

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5554406号
(P5554406)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月6日(2014.6.6)

(51) Int.Cl.	F I
FO2C 6/16 (2006.01)	FO2C 6/16
FO2C 1/04 (2006.01)	FO2C 1/04

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-515543 (P2012-515543)	(73) 特許権者	592204130
(86) (22) 出願日	平成22年6月14日 (2010.6.14)		ジェデエフ・スエズ
(65) 公表番号	特表2012-530213 (P2012-530213A)		フランス・75008・パリ・リュ・デュ
(43) 公表日	平成24年11月29日 (2012.11.29)		・ドクトゥール・ランセリユー・16-2
(86) 国際出願番号	PCT/FR2010/051178		6
(87) 国際公開番号	W02010/146292	(74) 代理人	100107641
(87) 国際公開日	平成22年12月23日 (2010.12.23)		弁理士 鎌田 耕一
審査請求日	平成25年4月25日 (2013.4.25)	(72) 発明者	カナル, パトリック
(31) 優先権主張番号	0954102		フランス、エフ-94300 ヴァンセン
(32) 優先日	平成21年6月18日 (2009.6.18)		ヌ、リュ デュ ミディ、21
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(72) 発明者	ナド, リオネル
			フランス、エフ-75018 パリ、リュ
			ジャン ドリュフス、9
		審査官	米澤 篤
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備に用いられる蓄熱器の温度制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備(10)に用いられる蓄熱器(ST1、ST2)の温度制御方法であって、

前記蓄熱器は顕熱を貯蔵するための耐火材料層(26)を備え、

前記耐火材料層は上端分配器(22)と下端分配器(24)との間に垂直に配置され、

前記蓄熱器は連続する複数の作動サイクルを受け、

前記作動サイクルは、それぞれ、熱い空気の流れが、熱エネルギーを生成した後に前記下端分配器を経て離れるように前記上端分配器を経て前記蓄熱器に入り込み前記耐火材料層を通り抜ける圧縮段階と、そのあとに続き、冷たい空気の流れが、前記熱エネルギーを回収した後に前記上端分配器を経て離れるように前記下端分配器を経て前記蓄熱器に入り込み前記耐火材料層を通り抜ける膨張段階と、を備え、

連続する2つの前記作動サイクルの間に、前記圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲に適合する温度とするために、前記下端分配器(24)の近傍に位置する前記耐火材料層(26)の底部区画(26a)を冷却する段階を備えることを特徴とする、蓄熱器の温度制御方法。

【請求項 2】

前記耐火材料層(26)の前記底部区画(26a)は、液体の噴射によって、前記圧縮段階において前記蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲と適合する温度に冷却される、請求項1に記載の蓄熱器の温度制御方法。

10

20

【請求項 3】

前記耐火材料層（26）の前記底部区画（26a）は、空気の流れの注入によって、前記圧縮段階において前記蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲に適合する温度に冷却される、請求項 1 に記載の蓄熱器の温度制御方法。

【請求項 4】

空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備（10）のための蓄熱器（ST1、ST2）であって、

顕熱を貯蔵するための耐火材料層（26）を備え、

前記耐火材料層は、圧縮段階の間に熱い空気流れを受け入れるための上端分配器（22）と膨張段階の間に冷たい空気の流れを受け入れるための下端分配器（24）との間に垂直に配置され、

10

前記圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲に適合する温度とするために、前記下端分配器の近傍に位置する前記耐火材料層の底部区画（26a）を冷却する手段（30；40）をさらに備えていることを特徴とする蓄熱器。

【請求項 5】

前記耐火材料層の前記底部区画（26a）を冷却するための液体冷却回路を備えている、請求項 4 に記載の蓄熱器。

【請求項 6】

前記液体冷却回路は、前記耐火材料層の前記底部区画（26a）よりも垂直方向上方に配置された液体注入ストリップ（30）と、注入された液体を回収するために前記蓄熱器の下端分配器（24）の高さに配置されたタンク（32）と、ポンプ（34）と、前記タンクから入る液体を冷却するための熱交換器（36）とを備えている、請求項 5 に記載の蓄熱器。

20

【請求項 7】

前記耐火材料層の前記底部区画（26a）を冷却するための気体冷却回路を備えている、請求項 4 に記載の蓄熱器。

【請求項 8】

前記気体冷却回路は、前記耐火材料層の前記底部区画（26a）の両端で、両端が前記蓄熱器に開口している空気ダクト（40）と、ファン（42）と、前記耐火材料層の前記底部区画の下方から取り込まれる空気の流れを冷却する熱交換器（44）とを備えている、請求項 7 に記載の蓄熱器。

30

【請求項 9】

前記耐火材料層の前記底部区画（26a）は、前記下端分配器（24）から前記耐火材料層（26）の全体の高さの約 10% に相当する高さまで垂直に延びている、請求項 4～8 のいずれか一項に記載の蓄熱器。

【請求項 10】

空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備（10）であって、

少なくとも一つの空気圧縮器（K1、K2）と、

前記空気圧縮器と接続された圧縮空気貯蔵キャビティ（SM）と、

前記圧縮空気貯蔵キャビティと接続された少なくとも一つの空気タービン（T1、T2）とを備え、

40

前記圧縮空気貯蔵キャビティ、前記空気圧縮器および前記空気タービンと接続された、請求項 4～9 のいずれか一項に記載の蓄熱器（ST1、ST2）を備えていることを特徴とする、設備。

【請求項 11】

中間圧力圧縮器および高圧力圧縮器（K1、K2）ならびに 2 つの空気タービン（T1、T2）と接続された中間圧力蓄熱器（ST1）と、

前記高圧力圧縮器（K2）、2 つ空気タービンのうちの一の空気タービン（T1）および貯蔵キャビティ（SM）と接続されている高圧力蓄熱器（ST2）とを備えている、請求項 10 に記載の設備。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、空気の圧縮によりエネルギーを大量に貯蔵する一般分野に関する。本発明は、より詳細には空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵する設備に用いられる蓄熱器の温度制御に関する。

【背景技術】

【0002】

空気を圧縮することによるエネルギーの貯蔵とは、力学的エネルギー源としての後の利用のために圧縮空気を貯蔵することである。通常は、この種類のエネルギーの貯蔵に用いられる設備は連続する複数の作動サイクルに従い、各作動サイクルは、その期間に空気が高圧に圧縮されて貯蔵キャビティに貯蔵される圧縮段階と、その期間に発電機を駆動する空気タービンの中を圧縮空気が通って膨張することによって電気が作り出される膨張段階とを備えている。

10

【0003】

空気を圧縮することによるエネルギーの貯蔵の原理は、その期間に電気料金がより安いいわゆる「オフピーク」時間帯とその期間に料金がより高いいわゆる「ピーク」時間帯との電気の価格差を利用することである。エネルギーを消費する圧縮段階は、オフピーク時間帯に低コストで有利に行なわれ、一方、電気を作り出す膨張段階は、電気料金がより有利な時に送電網に投入される電気を供給するためにピーク時間帯に行われる。

20

【0004】

空気の圧縮によるエネルギー貯蔵のための各種の設備が存在する。そのような設備のいくつかは、圧縮段階の間で空気の圧縮に由来する熱を回収しないので「非断熱」と呼ばれている。結果として、それらは比較的低い電気効率を示す（50%未満）。膨張段階の間に空気タービンに吸い込まれる空気の予熱に必須なので化石燃料を燃焼し、それに起因してそれらの設備はCO₂を排出するので、それらの設備は汚染を引き起こしている。そのような非断熱設備はそれゆえ現在の高効率かつ環境に優しいエネルギー設備に対して要求されるエネルギー、経済および環境性能に関する新たな欧州共同体の要請を満たすことがうまくできない。

【0005】

30

それらの欠点を和らげるために、空気の断熱圧縮によってエネルギーを貯蔵する設備（Advanced Adiabatic Compression of Air Energy Storage (AA-CAES)）として知られている）に対する提案がなされている。その種の設備は、可逆的な蓄熱操作における高温での圧縮による熱を回収するという特徴を示す。この目的のために、その設備の一部を形成する蓄熱器は、第一に（空気がキャビティに貯蔵される前に）圧縮により生成された熱エネルギーを回収し、かつ、貯蔵するという役割を果たし、第二に膨張空気の流れが空気タービンに供給される前にその膨張空気の流れを加熱するために、この熱エネルギーを膨張空気の流れに対して戻すという役割を果たす。このような蓄熱器に頼ることは、そのような設備がCO₂の排出なしで動作することを可能とし、かつ、それらの電気効率が70%を超えるように向上させることができる。

40

【0006】

このような設備における蓄熱器は、一方向に流れた後に逆方向に流れる同一の空気の流れが交互に行われるという特殊性を有する。熱エネルギーを生成する間の圧縮段階の期間に蓄熱器を流れる圧縮空気の流れは、圧縮段階と交互に起こる膨張段階の期間において加熱されるためにそこを通る流れと同じである。そのような条件のもとで、（圧縮段階における）蓄熱器からの出口の空気の温度は、膨張段階の間の空気の入口温度によって影響を受ける。ところで、蓄熱器が効率的に制御されていないと、膨張段階の間に蓄熱器から引き出されるエネルギー量は圧縮段階の間に蓄えられた熱量を相殺しないので、壁を介した熱損失にも関わらず、設備の連続する複数の作動サイクルを通して圧縮の間の蓄熱器から

50

の出口における空気の温度は次第に上昇していくだろう。貯蔵キャビティへの入口における臨界閾値（約50）を超える空気温度は許容されないで、この温度ヒステリシスは受け入れられない。この閾値の超過はその設備の運転が即時に停止されることを必要とし、これに背くと（過剰に熱することによって）貯蔵キャビティの有機層を急速に劣化させ、（塑性変形の限界を超えて機械的強度が失われることによって）その貯蔵キャビティの設計に関する鋼が座屈することすらある。そのうえ、累積的かつ不可逆的な蓄熱器の過熱はいかなる種類の出口温度の制御の実施も不可能にする。

【0007】

結果として、空気の断熱圧縮により大量のエネルギーを貯蔵するための設備に用いられる蓄熱器は2つの熱機能を果たさなければならない。第1には、適切な熱力学的可逆性の条件下で、圧縮器で生成された実質的にすべての熱が蓄えられることを可能にしなければならない。第2には、（圧縮器、空気タービン、貯蔵キャビティのような）装置が運転し続け、無故障を維持することを保証するために、（圧縮段階と膨張段階の双方の間で）空気の出口温度が狭い範囲をとるように制御されることを可能にしなければならない。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従って本発明の主な目的は、上記の2つの熱機能を多くの作動サイクルにおいて効果的に行うことを可能とする蓄熱器の制御方法を提案することによって、そのような欠点を和らげることである。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

この目的は、空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備に用いられる蓄熱器の温度制御方法であって、前記蓄熱器は顕熱を貯蔵するための耐火材料層を備え、前記耐火材料層は上端分配器と下端分配器との間に垂直に配置され、前記蓄熱器は連続する複数の作動サイクルを受け、前記作動サイクルは、それぞれ、熱い空気の流れが、熱エネルギーを生成した後に前記下端分配器を経て離れるように前記上端分配器を経て前記蓄熱器に入り込み前記耐火材料層を通り抜ける圧縮段階と、そのあとに続き、冷たい空気の流れが、前記熱エネルギーを回収した後に前記上端分配器を経て離れるように前記下端分配器を経て前記蓄熱器に入り込み前記耐火材料層を通り抜ける膨張段階と、を備え、連続する2つの前記作動サイクルの間に、前記圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲に適合する温度とするために、前記下端分配器の近傍に位置する前記耐火材料層の底部区画を冷却する段階を備えることを特徴とする、蓄熱器の温度制御方法によって達成される。

30

【0010】

本発明は、耐火材料の温度を圧縮段階の間に蓄熱器を離れる空気に要求される温度範囲に適合する温度とするために、膨張段階の終期で、かつ、後に続く圧縮段階に先立って蓄熱器の端部を冷却する冷却段階（つまり、下端分配器の近傍に位置する耐火材料の一部を冷却する段階）を提供する。その結果、耐火材料層の塊の全体を冷却する必要なしに、多くの作動サイクルについて、蓄熱器の温度におけるいかなるドリフトも避けることができ、エネルギー貯蔵設備の熱力学的平衡を保証することができる。

40

【0011】

さらに、2つの連続サイクルの間で蓄熱器の端部を冷却することにより、除去する必要のある熱量は、1サイクルでの温度プロファイルの広がり以下に制限される。対照的に、蓄熱器からの出口に配置された（熱交換器のような）独立した装置を用いた冷却では除かれるべき熱量が大きくなり、同じ熱量を貯蔵するために、より容量の大きな耐火材料を要するだろうということが見出された。このような解決手段と比較して、本発明は蓄熱器で制御される必要のある熱量を低減することを可能とし、それによって蓄熱器の熱効率を向上させている。

【0012】

50

耐火材料層の底部区画は、液体を噴射することによって、圧縮段階の間に蓄熱器を離れる空気に対して要求される温度範囲に適合する温度に冷却されてもよい。本実施形態は液体（水）が蓄熱器の底部を洗浄するのにも役立つという利点を示す。

【0013】

あるいは、耐火材料層の底部区画は、空気の流れを注入することによって、圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に対して要求される温度範囲に適合する温度に冷却される。

【0014】

本発明はまた、空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備のための蓄熱器であって、前記蓄熱器は顕熱を貯蔵するための耐火材料層を備え、前記耐火材料層は、圧縮段階の間に熱い空気の流れを受け入れるための上端分配器と膨張段階の間に冷たい空気の流れを受け入れるための下端分配器との間に垂直に配置され、前記圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に対して要求される温度範囲に適合する温度にするために前記下端分配器の近傍に位置する前記耐火材料層の底部区画を冷却する手段をさらに備えることを特徴とする蓄熱器を提供する。

【0015】

蓄熱器は耐火材料層の底部区画を冷却するための液体冷却回路を含んでもよい。この場合において、液体冷却回路は、耐火材料層の底部区画よりも垂直方向上方に配置された液体注入ストリップ、注入された液体を回収するために蓄熱器の下端分配器の高さに配置されたタンク、ポンプおよびタンクから入る液体を冷却するための熱交換器を含んでもよい。

【0016】

あるいは、蓄熱器は耐火材料層の底部区画を冷却するための気体冷却回路を含んでもよい。この場合において、気体冷却回路は、耐火材料層の底部区画の両端で、両端が蓄熱器に対して開口している空気ダクト、ファンおよび耐火材料層の底部区画の下方から取り込まれる空気の流れを冷却するための熱交換器を備えてもよい。

【0017】

さらに、耐火材料層の底部区画は、耐火材料層の全体高さの約10%に相当する高さまで下端分配器から垂直に延びてもよい。

【0018】

本発明はまた、空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵する設備であって、前記設備は、少なくとも一つの空気圧縮器と、前記空気圧縮器に接続された圧縮空気貯蔵キャビティと、前記圧縮空気貯蔵キャビティに接続された少なくとも一つの空気タービンとを備え、前記圧縮空気貯蔵キャビティ、前記空気圧縮器および前記空気タービンに接続されている上記の少なくとも一つの蓄熱器を備えていることを特徴とする設備を提供する。

【0019】

本発明の他の特徴や利点は、特徴の制限を有しない実施例を示す添付の図面へ言及してなされる以下の説明から現れる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】蓄熱器と適合されている、空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵する設備の概略図である。

【図2】本発明の一の実施形態における蓄熱器を示す図である。

【図3】本発明の別の実施形態における蓄熱器を示す図である。

【図4】図4Aから図4Cは、本発明の蓄熱器の異なる段階における温度プロフィールを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

図1は、本発明に従う、空気の断熱圧縮によって大量のエネルギー（つまり、数ギガワット（GW）の熱）を貯蔵するための設備10を高度に模式化した図である。

【0022】

設備 10 は、一または複数の圧縮段（図 1 には 2 つ存在し、中間圧縮段と高度圧縮段に対応している）と一または複数の膨張段（同様に、図 1 には 2 つ存在している）とを共に備えている。

【0023】

それぞれの圧縮段階は、電気モーター M1、M2 でそれぞれ駆動される軸流式または回転式の圧縮器（つまり、中間圧力圧縮器 K1 および高圧力圧縮器 K2）を備えており、その電気モーターは送電網 RTE から電氣的に動力が供給されている。同様に、それぞれの膨張段は、送電網 RTE に電気を供給するために発電機 A1、A2 に接続された空気タービン T1、T2 を備えている。

【0024】

設備 10 はまた、圧縮器 K1、K2 によって圧縮された空気が高圧下で貯蔵される内側が被覆された掘削キャビティ SM を有している。既知の通り、内側が被覆された掘削キャビティは、ライニング式岩盤貯槽（LRC - Lined Rock Cavern -）としても知られており、ぎっしり詰まった岩石 12 に掘り込んだ掘削穴によって構成されたキャビティであり、高圧に漏れなく耐えるために適切な内張り 14 を備えた壁面を有している。この種のキャビティは、岩塩キャビティ、隔離された地下水面および天然または人工のキャビティの代替手段を構成し、完全に漏れ止めされた態様で高圧の空気を貯蔵するのに特に適合している。

【0025】

本発明の設備 10 は、圧縮段・膨張段それぞれのための蓄熱器（つまり、中間圧力蓄熱器 ST1 および高圧力蓄熱器 ST2）をさらに備えている。より詳細には、中間圧力蓄熱器 ST1 は、中間圧力圧縮器 K1 からの出口と高圧力圧縮器 K2 への入口との間に置かれている。中間圧力蓄熱器 ST1 はまた、空気タービン T1 からの出口と空気タービン T2 の入口とに接続されている。高圧力蓄熱器 ST2 は高圧力圧縮器 K2 からの出口と掘削キャビティ SM に供給するための供給ダクト 16 との間に置かれている。高圧力蓄熱器 ST2 はまた、空気タービン T1 の入口へと接続されている。蓄熱器 ST1 および ST2 はまた、岩石 12 に掘り込まれた掘削穴に埋められている。それらの構造について以下に述べる。

【0026】

空気の断熱圧縮によりエネルギーを貯蔵するための設備 10 の操作は上記の説明から明白に理解されうる。この設備は、連続する複数の作動サイクルを受け、それぞれの作動サイクルは圧縮段階（好ましくは電気の請求書のためにオフピーク期間の間に行われる）とそれに続く膨張段階（好ましくはピーク期間の間に行われる）とを備えている。

【0027】

圧縮段階の間には、空気は以下の通路（図 1 の太線）を通る。空気は中間圧力圧縮器 K1 によって第 1 の圧力レベル（例えば、約 570 で、約 34 絶対バール）まで圧縮される。この圧縮された空気はそれから中間圧力蓄熱器 ST1 を通り抜け、圧縮熱を顕熱のかたちで中間圧力蓄熱器 ST1 内部に貯蔵する。一旦冷却されると、その圧縮された空気は高圧力圧縮器 K2 の入口へ注入されて、そこでさらに圧縮される。その高圧力圧縮器 K2 の出口では、顕熱のかたちで蓄えられる熱エネルギーを出すために空気が高圧（例えば、350 で、約 150 絶対バール）に圧縮され、高圧力蓄熱器 ST2 を通り抜ける。高圧に圧縮された空気はその後、（5 ～ 60 の範囲の）低温にて供給ダクト 16 に続く掘削キャビティ SM に貯蔵される。

【0028】

次の膨張段階の間には、空気は以下の通路（図 1 の細線）を流れる。掘削キャビティ SM の高圧で圧縮された空気は、圧縮段階とは逆の通路を通過して高圧力蓄熱器 ST2 へ再注入される。圧縮空気は高圧力蓄熱器 ST2 を通り抜けてそこに蓄えられた熱エネルギーを回収する。このように加熱された圧縮空気は、高圧力蓄熱器 ST2 を出て、発電機 A1 を経由して送電網 RTE に供給される電気をつくり出すために、空気タービン T1 の入口に注入される。空気タービン T1 の出口において、圧縮空気はその後中間圧力蓄熱器 ST

10

20

30

40

50

1へ送られ、熱エネルギーを回収するためにそこを通り抜ける。このように熱せられた空気はそれから空気タービンT2へ供給され、その空気タービンT2は(発電機A1を経由して)送電網RTEへ同様に投入される電気をつくり出す。

【0029】

図2および図3を参照して、エネルギー貯蔵設備の蓄熱器ST1、ST2の構造の説明を続ける。

【0030】

それぞれの蓄熱器ST1、ST2は、岩石12に掘り込まれた掘削穴に垂直に配置された実質的に円筒形状の外殻20を備える。上端において、この外殻は圧縮段階の間に熱い圧縮空気の流れを受け入れる上端分配器22を有し、下端には膨張段階の間に冷たい膨張空気の流れを受け入れる下端分配器24を有する。この外殻には耐火材料層26が充填されており、この層26は分配器22、24の間に配置され、場合により複数の区画内に配置される。この層26は、例えば流路を形成するセラミックレンガの積層によって構成されてもよい。その他の耐火材料層(ロックウール、耐火コンクリートなど)を当然に想定することができる。

10

【0031】

設備10の作動サイクルの間に、蓄熱器ST1、ST2は特有の拘束を受ける。熱力学的平衡の達成が困難である(圧縮段階と膨張段階との間で空気量が一定である)閉じた回路内で蓄熱器が動作することを上記の作動サイクルが示唆していることが理解できる。

【0032】

20

設備10の作動サイクルが続いている間、この熱力学的平衡が完全ではないという事実が蓄熱器の温度のドリフトにつながり、その結果、圧縮段階の期間において蓄熱器の出口の空気温度が徐々に上昇する結果をもたらす。

【0033】

そのような温度のドリフトを防ぐために、本発明では2つの連続した作動サイクルの間に蓄熱器ST1、ST2それぞれの耐火材料層の底部区画(あるいは底部部分)26aを(冷却段階の間に)冷却して、熱力学的平衡を保証し、圧縮段階の間に蓄熱器の出口における要求された温度範囲以内を維持している(底部区画26aは下端分配器24のごく近傍に位置している層部分である)。

【0034】

30

この目的を達成するために、図2の実施形態では、それぞれの蓄熱器ST1、ST2は、耐火材料層の底部区画26aを冷却するための(例えば、水を用いる)液体冷却回路を含んでいる。

【0035】

この水冷却回路は、耐火材料層の底部区画26aよりも上方に垂直に配置されている注水ストリップ30を備えている(この底部区画26aは、圧縮器からの熱エネルギーを貯蔵するいわゆる活性な耐火材料層である残余からは、垂直方向に分離されている)。蓄熱器ST1、ST2の下端分配器からの出口に配置されたタンク32は耐火材料の底部区画26aを冷却した水を回収する働きをする。この水冷却回路はまた、冷却段階の間に駆動されるポンプ34とタンク32から入る水を冷却するための熱交換器36とを含む。より詳細には、熱交換機36は空気冷却器を実装している外部回路あるいは(例えば湖や貯水池のような)冷水の供給源と接続されている。

40

【0036】

熱交換器36は耐火材料層の底部区画26aの要求温度への冷却を確保するように制御される。この温度は、圧縮段階の間に蓄熱器を離れる空気に対して要求された温度範囲に適合しなければならない。例として、それは圧力段階の間の平均の空気出口温度よりもわずかに低い温度である。

【0037】

図3は、蓄熱器ST1、ST2の耐火材料層の底部区画26aの冷却で実施してもよい別の方法を示している。この実施例では、それぞれの蓄熱器は、耐火材料層の底部区画2

50

6 aを冷却するための（例えば、空気を用いる）気体回路を含んでいる。

【0038】

この空気冷却回路は、詳しくは、耐火材料層の底部26 aの両端で、両端が蓄熱器ST 1、ST 2に開口している空気ダクト40と、冷却段階の間に駆動される空気循環ファン42と、下端分配器24の出口から取り込まれた空気の流れを冷却するための熱交換器44とを備えている。

【0039】

熱交換器44は、耐火材料層の底部区画26 aを要求温度への冷却を確保するために制御される。この温度は、圧縮段階の間に蓄熱器から離れる空気に要求される温度範囲と適合しなければならない。

10

【0040】

（液体噴射や気体での冷却による）冷却段階の持続期間は、消散されるべき熱量、水または空気の流量、さらには上記水または空気の入口温度と関連付けられたものであることに注意されるべきである。

【0041】

どのような冷却技術であっても、冷却される耐火材料層の底部区画26 aの寸法は多くのパラメーターに依存する。例として、耐火材料層の底部区画26 aは、蓄熱器ST 1、ST 2の下端分配器24から耐火材料層26の全体の高さの約10%に相当する高さまで延びていてもよい。

【0042】

20

図4 Aから図4 Cを参照して、蓄熱器の温度プロファイルに関する冷却段階の効果の説明を続ける。

【0043】

図4 Aから図4 Cは、本発明の蓄熱器を通り抜ける空気の流れ（上端分配器E_Cと下端分配器E_Fとの間の）の温度Tをプロットした曲線である。これらの曲線は、エネルギー貯蔵設備の所定数の作動サイクルの後で得られ、かつ、蓄熱器の一次元動的モデルに基づく、シミュレーションによって得られている。

【0044】

圧縮段階（図4 A）の期間において、（上端分配器E_Cから下端分配器E_Fへ）蓄熱器を通り抜ける空気の流れの温度線T₁は（蓄熱器内部の耐火材料の温度を示しているプロファイルT_{MR}と比較して）蓄熱器の下端分配器E_Fの方へ移動している。この温度線の移動は、全体的に起こるのではなく、熱輸送の遅延や長手方向の熱拡散によって生じる変化が加わっていることに注意されるべきである。

30

【0045】

膨張段階（図4 B）の期間において、（下端分配器E_Fから上端分配器E_Cへ）蓄熱器を通り抜ける空気の流れの温度線T₂は初期位置へ戻る。それにもかかわらず、上記の変化のために温度プロファイルがより幅広になってしまい、蓄熱器の下端分配器E_Fの温度レベルは初期値まで戻らない。

【0046】

最後に、膨張段階の後に続く冷却段階（図4 C）は、蓄熱器の耐火材料層の底部の温度が望ましい値まで戻ることを可能にしている（図4 Cで点Pと点E_Fの間に示されている部分に対応する温度プロファイル）。

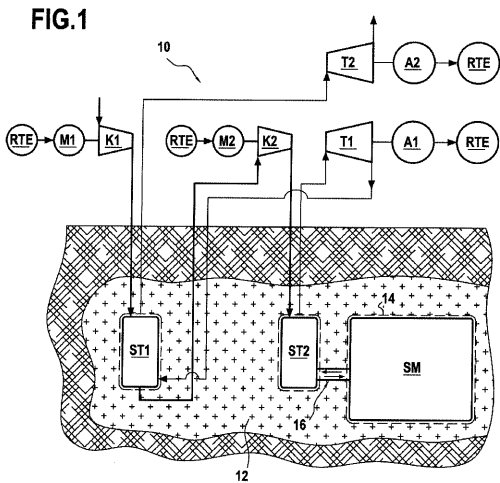
40

【0047】

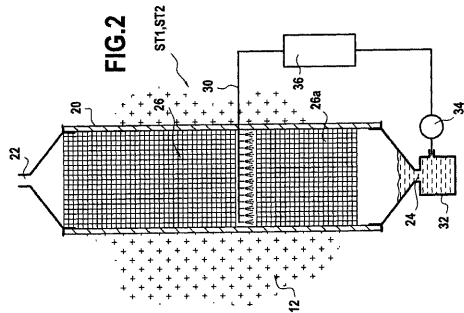
したがって、エネルギー貯蔵設備の2つの連続的作動サイクルの間で耐火材料層の底部区画を冷却するということは、単一のサイクルの間の温度線の広がり除去する熱量（蓄熱器の熱力学的な可逆動作を得るために除去される必要のある過剰熱）を制御することとなる。さらに、図4 Aから図4 Cの曲線からは、蓄熱器の出口に配置された（熱交換器のような）独立した装置を用いた冷却では、非常に多くの量の除去される熱が要求されたであろうということが分かる。除去されるべき熱量が小さいという限りにおいて、本発明に提案された冷却はこのように全体的によりすぐれた熱力学的効率を示す。

50

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 4 B 】

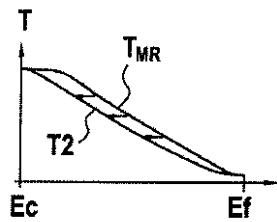


FIG.4B

【 図 4 C 】

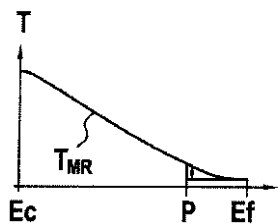
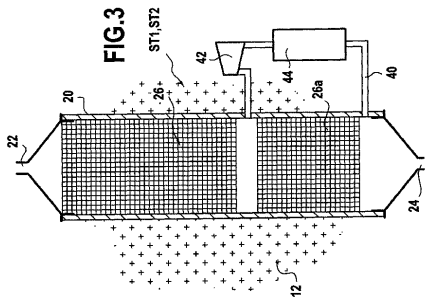


FIG.4C

【 図 3 】



【 図 4 A 】

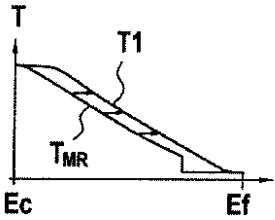


FIG.4A

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第4147204(US,A)
特開2001-280871(JP,A)
米国特許第3872673(US,A)
米国特許第3677008(US,A)
米国特許第4150547(US,A)
特開平2-119638(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02C 6/16
F02C 1/04