出力のそれぞれは、システムのそれぞれのセンサ/被制御構成要素に電氣的に接続される。本発明の精神から逸脱することなく、無線接続を接続の一部または全部に利用することができる。

【0066】

50

プロセスコントローラのメモリ内には、1つまたは複数の制御プログラムが格納されている。これらの制御プログラムは、プロセスコントローラの少なくとも1つのプロセッサによって実行され、本明細書に記載の制御方法を実施する。

【0067】

さらに、プロセスコントローラの1つまたは複数のメモリ内に、熱機関のサブシステム、排気ガスマニホールド構造、作動流体配管構造、および各T X E Sアレイ（個々のT X E S要素情報を含む）構成に関する構成情報、ならびに各構成要素およびサブシステムの動作および制御パラメータが格納される。この情報は、センサの入力を解釈し、その制御プログラミングに応答して制御出力を設定するために、プロセスコントローラによって使用される。

【0068】

さらに、プロセスコントローラメモリは、システム内の各センサの現在の温度および圧力などの現在の動作情報を格納する。

【0069】

再び図2を参照すると、各T X E Sアレイは、1つまたは複数のT X E S要素（125 a / b）、監視センサ（230 a / b、231 a / b）、弁/ダンパ（270 a / b）、並びに、アレイ入力マニホールド、1つまたは複数のT X E S要素、およびアレイ出力マニホールドの間で流体流をもたらすのに有効な配管（260 a / b）を備える。各T X E Sアレイは、熱源スタック（110）に接続され、使用済み熱源は、排気煙突（120）または適切な通気口に送られ、1つまたは複数の熱機関サブシステムからのT X E S要素内に捕捉されて蓄積された熱を抽出するための作動流体は、T X E Sアレイの個々のT X E S要素に、該要素から、および該要素間で、各作動流体を分配および収集するのに有効な、少なくとも1つの作動流配管（260 a、図4、430）および少なくとも1つの作動流出力配管（260 b、図4、450）を介して提供される。複数の作動流体配管は、（a）異なる特性（例えば、異なる経路長および/または流量（流速））を有する異なる流体経路を提供するために、および（b）異なる熱機関に接続されるために、設けることができる。プロセスコントローラに接続され、プロセスコントローラによって制御される追加の弁およびダンパが、各T X E Sアレイの各T X E S要素に、該要素から、および該要素間で（および複数のT X E Sアレイ構成内のT X E Sアレイ間で）、作動流体および加熱排気ガスの流れを構成するよう設けられる。

【0070】

本明細書で説明するT X E S要素、弁、配管、およびマニホールドのそれぞれは、T X E S要素の温度および交換プロセスの効率をより良好に維持するために、必要に応じて、断熱することができる。ミネラルウール、ガラス繊維、または他の既知の断熱材を、必要に応じて使用することができる。用途に応じて、排出流および/または天候から断熱材を保護するために外部カバーを設けることができる。

【0071】

図4は、T X E S要素アレイの要素を通る任意の所望の流体経路を生成するよう構成することができる、例示的な入力マニホールド（410）およびコンピュータ制御弁（420、460、465、470、480）、作動流体配管（430）、および4つのT X E S要素（例えば、440 a / b / c / d）を有する、本発明の例示的なT X E Sアレイを示す。この場合、T X E Sアレイは、4つの要素を備えるが、T X E S要素アレイを作成する場合には、任意の数のT X E S要素を使用することができる。

【0072】

T X E Sアレイで使用される各T X E S要素は、類似または異なる熱交換および貯蔵特性を有することができる。したがって、T X E Sアレイは、高温動作用に構成されたT X E S要素を備えることができ、低温での熱伝達を最適化するように構成された異なるT X E S要素を有することができる。あるいは、T X E Sアレイの要素のすべてが、類似の熱捕捉および伝達特性を有することができる。

【0073】

10

20

30

40

50

T X E S 要素へのマニホールドの相互接続

T X E S 要素は、典型的には、要素の一部として一体的に構成された煙道チャネルを有するように形成される。熱源ガス管（例えば、煙道）が記載されている例において、本発明は、本明細書に記載されるような管のない T X E S 要素の設計を使用して利用されてもよく、従来の設計の煙管（例えば鋼管）を用いて構成してもよい。

【 0 0 7 4 】

所望の T X E S 要素の構成に応じて、個々のマニホールド管を、T X E S アレイの熱源入力マニホールドと個々の T X E S 要素の煙管との間に管で接続することができる。この管はさらに、熱源ガスが特定の T X E S 要素に流れるように制御するために、プロセスコントローラ制御ダンパ/弁を有することができる。同様の構成が、熱を抽出した後の使用済み熱源ガスを処理するために使用される。

10

【 0 0 7 5 】

第 2 の手法は、多数の管を共通のマニホールドに接続する、周期的なスタブ（短突出部； stubs）を有する直管を製造できるように、管端部（T X E S 要素に埋め込まれた管用）を一行に配置することである。この構成は、排気ガスを分割して複数の T X E S 要素に同時に導く T X E S 要素（高流量動作条件用）の並列配置に特に有効である。マニホールドは、マニホールドに接続された 1 つまたは複数の T X E S 要素への熱入力を同時に有効/無効にするプロセスコントローラ制御弁/ダンパによって制御される入力を有することができる。

【 0 0 7 6 】

作動流体マニホールドスタブを T X E S 要素に接続することは、さまざまな方法で行うことができるが、コストは重要な問題である。このように、突合せ接合軌道溶接（butt splice orbital weld）は費用効果があり得るが、溶接のための管端部とマニホールドスタブとの間の厳密な公差アライメント（公差整合）および長さ整合を必要とする可能性がある。

20

【 0 0 7 7 】

別の選択肢は、マニホールドスタブと管端部との間の管サイズが、適切な公差で一方の管が他方の管内をスライドすることを可能にし、溶接またはろう付け操作によって気密ジョイントを形成することを可能にする、内径および外径サイズを有するソケット形状である。別の選択肢は、圧縮フィッティングである。あるいは、可撓性または展性のある配管またはホースを使用して、マニホールドを T X E S 要素埋め込みプロセス流体管および煙道に連結させることができる。

30

【 0 0 7 8 】

あるいは、プレナム（plenum）を流れる熱源ガスが、1 つまたは複数の T X E S 要素を通過しなければならないよう、複数の T X E S 要素を共通の「プレナム」内に並列に配置してもよい。各 T X E S 要素は、プレナムからの熱入力を制御するための個別のダンパを備えることができる。

【 0 0 7 9 】

本明細書で説明するように、構成可能な作動流体（および排気ガス/熱源）の流れは、T X E S アレイの動作に大きな柔軟性をもたらす。いくつかの実装態様において、（配管/弁を追加することにより）配管/弁の一部を拡張して、さらなる流動可能性をもたらしてもよく、または（プロセスコントローラ制御値と代替の流れ配管をマニュアル値および/または静的配管に置き換えることによって）制限してもよい。図 4 の構成例は、T X E S アレイの柔軟性を例示するための実証として提供される。第 1 の例示的な実施形態では、並行な流体の流れを実証し、プロセス流体は、入力マニホールド 4 1 0 に入り、弁 4 2 0 a、4 2 0 b、4 2 0 c および 4 2 0 d を通り、配管を通過して T X E S 要素 4 4 0 a、4 4 0 b、4 4 0 c および 4 4 0 d に流れ、加熱された後、弁（4 7 5 a、4 7 5 b、4 7 5 c、4 7 5 d）を通過して出力マニホールド（4 9 0）に流出する。すべての他の弁 4 6 5、4 6 0、4 7 0、4 8 0 は閉じられている。第 2 の例示的な実施形態では、直列の流体の流れを実証し、プロセス流体が入力マニホールド 4 1 0 に入り、開放弁 4 2 0 a を

40

50

通ってT X E S要素440 aに流れる。プロセス流体はT X E S要素440 a内で加熱された後、流出し、閉鎖弁475 aによってブロック（阻止）される。流体は、弁480 a（弁480 aは開いており、420 dは閉じている）に向かい、いくらか加熱されているT X E S要素440 dの入力側に流れ、次いで、開放弁460 dを介して出口マニホール490に流出する。第3の例では、プロセス流体流がアレイ内のT X E S要素の間を流れる場合に分割される別の流路を実証しており、プロセス流体が、入力マニホール410に入り、開放弁420 aを通過してT X E S要素440 aに流れる。プロセス流体はT X E S要素440 a内で加熱された後流出し、閉鎖弁475 aによってブロックされる。流体は、弁470 aおよび480 a（弁470 aおよび480 aは開いており、420 cおよび420 dは閉じている）に向かい、T X E S要素440 cおよび440 dの入力側に流れ、その後、開放弁475 cおよび475 dを介して出口マニホール490に流出する。流路の他の組み合わせ、すなわち、直列、並列、ならびに直列および並列の組み合わせが、適切な弁（420、460、465、470、および480）を開閉することにより可能となる。

【0080】

T X E Sアレイ設計の利点は、T X E Sアレイの個々の要素をバイパスするために、プロセスコントローラ制御弁によって熱源ガスおよび作動流体の両方の吸入および排出経路を動的に変更できる場所が多いことである。特定のT X E S要素をバイパスするタイミングを決定することは、その制御プログラムに回答してプロセスコントローラによって実行され、部分的に、入力熱源の温度および圧力センサの読み取り値、T X E S要素の特性（例えば、流体経路のそれぞれにおける熱交換係数）、T X E S要素の現在の動作状態（例えば、現在の温度および温度プロファイル）、および熱機関サブシステムの特性（例えば、動作温度、作動流体、動作圧力）、ならびに今後予想され得るさまざまな動作モードに基づいて、決定が行われる。

【0081】

動作範囲を決定するさまざまな変数があり、これらは相互に高連結されることがよくあるが、動作条件が異なるとT X E Sの設定またはT X E Sの動作に影響を与える可能性がある。ランキン型プロセスの動作圧力範囲または比により、温度範囲または比を決定する。圧力はまた、流体の質量を変化させるのに必要なエンタルピーの量を沸騰温度に（または、より一般的に、超臨界圧力に対して）設定する。しばしば、流体によって吸収される熱の非常に大きな割合は、その沸騰または準沸騰（quasi-boiling）温度またはその付近にある。これは、T X E Sの動作に関する強力な要因である。したがって、例えば、作動流体の圧力を変化させることにより、作動流体が熱を吸収またはT X E Sに熱を伝達する温度が変化する。

【0082】

ピーク温度は、膨張に利用可能な最大エンタルピーを決定するか、または圧縮（例えば、ヒートポンプ）プロセスから供給される最大エンタルピーを決定する重要なものでもある。前述したように、圧縮機または膨張機で利用可能な圧力比は、特定の流体の温度変化を決定する。ランキン型熱機関における共通の目的は、全熱入力に対する機械（膨張機）にわたるエンタルピー交換を最大にすることである。ヒートポンプでは、共通の目的が反対であり、より高い圧力で送達される全熱に対する機械のエンタルピー（圧縮）を最小にすることである。ヒートポンプ/熱機関のエネルギー貯蔵システムでは、理想的な場合にこれらの反対の事項が幾分相殺される。ほとんどのシステムと同様に、現実的な考慮にはコストと現実の効率の考慮が含まれる。T X E S設計では、貯蔵された単位エネルギー当たりの要因関連コストと、他の箇所で説明されるような流体と貯蔵媒体との間の達成可能な最小温度差とがある。システムが温度、圧力、流体、および質量流量を変化させる流れ制御システムは、T X E Sが多種多様な可能なシステムをサポートするシステムの価値を高める。

【0083】

図15は、さまざまな流体が効果的に作動する、温度と圧力との膨大な組み合わせのう

10

20

30

40

50

ちのいくつかを示す表である。また、プロセスに使用されるさまざまな化合物の相対量を単に変化させることによって、特性を無限に変えることができる流体の混合物も存在する。

【0084】

図15

流体の例	容積式圧縮機膨張機の費用効果的な使用のための動作範囲	その他の要因
アンモニア	320~650K 25~250bar	いくらかの毒性があるが、産業/農業として広く使用されている
蒸気	500~900K 2~200bar	流体密度を向上させるために、周囲温度よりも高い低温側温度が望まれる
ジメチルエーテル	330~460K 15~100bar	低毒性であるが、400K、53barの、より低い性能の熱力学超臨界
プロパン	330~420K 20~80bar	370K、42bar、高ワークバック比での超臨界
R-152a	350~470K 20~100bar	$T_{\text{臨界}} \sim 386\text{K}$
二酸化炭素	330~380K 155~400bar	低圧側 (~70bar、~304Kでの臨界点) で超高圧力。業界により広く調査されている。低毒性。
空気/排気	直接燃焼: 800~1800K 燃焼タービン排気: 700~800K 内燃機関排気: 600~800K 蒸気発生器スタックガス: 380~460K (一般的に大気圧をわずかに上回り、50kPaゲージ未満) 燃焼タービン圧縮機空気: 350~750K 2~25bar	廃熱源流体、相変化なし
クロード・ブレイトン・アルゴン	600~900K、6~16bar	ブレイトン・ヒートポンプ・エネルギー貯蔵システム

10

20

30

40

50

【0085】

多くの熱機関システムは、多段システムで動作する。ランキン型システムでは、別の関心技術は、沸騰させ過熱し、膨張させた後、気相で再加熱して、その後、再び膨張させた流体を一旦加圧する再加熱サイクルである。これらのシステムは、より多くの全エンタルピーが供給され抽出され、これはより高い圧力比を必要とするので、一般により高い圧力を有する。より高い圧力は、液体を超臨界状態にすることが頻繁にあり、それはもはや沸

騰プロセスが生じる固定温度が存在しないということである。顕熱 T X E S および交換システムでは、多くのエンタルピーが交換される固定温度を避けることが有用である。

【 0 0 8 6 】

機関モードに対して2つの加熱プロセスが存在するので、それらの2つ以上の加熱プロセスを熱供給に対して配置する方法に柔軟性がある。再加熱プロセスは潜熱吸収プロセスを有していないので、それはより高温の熱供給セクションに存在する傾向にある。別の技術は、T X E S 要素のレイ内の共通または異なる流体を用いて2つ以上のプロセスを単に実行することである。再加熱サイクルとは対照的に、各プロセスにおける圧力は、独立して調整することができ、したがって、ピンチポイントヒート捕捉チャレンジ (pinch point heat capture challenge) を支援する圧力を選択することができる。

10

【 0 0 8 7 】

上述したように、重要な変数は、2つの流体（典型的には排気ガスまたは廃熱流と熱捕捉作動流体と）の間の熱交換器として機能する T X E S の圧力によって大きく変化する沸騰または準沸点である。これは、ピンチポイント解析としてこれらの設計の当業者には周知である。これは廃熱流からの熱捕捉を最大化するプロセスであるが、経済的配備に十分な費用対効果がある全体的なシステムを実用的に発見するプロセスである。

【 0 0 8 8 】

複数の流路およびモジュールブロックによって提供される柔軟性は、高効率動作からの価値の選択、熱供給とは無関係に移送が必要な場合の移送のためのエネルギー貯蔵、機械を単に逆に運転して仕事を伴うシステムに熱を戻し、他の部分で説明した費用効果の高い管設計のために熱捕捉のコストを下げ、1つまたは複数のこれらの変数を変更することによってどの温度で T X E S から熱が追加または抽出されるかを変更する能力を提供し、T X E S に対する費用対効果を高める。

20

【 0 0 8 9 】

次の図は、構造周りの革新的な特徴を有する T X E S 要素の構成と、その結果としての性能を示す。図 5 から図 1 2 は、さまざまな実施形態の実装詳細を記述しているが、T X E S 要素のいくつかの一般的な態様は、単独および組み合わせて利益を提供する。これらには、要素形状 / 構成、マトリックス材料、および作動流体配管構成が含まれる。

【 0 0 9 0 】

各 T X E S 要素は、モジュール設計を使用して構成され、実装の要件に基づいて異なる形式とサイズとすることができる。T X E S 要素は、所望の熱流特性に応じてさまざまなサイズ範囲を有することができる。T X E S 要素は、高速性、モジュール構造、および容易な輸送性のために設計されている。これを容易にするために、多くの機能と設計要素が含まれる。例えば、T X E S 要素は、セミトレーラーで輸送しやすい長さを使用し、要素の質量は、クレーンの持ち上げ操作を容易にする。T X E S 要素セクションは、鑄造 / 調製品からトラックへ取り出してトラックに積み重ねられることを可能にするのに十分な曲げ強度を必要とするが、機能するために追加の構造的強度を必要としない。場合によっては、補強鋼（例えば、鉄筋）または鋼製の引張部材が、T X E S 要素を補強するために使用される。これらの要素は、T X E S 要素のコンクリートが張力を受ける可能性のある設計荷重を有する T X E S 要素の持ち上げと運搬に使用される。T X E S 要素は、典型的には、長さが 2 から 1 5 m であり、断面がほぼ正方形または直線的であり、側面が 0 . 2 m から 2 . 5 m である。T X E S 要素の質量は約 6 0 0 0 k g であるが、用途によっては約 1 0 0 k g から 1 8 0 0 0 k g までサイズが変わる可能性がある。

30

40

【 0 0 9 1 】

T X E S 要素のモジュール設計により、システム全体のセグメントを鑄造または調製することができ、多くのセグメントを並行に積み重ねることができ、また直列にも配置することができる。直列配置により、入力熱源および作動流体の経路長を長くすることができ、より多くの熱が、熱源から抽出され、1つまたは複数の T X E S 要素に格納され、および抽出された熱の特定の特性に対して最適化される熱機関サブシステムの作動流体に抽出されることを可能にする。T X E S アレイ設計における要素最適化の一部は、異なる定義

50

をされた特性を有する T X E S 要素の作製である。例えば、第 1 の T X E S 要素は、複数の作動流体経路を有するように作製することができ、各経路は、50 リットル / 分の流速で作動流体の温度を 70 まで上昇させる能力を有する。第 2 の T X E S 要素は、100 リットル / 分の流速で作動流体の温度を 300 まで上昇させる能力を有して作製することができる。

【0092】

同様に、T X E S 要素は、100、300、500、または 1000 の動作熱入力を受け取り、T X E S 要素内のその熱を効果的に取り込むことができるように構成することができる。さらに、T X E S 要素は、異なる圧力、流量、および熱源の特性で動作するように構成することができる。例示的な実施形態では、第 1 の T X E S 要素は、300 立方フィート / 分の熱源ガスを通させるのに十分な煙路を有することができ、第 2 の T X E S 要素は、150 立方フィート / 分の熱源ガスのみを通させる煙路を有することができる。第 3 の例の T X E S 要素は、3 p s i の圧力で動作することができ、別の T X E S 要素は、熱源ガスの自由流れ（例えば、加圧されていない）を可能にするよう設計することができる。

10

【0093】

典型的に、T X E S 要素は、構造要素、熱貯蔵媒体（典型的にはマトリックスおよび充填材を備える）、1 つまたは複数の作動流体経路、および煙道と呼ばれる 1 つまたは複数の熱源経路を備える。構造強度は、鉄筋などの明示的な構造要素によって提供されてもよく、またはマトリックス自体のような他の構成要素と要素の統合であってもよい。

20

【0094】

ラック上や最終的な設置時に積み重ねに簡単に持ち上げたり載置したりすることができるよう T X E S 要素に鑄造された特徴（形状）は、これらのプロセス中の労力を節約するのに役立つ。T X E S 要素の持ち上げおよび取り扱いに関連する別の有益な特徴は、容易に取り除かれ、T X E S 要素の積み重ねを妨げないよう T X E S 要素を持ち上げおよび配置するために使用されるストラップを持ち上げることを可能にする底面および側面における浅いノッチ（図示せず）である。

【0095】

代替的に、持ち上げ部は、持ち上げ荷重のより高い局所応力が、T X E S 要素にかかる許容可能なレベルの荷重を維持するのに十分な面積にわたって T X E S 要素に広がるよう、T X E S 要素に鑄造することができる。一般的に、持ち上げ特徴は、一般的にこの上方に配置される T X E S 要素の通常の積層面よりも上に突出しないように鑄造される。代替的に、持ち上げアタッチメントは、取り外し可能な積層面の上に突出する可能性のある特徴を使用するか、または持ち上げ突起特徴がしっかりと積み重ねるのを妨げないように、一般に T X E S 要素の底に雌型形状が配置される。

30

【0096】

各 T X E S 要素のマトリックス材料は、排気ガスまたは高温作動流体から抽出された熱を貯蔵する材料である。マトリックスは、伝熱通路と作動流体管との間の空隙を充填し、材料の伝導率および強度を向上させる。

【0097】

好ましいマトリックス材料は、バインダ（結合材料）（例えば、ポルトランドセメント）中に 1 つまたは複数のタイプの骨材を含んだコンクリートまたはコンクリート様マトリックスである。高いマトリックス強度が必要とされないので、（しばしば強度低下という代償を払って）より大きな蓄熱能力を生成するマトリックス材料の多様性が好ましいことに留意すべきである。

40

【0098】

従来ポルトランドセメントベースのコンクリート混合物は、T X E S 要素が加熱された場合の亀裂を防止するために、マトリックスを完全に乾燥させることを目的として、特別な養生プロセス（硬化プロセス）を必要とするいくつかの T X E S 要素で使うことができる。ポルトランドセメントをベースとしたコンクリート混合物は、腐食防止物質の

50

形態で、または排気煙道をライニングすることによって、いくつかの排気流（硫黄に富む燃焼ガスなど）の酸性効果から保護する必要があり得る。

【0099】

高温セメントは、T X E S 要素が相当な加熱または継続的な加熱/冷却サイクルを受けられる場合に使用することができる。高温と従来のセメントとの混合物も可能である。ジオポリマーまたはフライアッシュのようなポゾラン性を有する他の材料は、ポルトランドセメントのような他の結合成分を増強したり置換したりすることができる。

【0100】

いくつかのT X E S 要素プロセス流体配管および煙道構成は、使用することができる骨材のサイズを制限するので、セメントに使用される骨材は、部分的に骨材サイズによって選択される。実験では、マトリックス内の空隙を最小限に抑えるために、使用可能な最適最大骨材サイズが、任意の埋め込まれたコイル状プロセス流体管（下記参照）のコイル間距離の1/2であることが実証された。骨材と共に、伝導性向上添加物質をマトリックス混合物に添加することができる。これらの添加物質は、金属の削り屑（鋼などであり、アルミニウムなどではない、コンクリートと適合する金属、メッシュ形状で、チキンワイヤ（金網）などの、性能を最適にするためにT X E S の軸方向温度勾配にほぼ直交して配向させることができる、金属ワイヤ）、および/または、カーボンもしくはグラファイトの粒子、ファイバーもしくはフィラメントを含む。

10

【0101】

相変化材料をT X E S 要素に一体化するには、いくつかの手法がある。1. 熱入力流体とプロセス作動流体とに対して管を使用し、相変化材料で満たされた容器に管を浸す。2. 相変化材料を含むT X E S 要素のセクションを有する（例えば、相変化材料がコンクリートおよび/またはマトリックスに埋め込まれた容器のような他の格納機能によって囲まれる所）。このようにして、相変化材料は、作動流体の相変化が起こるプロセス（一般に、向流プロセスの低温端に近い）に配置することができる。

20

【0102】

煙経路は、T X E S 要素の一部として埋め込まれた（例えば、煙管）またはT X E S 要素の形状の一部（例えば、煙道チャンネル）として各T X E S 要素の一部として鑄造される。煙管は、熱入力に耐えるのに十分な任意の配管材料、例えば、鋼、ステンレス鋼、セラミック、プラスチック、または他の特殊金属製の配管で構成することができる。煙道とT X E S 要素の材料との間の所望の熱伝達を達成するために、煙経路の形状は、断面（例えば、円形、楕円形）または経路（例えば、直線状、螺旋状）において変更することができる。

30

【0103】

熱供給が低圧で行われる用途では、煙道機構の構築のためにより柔軟性がある。鋼は、コンクリートベースのマトリックス材料と適合する一般的で低コストの材料である。煙道の鋼通路の形状は、圧力がほとんどかからないため丸くなくてもよく、他の形状がT X E S 要素の断面に他の形状よりも良好に包み込まれてもよく、またはT X E S 要素全体の単位長さ当たりの、または作動流体管の長さ辺りの、表面積の比を増加可能であることに留意されたい。

40

【0104】

T X E S 要素の鑄造中に、犠牲材料を使用して、T X E S 要素内に管およびチャンネルを形成することができる。犠牲材料の機能は、当業者に既知であるプロセスを介して鑄造プロセス中にマトリックス内に空洞を作り出すことである。

【0105】

さらに、耐食性が、これらの通路材料のいずれかに、基本形態形状をコーティングで被覆することによって付加することができる。除去されるフォーム（型；forms）のために、コーティングは、好ましくはフォームの外側に置かれるため、コーティングはコンクリートに付着したままである。有益であり得るコーティングの例は、より高い耐酸性またはより少ない多孔性（例えば、ジオポリマーベースのコンクリート）を有する特殊なコンク

50

リート混合物、十分な耐熱性を有する熱可塑性フィルム、シリコンの薄層、またはシリカセラミックを含む。耐性材料は、通路内の流体に面する。このライナ材料は、特に、ライナが鑄造プロセス中に適切な形状を保持するのに十分な強度を有する場合に、予備成形され、要素の鑄造フォームに入れられる。あるいは、ライナアセンブリがサポートを必要とする場合、鑄造中に形状を適切に保持するために、犠牲的なまたは取り外し可能なサポートを使用することができる。これらの耐食性または低多孔性のコーティングは、スプレーコーティング、ディップ鑄造、スリップ鑄造（鑄込み成形）などの多くの方法で形状特性に適用することができる。

【0106】

図5a、図5b、および図5cは、（作動流体管に加えて）熱源流体用のT X E S要素に鑄造された煙管を有するT X E S要素の実施形態を示し、熱が流体に伝達されるか、熱が流体から管壁に伝達され、次いで、蓄熱マトリックスが熱を管の外に、または管に伝える。図5aは、マトリックス（510）、複数の煙管（520）、およびマトリックス内に埋め込まれた複数のらせん状作動流体管（530）を備える例示的なT X E S要素構成を示す。図5bは、一体化された持ち上げアタッチメントを有する変形六角形T X E S要素（端面図）を示す。図5cは、マトリックスと、複数の煙管と、取り外し可能な持ち上げリングを特徴とする一体化された持ち上げアタッチメントを備えた複数の交互に配置された、らせん状作動管とを備えた矩形のT X E S要素（端面図）を示す。本発明の精神から逸脱することなく、他の形態の持ち上げ部を含めることができる。最適化考慮の1つは、煙管と作動流体管との間の距離、および対流通路に関してマトリックス材料がどれだけ均一に分散されるかである。また、煙管およびらせん状作動流体管の数および構成は、本発明の主旨から逸脱することなく変更可能である。

【0107】

第2の例示的な実施形態では、熱供給が蓄熱マトリックスと直接接触するようにT X E S要素を形成することができる。2つのそのような構成が記載されており、本発明の範囲から逸脱することなく多くの他の可能な構成を利用することができる。図6は、T X E S要素が、一般に規則的な辺（例えば、直交または六角形）、壁を有するT X E S要素において、スカラップまたは他の外側の特徴（形状）で形成される場合の1つの例示的な実施形態を示す。図6において、T X E S要素構成は、マトリックス（600）、スカラップ煙道チャネル（610）内の4つの鑄造物、および4つのらせん状作動流体管（620）を備える。一体化された持ち上げ部などの他の機能は、明確にするために示さない。スカラップおよびらせん状作動流体管の数および構成は、本発明の主旨から逸脱することなく変更可能である。

【0108】

この設計の興味深い形状の一部には、少なくとも2つの利点を持つことができるコーナーをスカラップすることが含まれる。これらは、排気ガス熱伝達路の可能な通路であり、コイルから最も遠いコンクリートの一部も除去する。コイルに対するコンクリートのより均一な距離は、熱力学的にあまり望ましくない平均コンクリート温度差（対作動流体）の増加を最小にするのに役立つ。「規則的な」側面は、T X E S要素の積み重ねを可能にし、スカラップは熱源（排気ガス、ジャケット冷却材またはオイル）からの加熱された流体用の通路を提供し、図7に示すようにT X E SアレイのT X E S要素のスタック内のこれらの形状部分を通過させる。図7は、3×3配置で積み重ねられた9つのスカラップ鑄造T X E S要素（スカラップ720およびらせん状作動流体管740を有する710）を示し、スカラップ形態によって形成された排出通路（730）を示す。

【0109】

T X E S要素のマトリックスに埋め込まれたプロセス作動流体管の使用は、加圧作動流体用の圧力容器で作用し、さらに熱伝達面を形成する。らせん状コイルまたはスパイラルコイルは、流路の長さを長くし、T X E S要素あたりの熱伝達量を増加させる。本明細書では、らせん状（helical）とは、らせん（helices）、スパイラル（spirals）、または関連する幾何学的コイルを含む、任意のコイル構成を意味するために使用される。配管の

直径およびらせん状コイルの直径、そのピッチ（例えば、1メートル当たりのコイル）、並びに各 T X E S 要素内の配管の長さは、特定の作動流体、動作圧力、動作温度範囲、および熱伝達係数 T X E S マトリックスのために最適化されたプロセス作動流体配管を製造するために変化させることができる。後述するように、複数の作動流体管を使用することができる。らせん状構造管は、以下の効果を有する。

【 0 1 1 0 】

1 . 熱質量に対して作動流体の表面積を増加させる（作動流体管の直径に基づいて変化する、管自体の表面）。

【 0 1 1 1 】

2 . 熱伝達が起こる経路長を長くする。作動流体プロセスの目的は、機械的充填プロセスの間に流体からほぼすべての熱を得ること、または貯蔵材料の高温端の全温度に近い温度まで流体を蒸発させて過熱することなので、蓄熱材と作動流体との間での小さな温度差が望まれる。しかし、作動流体と固体貯蔵材料との間の温度差が小さいと、熱伝達率が低くなり、したがって、作動流体へのまたは作動流体からの完全な熱伝達を達成するためにより長い距離およびより大きな表面積が必要となる。

10

【 0 1 1 2 】

3 . 利用可能な長さがより長いことは、熱伝達流束 (W / m^2) がより低くなり得ることを意味し、これは作動流体と貯蔵材料（例えば、コンクリート）との間のより高い温度差によるシステム上の効率損失を最小にする。熱流束が低いということは、蓄熱材の温度勾配を有利に低くすることを意味する。

20

【 0 1 1 3 】

4 . T X E S を加熱または冷却する場合に、熱遷移プロセスが T X E S の内部で物理的に移動していることを考慮して、熱伝達機構の全長を長くする。したがって、高品質の熱貯蔵の大部分は熱伝達ゾーンの高温側の貯蔵部の高温端部にあるので、熱伝達ゾーンの長さは利用可能な全長に対して比較的短いことが望ましい。

【 0 1 1 4 】

5 . 蓄熱のために利用可能な T X E S 要素マトリックスのより多くを露出する。

【 0 1 1 5 】

これらの各因子は、T X E S 要素内の流体経路の熱伝達係数を計算する場合に考慮してもよい。熱伝達係数は、T X E S 要素マトリックスと作動流体との間で熱を伝達するための経路の全体的な能力を表す基準である。熱伝達係数および最適な流体経路長を決定する際の熱伝達係数の使用を以下に説明する。

30

【 0 1 1 6 】

T X E S アレイ内の柔軟に定義された作動流体経路および源流体経路は、異なる熱伝達係数を有する流体経路の選択（および、生成）を可能にする。T X E S 要素を通る各通路は、T X E S 要素の現在の温度および温度勾配、作動流体、その温度および圧力、ならびに通路の特性（長さ、直径（例えば、伝達面積）、材料）に基づいて、定義された熱伝達係数を有する。T X E S 要素内の各通路の作動流体特性の関数としての熱伝達係数は、T X E S 要素が T X E S アレイ内に配置される前に計算および/または測定してもよく、これらの係数は、プロセスコントローラのメモリに格納することができる。熱伝達係数は、関係する絶対温度と圧力とは無関係であることに留意されたい。これは、作動流体が T X E S 要素を通過する際に加えられる（作動流体から放出される）熱量を測定するための基準を提供する。

40

【 0 1 1 7 】

例えば、特定の作動流体、流速、および温度（作動流体経路内のセンサによって決定される）のための T X E S 要素を通る直線管と、T X E S 要素内の既知の温度および温度勾配構成（T X E S 要素内の温度センサによって決定される）とを備える第 1 の通路は、熱伝達係数が 1 であるよう決定することができ、半径 6 インチでコイル間のピッチが 4 インチの第 1 のらせん状コイルは、熱伝達係数 1 0 0 を有することができ、半径 1 2 インチでコイル間のピッチが 4 インチの第 2 のらせん状コイルは、熱伝達係数 2 0 0 を有すること

50

ができる。したがって、これらの流体通路のそれぞれを通過する第1の作動流体は、T X E S要素の特定の熱構成のために作動流体内に伝達される（または、作動流体から放出される）1、100、または200単位のエネルギーを獲得する。T X E S要素の異なる熱構成に対して、同じ作動流体条件は、T X E S要素の特定の通路を流れる場合に、0.5単位、50単位、または100単位のエネルギーを得ることができる。同じT X E S要素条件下の異なる作動流体は、3つの経路に対してそれぞれ2、50、および100の熱伝達係数を有することができる。この場合も、この情報はエンコードされ、プロセスコントローラのメモリ内に格納することができる。

【0118】

流体経路が2つ以上のT X E Sアレイおよび/またはT X E S要素を通過する場合、総熱伝達係数は、流体が移動したT X E S要素/通路係数のそれぞれの係数の合計である。

【0119】

図8は、T X E S要素内に埋め込まれた類似のサイズおよびピッチの複数のらせん状プロセス流体管の同軸配置を示す。共通軸（830）の周りに2つのらせん状プロセス管（810、820）が配置され、加熱されたT X E S要素マトリックス（890）と等しい接触面積を提供するためにらせんのコイルが絡み合っている（intertwined）。T X E S要素の煙管は、図面を分かりやすくするために図から省略されていることに留意されたい。埋め込まれた温度および圧力センサ（860、870、880）は、T X E S要素の温度（およびオプションで、1つまたは複数のらせん状プロセス流体管内の作動流体の圧力）を検出するために使用される。一体型持ち上げ要素（840、850）も図示されている。

【0120】

図9は、共通軸（930）の周りに配置され、T X E S要素内に埋め込まれた異なるサイズおよびピッチのらせん状プロセス流体管（910、920）の第2の同軸配置を示す。T X E S要素の煙管は、図面を分かりやすくするために図から省略されていることに留意されたい。埋込センサ（960、970、980）および一体型持ち上げ部（940、950）も示されている。プロセス流体管コイルは入れ子式であり、より多くの表面積および管長を有する第1の管と、表面積および管長がより小さい第2の管とを提供する。したがって、これらの管は、T X E S要素と管内のプロセス流体との間の熱交換の量が異なり、それぞれ異なる熱伝達係数を有する。したがって、プロセス流体流は、T X E S要素の温度および所望のプロセス流体加熱量に応じて、長い流体経路（したがって、熱交換がより大きく、および熱交換係数がより高い）または異なる管の中により短い流体経路（したがって、熱交換が小さく、熱交換係数がより低い）を有する管を使用してT X E S要素を通り選択することができる。他の用途では、複数の流体熱機関プロセスで動作する場合にT X E S要素から抽出される熱量を制御するために、T X E S要素が高温の場合には第1の作動流体を伴う1つの管を選択することができ、T X E S要素が低温の場合には第2の管を選択することができる。代替的に、異なる作動流体を異なる管に通して送ることができ、T X E S要素に蓄えられた熱の管理をさらに強化する。

【0121】

図10は、T X E S要素（1090）内に埋め込まれた、同一線上ではあるが同軸ではない軸（1030/1035）を有する類似のサイズおよびピッチのらせん状プロセス流体管（1010、1020）の同一線状（すなわち、らせん状プロセス管の軸は平行である）構造を示す。T X E S要素の煙管は、図面を分かりやすくするために図から省略されていることに留意されたい。一体型センサ（1060、1070、1080）および持ち上げアタッチメント（1040、1050）も示されている。各作動流体管らせんのコイルは、マトリックス材料との接触面積を大きくするために絡み合っている。また、この実施形態では、らせんは同じ軸上になく、マトリックスに露出されたコイル領域を広げる効果を有することに留意されたい（例えば、同軸配列と比べて、左から右の方向に少しだけ外れる）。コイルを水平方向に広げることは、より同心円状のパターンと比べて、直線のパターンで熱伝達表面積を均一にするための方法である。角、すなわち、多くのらせん状

10

20

30

40

50

管から比較的離れた部分は、そういった比較的遠く離れた部分での熱遅延や遅れが性能を低下させる可能性があるので、避けるのが好ましい。図8および図9のような同心円パターンは、角（図示せず）を切り取ることができ、または図5bの設計は、T X E S要素あたりの角数を最小限に抑える繰り返しパターンを作り出す。

【0122】

図11は、T X E S要素（1190）に埋め込まれたらせん状プロセス流体管（1110、1120）の重なり合わない同一線上の配置を示す。T X E S要素の煙管は、図面を分かりやすくするために図から省略されていることに留意されたい。一体型センサ（1160、1170、1180）および持ち上げアタッチメント（1140、1150）も示されている。プロセス流体管は、各管経路に対して異なる量の熱伝達を提供するために、異なるサイズおよびコイルピッチであってもよい。

10

【0123】

上記の各例は、管特性およびコイル特性が変化する、2つのらせん状作動流体管要素を有するT X E S要素を示す。T X E S要素内に存在するらせん状作動流体管の数、軸オフセット、およびコイルの交互配置の量は、本発明の範囲および主旨から逸脱することなく変更することができる。ただし、T X E S要素の骨材サイズは、鑄造中のT X E S要素マトリックス内の空隙を最小にするために管の数を増やすにつれて減少させなければならない。

【0124】

作動流体配管、熱供給通路、およびおそらくスカラップまたはノッチングのような他の形状（構造）の中心部に、多くの場合、共通のパターンが存在し、それは繰り返すことができるが、一般に、これらの共通サブセットパターンの多くのアセンブリに鑄造される。多くの同様の機能を大型の鑄物に集約することが - 多くの形状を一緒に鑄造する場合に形状ごとの労力が軽減され、製造プロセス中およびプロジェクトサイト（project site）の設置中にアセンブリを扱う時間が少なくなり、鑄造要素が厚い場合に持ち上げ操作のためのセクションの剛性がより高くなる - 内部補強を減らすことと、T X E S要素の外側のマニホールドの多くを、フィールド組立に対する、より制御されたより安価な工場運転で完成可能であることと、別個のT X E S要素を積み重ねる場合のより高い変動に対して、加圧流体配管の多くを成形ツールと正確に位置合わせすることを含む場合に、コスト削減または他の価値が生じ得ることが多い。

20

30

【0125】

上述したように、システムは、向流で動作することが好ましく、熱源流体が一方向に流れ、「高温」端で始まり「低温」端で出るT X E S要素を加熱し、作動流体は、反対（または向流）方向に流れ、低温端で入り、「高温」端で出る。充填（例えば、T X E S要素に熱エネルギーを加える）の間、これは、T X E S要素内の温度勾配の傾斜を増加させる効果を有する。熱伝達が主に発生するT X E S要素の部分である熱勾配ゾーンもまた、熱充填の量が変わるとT X E S要素内で直線的に移動する。T X E S要素の温度プロファイルが充填状態と排出状態との間を移動する場合に、T X E S要素に沿った温度勾配を急峻にすることによって、向流はシステムの効率と費用対効果を向上させる。図12は、熱充填のさまざまな段階におけるT X E S要素の充填状態の3つのグラフ化された例を示す。

40

【0126】

プロセスコントローラは、入ってくる熱源、作動流体、およびT X E Sアレイを備える各T X E S要素の温度および圧力を監視し、流体経路および流量を調整して、充填中に保持され、充填状態で貯蔵され、排出中に作動流体に放出される熱量を最適化する。

【0127】

T X E Sアレイの利点は、T X E S要素のモジュール設計とシステムのプロセス制御フロー管理とを組み合わせた場合、入力熱流からの熱の最大量を捕捉、貯蔵、抽出して使用するために、システムを介して熱および作動流体の流れを最適化できることである。システムがセメントプラント、発電プラント、または産業廃熱回収プロセスの出力に取り付け

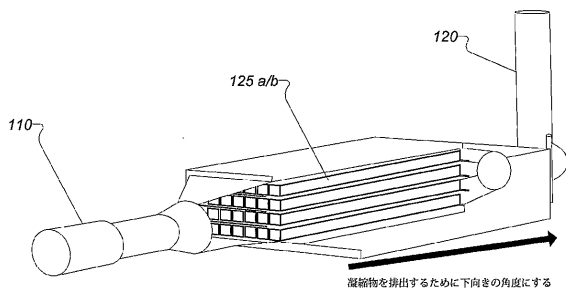
50

られている場合、同じメカニズム（使用される T X E S 要素は熱および作動流体のために調整することができる）を使用することができる。

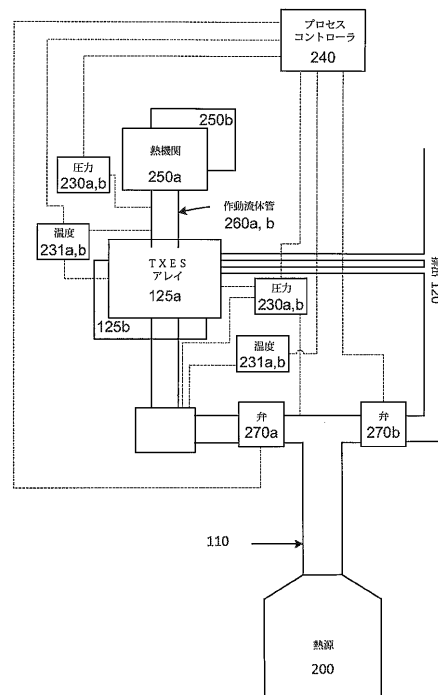
【 0 1 2 8 】

本発明について、好適な実施形態の点から説明してきたが、それに限定されないことが、当業者によって認識されるであろう。上述した本発明のさまざまな特徴および態様は、個別にまたは共に使用することができる。さらに、本発明について、特定の環境での実施の状況で説明してきたが、特定の用途に対して、当業者は、その有用性が限定されず、本発明が任意の数の望ましい環境および実装態様で有益に使用され得ることを認識するであろう。したがって、特許請求の範囲は、本明細書に開示された本発明の完全な範囲および精神を考慮して解釈されるべきである。

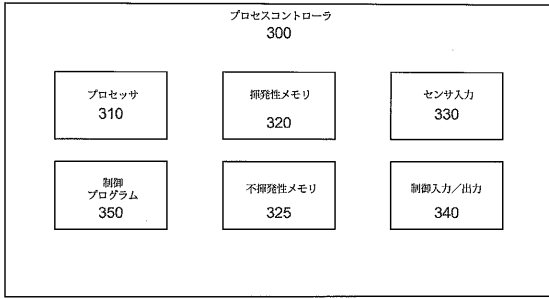
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

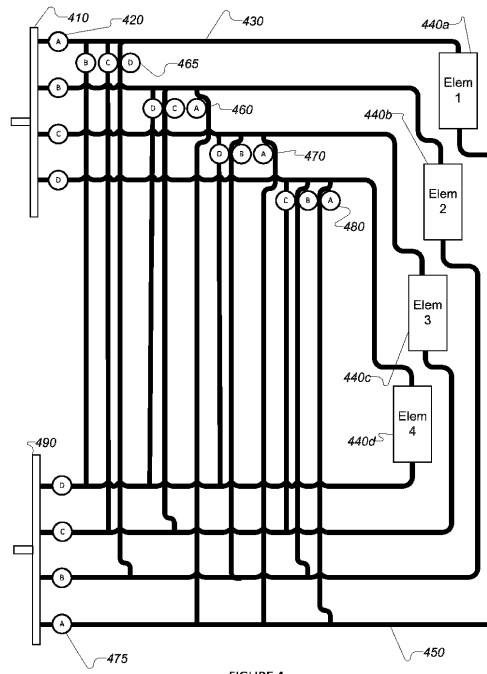


FIGURE 4

【 図 5 a 】

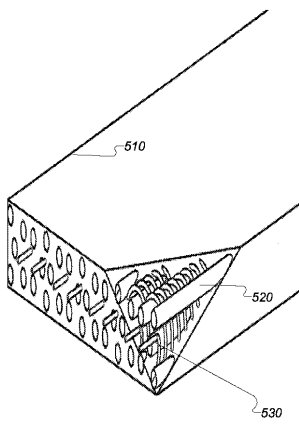


FIGURE 5a

【 図 5 b 】

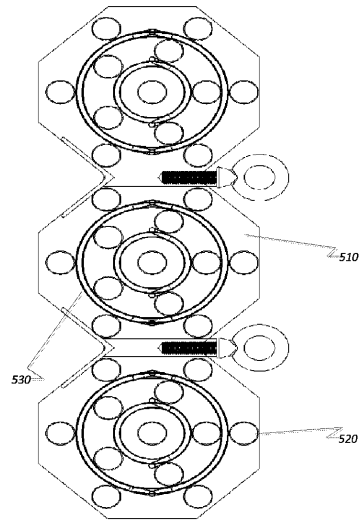


FIGURE 5b

【 図 5 c 】

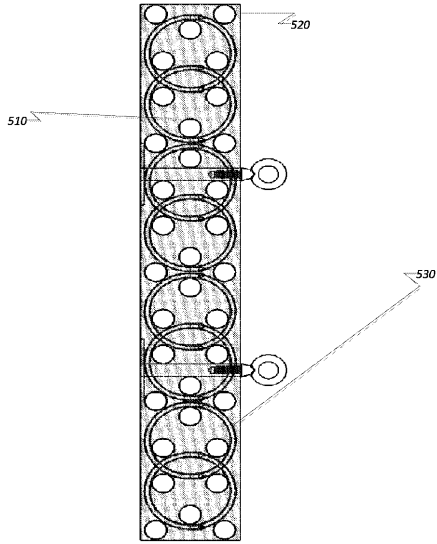


FIGURE 5c

【 図 6 】

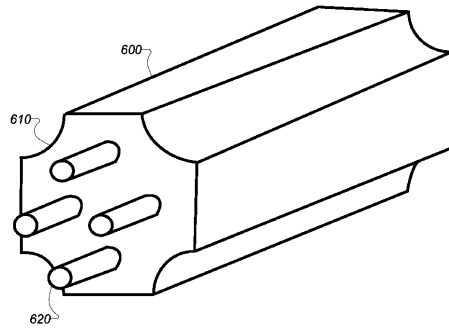


FIGURE 6

【 図 7 】

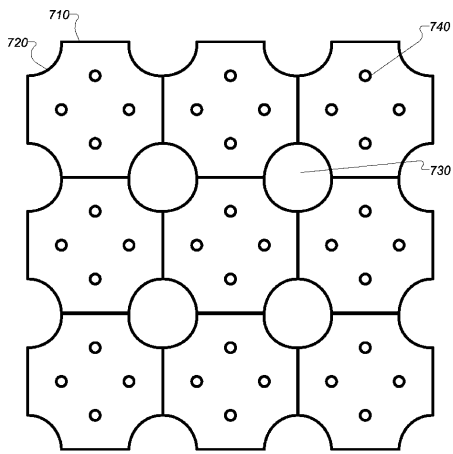
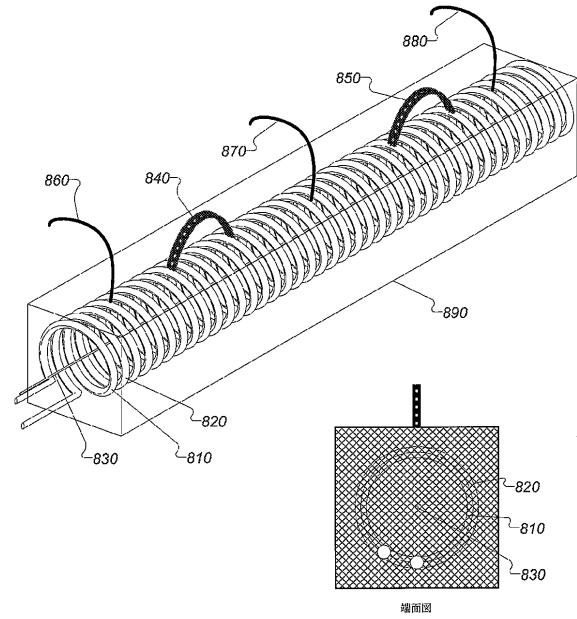


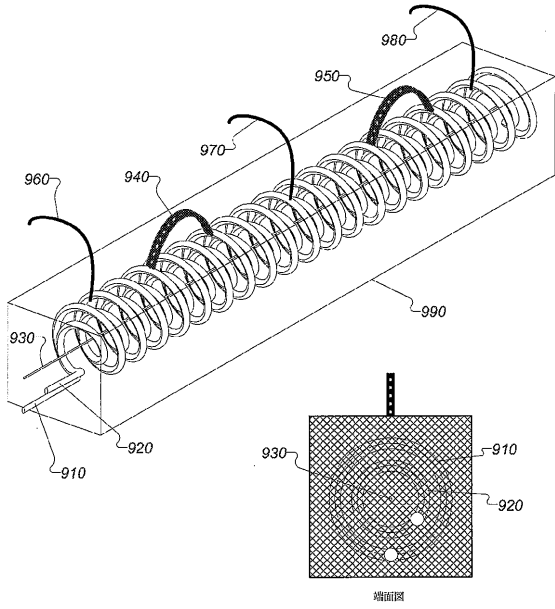
FIGURE 7

【 図 8 】

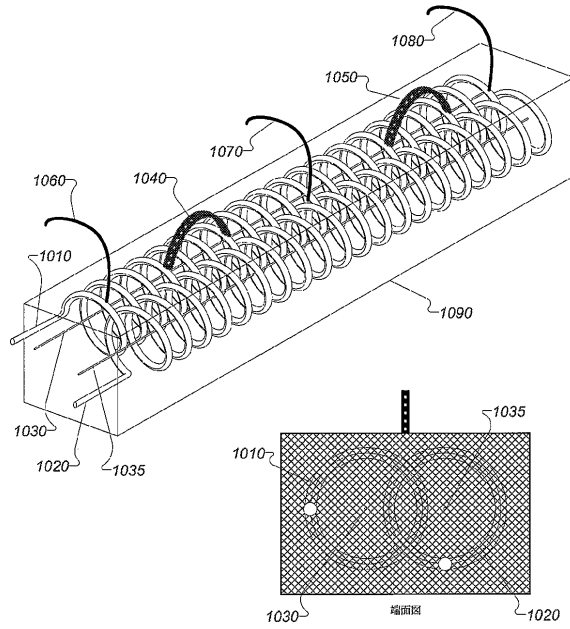


端面図

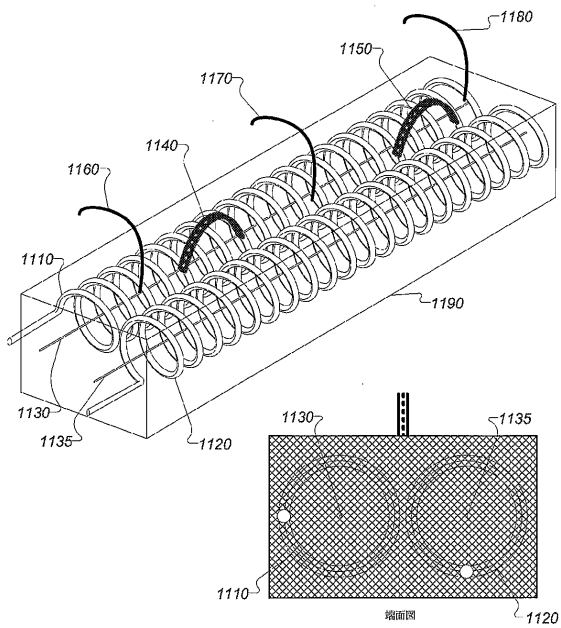
【図 9】



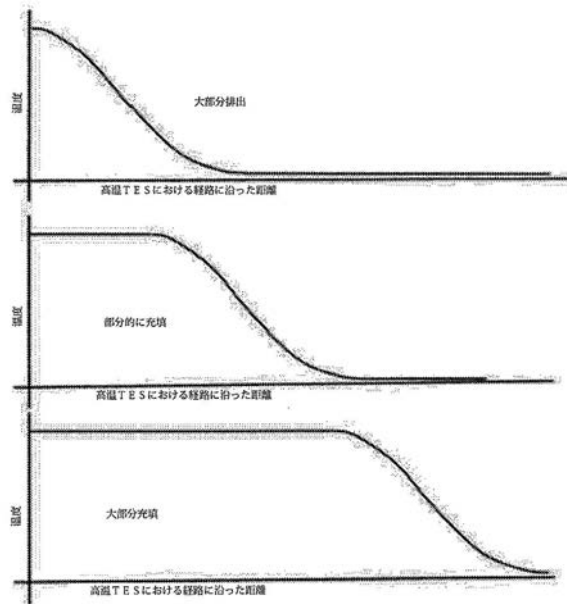
【図 10】





【図 11】



【図 12】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/056753
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
F01K 23/10(2006.01)i, F01K 27/00(2006.01)i, F02G 5/02(2006.01)i, F28F 1/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01K 23/10; F03G 6/00; F28D 1/04; F24J 3/08; F03G 7/02; F28F 1/10; F24H 7/02; F24J 2/04; F01K 27/00; F02G 5/02; F28F 1/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: thermal heat, capture, storage, heat exchanger, heat source, working fluid, manifold, valve, process controller, tube		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4283914 A (ALLEN, LEONARD W.) 18 August 1981 See abstract; column 6, line 27 - column 7, line 22, column 7, lines 57-65, column 8, lines 9-19, column 9, lines 11-16; and figures 7-8.	1-3, 9-12, 20-23
Y		4-8, 13-19, 24
Y	US 2012-0227926 A1 (FIELD et al.) 13 September 2012 See abstract; paragraphs [0701]-[0702]; and figure 33.	4-8, 13-19, 24
A	WO 2014-059016 A1 (RESEARCH TRIANGLE INSTITUTE) 17 April 2014 See page 24, line 27 - page 27, line 17; and figures 1-5.	1-24
A	US 2011-0011572 A1 (NAGURNY et al.) 20 January 2011 See abstract; paragraphs [0032]-[0045], [0060]-[0066], [0101]-[0108]; and figures 1, 4-7B.	1-24
A	US 2014-0262136 A1 (JENSEN, ROBERT) 18 September 2014 See abstract; paragraphs [0028]-[0032]; and figures 2-8.	1-24
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 20 January 2016 (20.01.2016)		Date of mailing of the international search report 25 January 2016 (25.01.2016)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer LEE, Dal Kyong  Telephone No. +82-42-481-8440

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/056753

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4283914 A	18/08/1981	None	
US 2012-0227926 A1	13/09/2012	CN 102695924 A EP 2502004 A2 GB 0919934 D0 KR 10-2012-0117984 A WO 2011-058383 A2 WO 2011-058383 A3	26/09/2012 26/09/2012 30/12/2009 25/10/2012 19/05/2011 31/05/2012
WO 2014-059016 A1	17/04/2014	US 2015-0316328 A1	05/11/2015
US 2011-0011572 A1	20/01/2011	AU 2010-273345 A1 AU 2010-273345 B2 CA 2767174 A1 CA 2767174 C CN 102472593 A DK 2454546 T3 EP 2454546 A2 EP 2454546 B1 ES 2547868 T3 JP 2012-533722 A JP 2015-099011 A KR 10-2012-0080564 A WO 2011-008921 A2 WO 2011-008921 A3	02/02/2012 21/02/2013 20/01/2011 17/02/2015 23/05/2012 05/10/2015 23/05/2012 02/09/2015 09/10/2015 27/12/2012 28/05/2015 17/07/2012 20/01/2011 12/05/2011
US 2014-0262136 A1	18/09/2014	None	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 トゥーイ, ジェニファー フォン

アメリカ合衆国 80027 コロラド州, スーペリアー, #210, 2855 ロック クリーク サークル

(72)発明者 アバー, マイルズ エル.

アメリカ合衆国 80304 コロラド州, ボルダー, 2928 19番 ストリート

(72)発明者 ジールズ, プレンドン アール.

アメリカ合衆国 80401 コロラド州, ゴールデン, 17175 ダブリュ 8番 プレイス

(72)発明者 ギンター, カール

アメリカ合衆国 20705 メリーランド州, ベルツビル, 10404 43番 アベニュー

(72)発明者 ラウ, アレックス

アメリカ合衆国 80002 コロラド州, アーバダ, 5525 ダブリュ. 56番 アベニュー

Fターム(参考) 3G081 BA01 BC07 BC11 BC15 BC18