

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-501584

(P2025-501584A)

(43)公表日 令和7年1月22日(2025.1.22)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
B 0 1 J	19/00 (2006.01)	B 0 1 J	19/00	3 0 1 A	4 G 0 7 5
F 2 2 B	3/00 (2006.01)	F 2 2 B	3/00		
F 2 4 V	40/00 (2018.01)	F 2 4 V	40/00		
B 0 1 J	3/08 (2006.01)	B 0 1 J	19/00	E	
		B 0 1 J	3/08	H	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全42頁)

(21)出願番号	特願2024-537940(P2024-537940)	(71)出願人	521148164 クールブルック オーワイ フィンランド国, 0 0 1 0 1 ヘルシン キ, ピーエル 6 0 7
(86)(22)出願日	令和4年12月22日(2022.12.22)	(74)代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(85)翻訳文提出日	令和6年8月14日(2024.8.14)	(74)代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
(86)国際出願番号	PCT/FI2022/050868	(74)代理人	100108903 弁理士 中村 和広
(87)国際公開番号	WO2023/118668	(74)代理人	100123593 弁理士 関根 宣夫
(87)国際公開日	令和5年6月29日(2023.6.29)	(74)代理人	100208225 弁理士 青木 修二郎
(31)優先権主張番号	20216338	(74)代理人	100217179
(32)優先日	令和3年12月23日(2021.12.23)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	フィンランド(FI)		
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,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)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体内に熱エネルギーを投入するための回転デバイス

(57)【要約】

流体媒質に対して熱エネルギーを投入するための回転装置(100)が提供されており、該装置は：少なくとも1つの入口(11)および少なくとも1つの出口(12)を伴うケーシング(20)と；ロータシャフト(1)上に組付けられたロータハブ(3a)の周囲全体にわたって配設されたインパルスインペラブレードとして構成された少なくとも1つのロータブレード列(3)を含むロータと；それぞれロータブレードの少なくとも1つの列の上流側に配設された、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン(2)と；それぞれ、ロータブレードの少なくとも1つの列の下流側に配設された、少なくとも1つの固定ディフューザベーン列(4)と、を含む。該装置は、それぞれノズル案内ベーン(2)、ロータブレード(3)およびディフューザベーン(4)によって形成されるブレード/ベーン列を前記流体媒質流が連続的に通過するときが発生する一連のエネルギー変換によって、入口と出口の間でケーシングの内部に形成された流路に沿って誘導される流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギーを付与するように構成されており、前記装置内では、

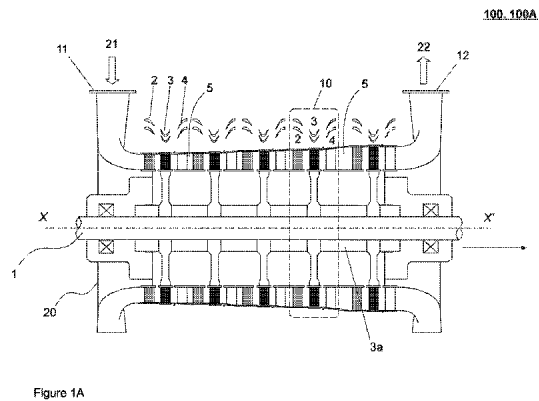


Figure 1A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体媒質に対して熱エネルギーを投入するための回転装置（100）において：

- 少なくとも1つの入口（11）および少なくとも1つの出口（12）を伴うケーシング（20）と、
 - ロータシャフト（1）上に組付けられたロータハブ（3a）の周囲全体にわたって配設されたインパルスインペラブレードとして構成された少なくとも1つのロータブレード列（3）を含むロータと、
 - それぞれ前記ロータブレードの前記少なくとも1つの列の上流側に配設された、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列（2）と、
 - それぞれ、前記ロータブレードの前記少なくとも1つの列の下流側に配設された、少なくとも1つの固定ディフューザベーン列（4）と、
- を含む回転装置（100）であって、

前記装置が、それぞれ前記ノズル案内ベーン（2）、前記ロータブレード（3）および前記ディフューザベーン（4）によって形成される前記ブレード/ベーン列を前記流体媒質流が連続的に通過するときが発生する一連のエネルギー変換によって、前記入口（11）と前記出口（12）の間で前記ケーシング（20）の内部に形成された流路に沿って誘導される流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギーを付与するように構成されており、かつ前記装置内では、前記入口（11）と前記出口（12）の間で前記ケーシング（20）の内部に形成された前記流路の方向で、前記少なくとも1つのディフューザベーン列（4）からの退出口と前記少なくとも1つのノズル案内ベーン列（2）への進入口との間に形成された空間（5）が、前記装置を通して伝搬する前記流体媒質流への前記熱エネルギー投入量を調節するために可变的になっている、

回転装置。

【請求項 2】

前記入口（11）と前記出口（12）の間で前記ケーシング（20）の内部に形成された前記流路の方向で、前記少なくとも1つのディフューザベーン列（4）からの前記退出口と前記少なくとも1つのノズル案内ベーン列（2）への前記進入口との間に形成された前記空間（5）が、少なくともサイズおよび形状の観点から見て可变的になっている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記空間（5）がベーン無しである、請求項 1 または 2 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 4】

前記空間が流れ整形デバイスおよび/または流れ案内装置（7）、例えばガイドウォールを含んでいる、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 5】

前記少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列（2）、前記少なくとも1つのロータブレード列（3）および前記少なくとも1つの固定ディフューザベーン列（4）は、前記流体媒質流が前記少なくとも1つのロータブレード列から超音速で退出し前記少なくとも1つのディフューザベーン列を通過し、そこでこの流れが減速し運動エネルギーを流体媒質の内部エネルギーへと消散させ、一定量の熱エネルギーが前記流体媒質流に追加される場合、前記ロータのブレードを回転させることによって前記流体媒質流に対して追加される運動エネルギー量が、前記流体媒質の前記温度を予め決定された値まで上昇させるのに十分なものである条件を生み出すように構成されている、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 6】

前記装置を通して伝搬する前記流体媒質流に追加される前記熱エネルギー量が、制御された形での、それぞれ前記少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列（2）、前記少なくとも1つのロータブレード列（3）および前記少なくとも1つの固定ディフューザベーン列（4）を通る前記流体媒質流の連続的伝搬中の衝撃波系の生成によって生み出される、請

10

20

30

40

50

求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの固定ノズル案内ベーン (2) は、ロータからのエネルギー入力レベルおよび前記流体の速度を制御するように、ロータブレード回転とは反対の円周方向で前記ロータブレード列 (3) に向かって前記流体媒質流を誘導するフローコンディショナデバイスとして構成されている、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 8】

前記固定ノズル案内ベーン (2) が、軸方向から見た場合に約 45 度～約 75 度の範囲内の相対的ブレード角度で前記ロータブレード列 (3) に進入するように前記流体媒質流を誘導するように構成されている、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の装置。

10

【請求項 9】

前記ロータブレード (3) が、前記ロータの回転時点で、前記固定ノズル案内ベーン (2) から前記流体媒質流を受取り、前記流れを超音速まで加速し、こうして、その接線速度を増加させることによって前記プロセス流体に機械的エネルギーを付与するように構成されている、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 10】

前記ロータブレード列 (3) が、軸方向、斜め方向または半径方向のうちのいずれか 1 つから進入する前記流体媒質流を受取り、前記流体媒質流が少なくとも 2 倍加速されるような形で流速の変化をひき起こすように構成されている、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の装置。

20

【請求項 11】

前記ロータが、前記ロータブレードのプロファイルおよび寸法ならびにロータハブ上のその配置の観点から見て、前記流体媒質流への機械的エネルギーを制御するように構成されている、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 12】

前記少なくとも 1 つディフューザベーン列 (4) が、前記流体媒質の機械的エネルギーを前記流体媒質の熱エネルギーへと変換するエネルギー変換器デバイスとして構成されている、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 13】

前記ロータが、前記少なくとも 1 つのロータブレード列 (3) を覆うように構成されたシュラウド (31) を含む、請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の装置。

30

【請求項 14】

前記固定ノズル案内ベーン列 (2)、前記ロータブレード列 (3) および固定ディフューザベーン列 (4) が、完全なエネルギー変換サイクルを仲介するように構成されたエネルギー伝達区分 (10) を確立する、請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つ固定ディフューザベーン列 (4) と前記少なくとも 1 つの固定ノズル案内ベーン列 (2) の間の距離 (L) が可変的である、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 16】

前記ロータシャフト (1) 上に連続的に配設された少なくとも 2 つのロータブレード列 (3) を含む、請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の装置。

40

【請求項 17】

一定数のエネルギー伝達区分 (10) を含み、前記一定数のエネルギー伝達区分が少なくとも 2 つである、請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 18】

並列および/または直列に配設された一定数のエネルギー伝達区分 (10) を含む、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 19】

第 1 のエネルギー伝達区分 (10 - 1) の前記固定ディフューザベーン列 (4) と前記第

50

1のエネルギー伝達区分に連続する第2のエネルギー伝達区分(10-2)の前記固定ノズル案内ベーン列(2)との間の距離として定義される前記エネルギー伝達区分(10)間の前記距離(L)が可変的である、請求項17または18のいずれか1項に記載の装置。

【請求項20】

前記エネルギー伝達区分(10)間の前記距離(L)が、混合レベルおよび/または圧力レベルなどの所要の流れ条件に基づいて可変的にされている、請求項17から19のいずれか1項に記載の装置。

【請求項21】

第1のエネルギー伝達区分(10-1)の前記少なくとも1つの固定ディフューザベーン列(4)および前記第1のエネルギー伝達区分に連続する第2のエネルギー伝達区分(10-2)の前記少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列(2)が接合されて、組合せ型ブレード列(4-2)を形成し、こうして、前記第1のエネルギー伝達区分と前記連続する第2のエネルギー伝達区分との間の前記距離がゼロに設定される、請求項17から20のいずれか1項に記載の装置。

10

【請求項22】

前記ロータブレードの対応する列を横断して圧力を調整するように構成された少なくとも1つの区分(14)をさらに含む、請求項1から21のいずれか1項に記載の装置。

【請求項23】

各エネルギー伝達区分(10)および各圧力調整区分(14)が、その構造および/またはその動作全体にわたる可制御性の観点から見て、他の区分とは独立して確立されている、請求項1から22のいずれか1項に記載の装置。

20

【請求項24】

前記固定ベーン(2、4)および/または前記ロータブレード(3)が各区分内部で、前記装置の前記動作中、少なくともその寸法、アライメントおよび空間的配置の観点から見て個別に調整可能である、請求項1から23のいずれか1項に記載の装置。

【請求項25】

任意には前記入口(11)から出口(12)の方向で区分毎に可変的に構成されたブレード半径を有するロータブレード列(3)を含む、請求項1から24のいずれか1項に記載の装置。

【請求項26】

少なくとも1つの入口(11)または前記少なくとも1つの入口を含む区分が、異なる軸方向、半径方向または円周方向入口速度成分を伴う半径方向から軸方向の遷移ダクトまたは一定数の円周方向セクタまたはパイプを通る流体媒質流を受取るように構成されている、請求項1から25のいずれか1項に記載の装置。

30

【請求項27】

少なくとも1つ出口(12)または、前記少なくとも1つの出口を含む区分が、少なくとも1つパイプおよび/または軸方向、半径方向または円周方向ダクトを伴う円周方向渦巻形構造として構成されている、請求項1から26のいずれか1項に記載の装置。

【請求項28】

最後のエネルギー伝達区分の下流側に配設されたターボエキパンダデバイスをさらに含む、請求項1から27のいずれか1項に記載の装置。

40

【請求項29】

少なくとも1つの電気駆動エンジン(15)によって駆動されることから電氣的に動作された状態で構成されている、請求項1から28のいずれか1項に記載の装置。

【請求項30】

任意には耐熱性コーティングおよび/または耐熱材料製の構成要素と併せて冷却用配設物をさらに含む、請求項1から29のいずれか1項に記載の装置。

【請求項31】

一定数の触媒表面および/または触媒要素がさらに具備されている、請求項1から30のいずれか1項に記載の装置。

50

【請求項 3 2】

本質的に約セ氏 5 0 0 度 () 以上の温度まで、好ましくは本質的に約 1 0 0 0 以上の温度まで、さらに好ましくは本質的に約 1 4 0 0 以上の温度まで、そしてさらに好ましくは本質的に約 1 7 0 0 以上の温度まで加熱された前記流体媒質の生成における、請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項に記載の装置の使用。

【請求項 3 3】

一つのエネルギー伝達区分 (1 0) あたりに達成可能な前記温度上昇が 1 0 ~ 1 0 0 0 の範囲内である、請求項 3 2 に記載の使用。

【請求項 3 4】

少なくとも機能的に並列または直列に連結された、請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項に記載の少なくとも 2 つの回転装置 (1 0 0) を含むアセンブリ (1 0 0 n)。 10

【請求項 3 5】

前記少なくとも 2 つの装置が、互いに鏡像関係になるような形で連結され、こうしてそれらのシャフトが少なくとも機能的に連結されることになる、請求項 3 4 に記載のアセンブリ。

【請求項 3 6】

少なくとも 1 つの熱消費ユニット (1 0 1) に連結された請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項に記載の少なくとも 1 つの回転装置 (1 0 0) を含む配設。

【請求項 3 7】

熱消費ユニット (1 0 1) が炉、オーブン、キルン、加熱器、バーナー、焼却炉、ボイラ、乾燥機、コンベヤデバイス、反応器デバイスまたはそれらの組合せのうちのいずれか 1 つである、請求項 3 6 に記載の配設。 20

【請求項 3 8】

工業的熱消費プロセスを実装するように構成され、請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項に記載の少なくとも 1 つの回転装置 (1 0 0) を含む、熱消費システム (1 0 0 0)。

【請求項 3 9】

工業的熱消費プロセスが：鋼製造；セメント製造；水素および/または合成ガスの生産、例えば蒸気 - メタン改質；メタンから水素、燃料および/または化学物質への変換；熱エネルギーの貯蔵、例えば高温蓄熱；石油および/または石油化学工業関連のプロセス；吸熱反应用の触媒プロセス；焼却による有害および/または有毒物質の廃棄用プロセス；および高温材料、例えばグラスウール、カーボンファイバおよびカーボンナノチューブ、レンガ、セラミック材料、磁器およびタイルの製造用プロセスからなる群の中から選択される、請求項 3 8 に記載の熱消費システム。 30

【請求項 4 0】

流体媒質内に熱エネルギーを投入するための方法において、
 (a) - 少なくとも 1 つの入口 (1 1) および少なくとも 1 つの出口 (1 2) を伴うケーシング (2 0) と、
 - ロータシャフト (1) 上に組付けられたロータハブ (3 a) の周囲全体にわたって配設されたインパルスインペラブレードとして構成された少なくとも 1 つのロータブレード列 (3) を含むロータと、 40
 - それぞれ、前記ロータブレードの前記少なくとも 1 つの列の上流側に配設された、少なくとも 1 つの固定ノズル案内ベーン列 (2) と、
 - それぞれ、前記ロータブレードの前記少なくとも 1 つの列の下流側に配設された、少なくとも 1 つの固定ディフューザベーン列 (4) と、
 を含む回転装置 (1 0 0) を得るステップと；
 (b) 前記プロセスが課す要件を満たす流体媒質流率に達するように、予め決定された速度または速度範囲に前記ロータの回転速度を調整するステップと；
 (c) 前記流体媒質の予熱レベルを調整するステップと；
 (d) それぞれ前記ノズル案内ベーン (2)、前記ロータブレード (3) および前記ディフューザベーン (4) によって形成される前記ブレード/ベーン列を前記流体媒質流が 50

連続的に通過するとき発生する一連のエネルギー変換によって、流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギーを付与するような形で前記入口（１１）と前記出口（１２）の間で前記ケーシング（２０）の内部に形成された流路に沿って流体媒質流を誘導するステップと；を含む方法であって、

前記方法において、前記装置を通して伝搬する前記流体媒質流に投入される熱エネルギー量は、前記入口（１１）と前記出口（１２）の間で前記ケーシング（２０）の内部に形成された前記流路の方向で、前記少なくとも１つのディフューザベーン列（４）からの退出口と前記少なくとも１つのノズル案内ベーン列（２）への進入口との間に形成された空間（５）を変動させることによって調節される方法。

【請求項４１】

前記流体媒質が、フィードガス、リサイクルガス、補給ガスおよびプロセス流体のうちのいずれか１つを含む、請求項４０に記載の方法。

【請求項４２】

前記流体媒質が、本質的に気体形態で前記装置に進入する、請求項４０または４１のいずれか１項に記載の方法。

【請求項４３】

前記流体媒質流率が、前記装置の動作中に調整可能である、請求項４０から４２のいずれか１項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、回転ターボ機械の分野に関する。詳細には、本発明は、流体内に熱エネルギー（熱）を投入するように構成された回転装置、関連する配設、方法および使用に関する。

【背景技術】

【０００２】

多くの場合、物品の生産に付随する材料の調製または加工において使用される熱エネルギーとして定義される工業プロセス熱は、世界の総工業エネルギー消費量の３分の２を占める。グローバル経済を支える主要産業は、例えば非金属鉱物加工（大部分がセメント）、天然ガスからの水素の生産、使用済みプラスチックの焼却、化学工業高温熱プロセス（例えば炭化水素をバルク化学物質にクラッキングし、石炭岩をセメントクリンカに変換するためのコアプロセス）、鉄および鋼生産（例えば、溶融させて鋼を形成するためのコアプロセス）、およびバルク化学物質のための原材料としてのこのように生産されたオフガスの利用などを含めた、高温熱プロセスを利用する。

【０００３】

上述のプロセスの大部分は、例えば約セ氏８５０～１６００度（ ）の範囲内といった非常に高い温度を必要とし、したがって、極めてエネルギー需要の高いものである。これらのプロセスは典型的に、加熱用役、例えば燃焼加熱器を用い、熱エネルギーひいては熱消費量についての需要が高い。熱を生成するために、これらの用役は、化石燃料、例えば天然ガスおよび石炭を使用する。化石燃料の燃焼は、大部分の温室ガス排出および、曝露された人々の間で肺癌、心臓疾患およびさまざまな呼吸器疾患のリスクを著しく増大させる煤およびスモッグなどの大気汚染物質の発生の原因となる。化石燃料を木材または他のバイオ材料で置換することには大きな資源の制約があり、例えば持続可能な土地利用などの他の環境的意味合いもある。

【０００４】

上記のこと全てが、エネルギー/熱集約的産業において使用されるエネルギー源および技術に対し厳しい要件を課する。これらのプロセスのいくつか（例えば鋼を融解させるための電気アーク炉など）においては、電気などの「グリーン」エネルギーを利用する試みがなされてきたものの、大部分の事例において、高温熱プロセスをよりエネルギー効率の良いかつ環境にやさしいものにするためには、基本的な工業プロセスの原理を変更することが求められ、このことは代替的エネルギー源の使用のみならず、既存の設備の再設計を暗に意味す

10

20

30

40

50

る。現段階では、それを行なうための技術的または経済的環境のいずれも整っていない。

【0005】

全体として、流体に対しエネルギーを送達するためには回転ターボ機械（コンプレッサ、ファンまたはポンプ）が周知である。しかしながら、例えば、従来のコンプレッサデバイス内への仕事量は比較的低いものである。

【0006】

加熱を目的として、多くの回転式解決法が提案されてきた。かくして、米国特許第11,098,725B2号（Samgenら）は、加熱流体および/または加圧流体の流れを選択的に生成するために動作可能な流体力学的加熱器ポンプデバイスを開示している。言及された流体力学的加熱器ポンプは、車両の客室を暖房するための熱を提供することならびに窓の除氷およびエンジンの冷却といった他の能力を提供することを目的として、自動車両冷却システム内に組込まれるように設計されている。開示されたデバイスは同様に、エンジンを冷却するための加圧流体流をも提供することができる。開示された技術は、摩擦に基づいており；加熱すべき流体は液体であることから、提示された設計は、極端な気体乱流空気力学が関与する条件にとって好適なものではない。

10

【0007】

米国特許第7,614,367B1号（Frick）は、回転運動エネルギーを熱に変換することによって流体を無炎加熱、濃縮または蒸発させるためのシステムおよび方法を開示している。流体加熱用に構成された該システムは、回転運動エネルギー発生器、回転加熱デバイスおよび一次熱交換器を、全て閉ループ流体連通状態で含んでいてよい。回転加熱デバイスは、水ブレーキ動力計であってよい。該文書は、海上掘削または生産プラットフォーム内で水を加熱するための該システムの使用を開示している。しかしながら、提示されたシステムは、気体媒質を加熱するには好適でなく、高温および超高温での使用については実現不可能である（液体の安定性、蒸気圧などに起因する）。

20

【0008】

さらに、ターボ機械タイプのデバイスが、炭化水素（蒸気）クラッキングプロセスを実装するために公知であり、エチレンおよびプロピレンなどの標的生成物の収率を最大限にすることを目的としている。

【0009】

上述の技術のいずれも、高温熱集約的プロセスおよび付随する設備内へのエネルギー投入量を増大させることに付随する障害に起因して、以上で識別した問題点に対する合理的な解決法を提供しない。

30

【0010】

この点に関して、効率の良い加熱システム、詳細には高温および超高温関連の利用分野に好適な加熱システムの設計および製造に関係する技術分野における更新が、効率が良く環境にやさしい形での流体物質の温度上昇に関連する課題に対処する目的で、依然として望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

40

【特許文献1】米国特許第11,098,725B2号

【特許文献2】米国特許第7,614,367B1号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の目的は、関連技術の制限および不利益から発生する問題の各々を解決するかまたは少なくとも軽減することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

この目的は、流体媒質中に熱エネルギーを投入するための回転装置のさまざまな実施形態

50

によって達成される。したがって、本発明の一態様においては、独立クレーム1で定義されているものに係る、熱エネルギーを流体媒質中に投入するための装置が提供されている。

【0014】

実施形態において、装置は、少なくとも1つの入口および少なくとも1つの出口を伴うケーシングと； - ロータシャフト上に組付けられたロータハブの周囲全体にわたって配設されたインパルスインペラブレードとして構成された少なくとも1つのロータブレード列を含むロータと；それぞれロータブレードの少なくとも1つの列の上流側に配設された、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーンと；それぞれ、ロータブレードの少なくとも1つの列の下流側に配設された、少なくとも1つの固定ディフューザベーン列と；を含み、ここで装置はそれぞれノズル案内ベーン、ロータブレードおよびディフューザベーンによって形成されるブレード/ベーン列を前記流体媒質流が連続的に通過するときが発生する一連のエネルギー変換によって、入口と出口の間でケーシングの内部に形成された流路に沿って誘導される流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギーを付与するように構成されており、かつ

10

ここで、前記装置内では、入口と出口の間でケーシングの内部に形成された流路の方向で、少なくとも1つのディフューザベーン列からの退出口と少なくとも1つのノズル案内ベーン列への進入口との間に形成された空間が、装置を通して伝搬する流体媒質流への熱エネルギー投入量を調節するために可变的になっている。

【0015】

実施形態において、前記装置内では、入口と出口の間のケーシングの内部に形成された流路の方向で、少なくとも1つのディフューザベーン列からの退出口と少なくとも1つのノズル案内ベーン列への進入口との間に形成された空間は、少なくともサイズおよび形状の観点から見て可变的になっている。

20

【0016】

実施形態において、前記空間はベーン無しである。実施形態において、前記空間は流れ整形デバイスおよび/または流れ案内装置、例えばガイドウォールを含んでいる。

【0017】

実施形態において、前記装置内では、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列、少なくとも1つのロータブレード列および少なくとも1つの固定ディフューザベーン列は、前記流体媒質流が少なくとも1つのロータブレード列から超音速で退出し少なくとも1つのディフューザベーン列を通過し、そこでこの流れが減速し運動エネルギーを流体媒質の内部エネルギーへと消散させ、一定量の熱エネルギーが流体媒質流に追加される場合、ロータのブレードを回転させることによって流体媒質流に対して追加される運動エネルギー量が、流体媒質の温度を予め決定された値まで上昇させるのに十分なものである条件を生み出すように構成されている。

30

【0018】

実施形態において、前記装置内では、装置を通して伝搬する流体媒質流に追加される熱エネルギー量が、制御された形での、それぞれ少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列、少なくとも1つのロータブレード列および少なくとも1つの固定ディフューザベーン列を通る前記流体媒質流の連続的伝搬中の衝撃波系の生成によって生み出される。

40

【0019】

実施形態において、前記装置内では、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーンは、ロータからのエネルギー入力レベルおよび流体の速度を制御するように、ロータブレード回転とは反対の円周方向でロータブレード列に向かって流体媒質流を誘導するフローコンディショナデバイスとして構成されている。

【0020】

実施形態において、固定ノズル案内ベーンは、軸方向から見た場合に約45度~約75度の範囲内の相対的ブレード角度でロータブレード列に進入するように流体媒質流を誘導するように構成されている。

【0021】

50

実施形態において、ロータブレードは、ロータの回転時点で、固定ノズル案内ベーンから流体媒質流を受取り、前記流れを超音速まで加速し、こうして、その接線速度を増加させることによってプロセス流体に機械的エネルギーを付与するように構成されている。

【0022】

実施形態において、ロータブレード列は、軸方向、斜め方向または半径方向のうちのいずれか1つから進入する流体媒質流を受取り、流体媒質流が少なくとも2倍加速されるような形で流速の変化をひき起こすように構成されている。

【0023】

実施形態において、ロータは、ロータブレードのプロファイルおよび寸法ならびにロータハブ上のその配置の観点から見て、流体媒質流への機械的エネルギーを制御するように構成されている。

10

【0024】

実施形態において、少なくとも1つディフューザベーン列は、流体媒質の機械的エネルギーを前記流体媒質の熱エネルギーへと変換するエネルギー変換器デバイスとして構成されている。

【0025】

実施形態において、ロータは、少なくとも1つのロータブレード列を覆うように構成されたシュラウドを含む。

【0026】

実施形態において、固定ノズル案内ベーン列、ロータブレード列および固定ディフューザベーン列は、完全なエネルギー変換サイクルを仲介するように構成されたエネルギー伝達区分を確立する。

20

【0027】

実施形態において、少なくとも1つ固定ディフューザベーン列と少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列の間の距離(L)は可変的である。

【0028】

実施形態において、装置は、ロータシャフト上に連続的に配設された少なくとも2つのロータブレード列を含む。

【0029】

実施形態において、装置は、一定数のエネルギー伝達区分を含み、前記一定数のエネルギー伝達区分は少なくとも2つである。

30

【0030】

実施形態において、装置は、並列および/または直列に配設された一定数のエネルギー伝達区分を含む。

【0031】

実施形態において、前記装置内では、第1のエネルギー伝達区分の固定ディフューザベーン列と第1のエネルギー伝達区分に連続する第2のエネルギー伝達区分の固定ノズル案内ベーン列との間の距離として定義されるエネルギー伝達区分間の距離は可変的である。

【0032】

実施形態において、エネルギー伝達区分間の距離は、混合レベルおよび/または圧力レベルなどの所要の流れ条件に基づいて可変的にされている。

40

【0033】

実施形態において、第1のエネルギー伝達区分の少なくとも1つの固定ディフューザベーン列および第1のエネルギー伝達区分に連続する第2のエネルギー伝達区分の少なくとも1つの固定ノズル案内ベーン列は接合されて、組合せ型ブレード列を形成し、こうして、第1のエネルギー伝達区分と連続する第2のエネルギー伝達区分との間の距離はゼロに設定される。

【0034】

実施形態において、装置は、ロータブレードの対応する列を横断して圧力を調整するように構成された少なくとも1つの区分をさらに含む。

50

【 0 0 3 5 】

実施形態において、前記装置内では、各エネルギー伝達区分および各圧力調整区分は、その構造および/またはその動作全体にわたる可制御性の観点から見て、他の区分とは独立して確立されている。

【 0 0 3 6 】

実施形態において、前記装置内では、固定ペーンおよび/またはロータブレードは各区分内部で、装置の動作中、少なくともその寸法、アライメントおよび空間的配置の観点から見て個別に調整可能である。

【 0 0 3 7 】

実施形態において、装置は、任意には入口から出口の方向で、区分毎に可変的に構成されたブレード半径を有するロータブレード列を含む。 10

【 0 0 3 8 】

実施形態において、前記装置内では、少なくとも1つの入口またはこの少なくとも1つの入口を含む区分は、異なる軸方向、半径方向または円周方向入口速度成分を伴う半径方向から軸方向の遷移ダクトまたは一定数の円周方向セクタまたはパイプを通る流体媒質流を受取るように構成されている。

【 0 0 3 9 】

実施形態において、少なくとも1つ出口または、少なくとも1つの出口を含む区分は、少なくとも1つパイプおよび/または軸方向、半径方向または円周方向ダクトを伴う円周方向渦巻形構造として構成されている。 20

【 0 0 4 0 】

実施形態において、装置は、最後のエネルギー伝達区分の下流側に配設されたターボエキスパンダデバイスをさらに含む。

【 0 0 4 1 】

実施形態において、装置は、少なくとも1つの電気駆動エンジンによって駆動されることから電氣的に動作された状態で構成されている。

【 0 0 4 2 】

実施形態において、装置は、任意には耐熱性コーティングおよび/または耐熱材料製の構成要素と併せて冷却用配設をさらに含む。

【 0 0 4 3 】

実施形態において、装置には、一定数の触媒表面および/または触媒要素がさらに具備されている。 30

【 0 0 4 4 】

別の態様においては、本質的に約セ氏500度()以上の温度まで独立クレーム32に中で定義されているものにしたがって、加速された流体媒質の生成における前記装置の使用が提供されている。実施形態において、本質的に約1000 以上の温度まで、好ましくは本質的に約1400 以上の温度まで、そしてさらに好ましくは本質的に約1700 以上の温度まで加熱された流体媒質の生成における使用が提供されている。

【 0 0 4 5 】

実施形態においては、一つのエネルギー伝達区分あたりに達成可能な温度上昇は、流体媒質に応じて10~1000 の範囲内である使用が提供されている。 40

【 0 0 4 6 】

さらなる態様においては、独立クレーム34中で定義されているものにしたがって、実施形態にしたがった少なくとも2つの回転装置を含むアセンブリが提供されている。実施形態において装置は、少なくとも機能的に並列または直列に連結されている。実施形態において、前記少なくとも2つの装置は、互いに鏡像関係になるような形で連結され、こうしてそれらのシャフトは少なくとも機能的に連結されることになる。

【 0 0 4 7 】

さらなる態様においては、独立クレーム36中で定義されているものにしたがって、少なくとも1つの熱消費ユニットに連結された少なくとも1つの回転装置を含む配設が提供 50

されている。実施形態において、熱消費ユニットは、炉、オーブン、キルン、加熱器、バーナー、焼却炉、ボイラ、乾燥機、コンベヤデバイス、反応器デバイスまたはそれらの組合せのうちのいずれか1つである。

【0048】

さらなる態様においては、独立クレーム38中で定義されているものにしたがって、工業的熱消費プロセスを実装するように構成され、実施形態にしたがった少なくとも1つの回転装置を含む、熱消費システムが提供されている。

【0049】

実施形態において、工業的熱消費プロセスは：鋼製造；セメント製造；水素および/または合成ガスの生産、例えば蒸気-メタン改質；メタンから水素、燃料および/または化学物質への変換；熱エネルギーの貯蔵、例えば高温蓄熱；石油および/または石油化学工業関連のプロセス；吸熱反应用の触媒プロセス；焼却による有害および/または有毒物質の廃棄用プロセス；ならびに、例えばグラスウール、カーボンファイバおよびカーボンナノチューブ、レンガ、セラミック材料、磁器およびタイルといった高温材料製造用プロセスからなる群の中から選択される。

10

【0050】

さらなる態様において、独立クレーム40中に定義されているものにしたがって、流体媒質中に熱エネルギーを投入するための方法が提供されている。

【0051】

本発明の有用性は、その各々の特定の実施形態に応じて、さまざまな理由から生じるものである。

20

【0052】

全体として、本発明は、エネルギー消費機械類の内部における仕事量を最大限にする（そして上昇させる）ことを目的として回転流体加熱器を提供する。本開示に係る装置および方法は、気体などの加熱流体を、コストおよびエネルギー効率の良い形で、例えば概して500を超える温度などの高温および超音速まで加熱することを可能にする。発明的な概念においては回転装置を、異なる熱消費プロセスの利用分野での直接的または間接的加熱のために従来の燃焼加熱器に置換するべく使用することができる。

【0053】

したがって、実施形態に係る回転装置は、約500～約2000の範囲内の温度、すなわち、バルク化学物質の生産、鋼および非金属鉱物の製造、石油の加工および精製そして他の熱消費プロセスを非限定的に含めた広範囲の工業的利用分野で使用される温度までの流体物質の加熱を可能にする。超高温の温度範囲までの流体の加熱は、本明細書で提案されている装置解決法の実現形態において高度な冷却技術を利用することによって達成される。

30

【0054】

その上、本発明の回転装置は、通電加熱器解決法として構成可能である。通電加熱器解決法を使用することのメリットとしては、温室効果ガス排出（例えばNO、CO₂、CO、NO_x）、そして従来の燃焼加熱器内で再生不能燃料を焼くことに由来する他の有害な構成成分（例えばHCl、H₂S、SO₂、重金属、粒子排出）の排除または少なくとも有意な削減が含まれる。

40

【0055】

回転装置は、最高1700～2000の温度そしてさらにはより高い温度までの流体の通電加熱を可能にする。このような温度は、現行の電気加熱の利用分野で達成するのが困難であるかまたは不可能である。

【0056】

本明細書で提示される回転装置は、プロセスガス、不活性ガス、空気または他の任意の気体などのさまざまな流体の直接的加熱のため、または流体（液体、蒸気、気体、蒸気/液体混合物など）の間接的加熱のために使用可能である。回転装置内で生成された加熱済み流体は、気体、蒸気、液体および固体材料のいずれか1つの加熱のために使用可能であ

50

る。該回転装置は、伝統的には固体、液体または気体化石燃料またはいくつかの事例ではバイオ燃料で燃焼または加熱されている多くのタイプの炉、加熱器、キルン、ガス化装置、および反応器デバイスに少なくとも部分的に置換することができ、あるいは、これらと（例えば予熱器として）組合せ可能である。

【0057】

短時間で広い高温範囲を達成する能力と組合わさったその融通性ある設計およびコンパクトさのため、回転装置および関連するアセンブリは、鋼製造から高温蓄熱に至るまでの範囲のさまざまな工業的利用分野で使用可能である。本発明はさらに、伝統的な化石燃料炉に比較して、現場における投資コストの削減を可能にする。

【0058】

提案された装置解決法は同様に、完全に拡張可能であり、開示された装置は、本質的にあらゆるサイズおよび能力の熱消費工業施設内で使用するように構成可能である。拡張可能性とは、個別の装置のサイズおよびその能力を適切に修正することを意味する。概して、装置の拡張可能性は、その所要電力および/またはシャフト-ロータ速度に正比例する。

10

【0059】

その上、提案された装置解決法を用いることで、従来のコンプレッサデバイスと比べた場合約10倍高い、著しく改善された仕事量能力を達成することが可能である。

【0060】

「一定数の (a number of)」なる表現は、ここでは、一 (1) から始まる任意の正の整数、例えば、一、二または三を意味する。「複数の (a plurality of)」なる表現は、ここでは、二 (2) から始まる任意の正の整数、例えば二、三または四を意味する。「第1 (first)」および「第2 (second)」なる用語は、ここでは、別段の明示的記載の無いかぎり、いかなる特定の順序または重要性も標示することなく、1つの要素を別の要素から区別するためだけに使用されている。

20

【0061】

「ガス化された (gasified)」なる用語は、本明細書において、考えられる任意の手段により物質が気体形状に変換されていることを標示するために使用される。

【0062】

「流体力学的 (hydrodynamic)」なる用語は、本明細書において、この開示では主に気体に代表されるものである流体の力学を標示するために使用されている。したがって、本開示において、「流体力学的」なる用語は、別段の明示的標示の無いかぎり、「空気力学的 (aerodynamic)」なる用語の同義語として使用される。

30

【0063】

本発明の異なる実施形態は、詳細な説明および添付図面を考慮することによって明らかになるものである。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1A】図1Aは、一実施形態にしたがって実装された装置100を概略的に例示している。

40

【図1B】図1Bは、装置100内部での固定および回転ブレード列の配設を例示している。

【図1C】図1Cは、エネルギー伝達区分内部でのロータブレード進入口および退出口における速度三角形を概略的に例示している。

【図1D】図1Dは、実施形態にしたがった、装置100内の連続したブレード列を通る流体の伝搬時点での衝撃列の形成および衝撃系を横断する温度上昇を概略的に例示している。

【図2A】図2Aは、実施形態にしたがった、装置100の多区分構成における静止および回転ブレード列の配設を概略的に例示する (3ブレード列) 。

【図2B】図2Bは、実施形態にしたがった、装置100の多区分構成における静止およ

50

び回転ブレード列の配設を概略的に例示する（２ブレード列）。

【図３Ａ】図３Ａは、それぞれ図２Ａ中で提示された構成のより詳細な図を提供している。

【図３Ｂ】図３Ｂは、それぞれ図２Ｂ中で提示された構成のより詳細な図を提供している。

【図３Ｃ】図３Ｃは、図３Ａおよび３Ｂに示された実施形態が組合わされている、エネルギー伝達区分解法を示す。

【図４】図４は、いくつかの実施形態にしたがって実装された装置１００を示す。

【図５】図５は、いくつかの実施形態にしたがって実装された装置１００を示す。

【図６】図６は、装置１００のための入口および出口配設についての例示的構成を示す。 10

【図７】図７は、装置内部の圧力調整区分を示す。

【図８】図８は、単軸および多軸構成で実装された装置１００および一定数の装置１００を含むアセンブリ１００_nを示す。

【図９】図９は、シュラウド付きおよびシュラウド無しのロータブレードのための例示的実装を示す。

【図１０】図１０は、変動する流量係数およびロータブレード入口における一定のロータブレード金属角度範囲と共に、考えられる設計パラメータ範囲を横断したエネルギー伝達係数の分布についてのグラフである。

【図１１】図１１は、少なくとも１つの装置１００またはアセンブリ１００_nおよび少なくとも１つの熱消費ユニット１０１、そして熱消費システム１０００を含む配設を示す。 20

【発明を実施するための形態】

【００６５】

本発明の詳細な実施形態が、添付図面を参照しながら本明細書中で開示される。同じ部材に言及するために図面全体を通して、同じ参照文字が使用されている。

【００６６】

図１Ａは、１００Ａにおいて、熱エネルギーを流体中に投入するための、以下装置と称する回転装置１００の概念の基礎にある一例示的実施形態を概略的に例示している。

【００６７】

全体として、装置１００は、機械的エネルギーを流体に伝達するための非常に効率の良い手段であるターボ機械の基本的エネルギー変換原理を実装するように構成されている。本開示に係る装置は、回転シャフトの機械的エネルギーを流体媒質に対して効率良く伝達し、一組の固定および回転ブレード列によりそれを流体の内部エネルギーへと変換する。 30

【００６８】

装置１００の実現形態および動作原理は、図１Ａに示された構成１００Ａを用いて、さらに説明されるものとする。装置１００の代替的および／または補足的修正は、本明細書全体を通して説明されるものである。

【００６９】

装置１００は、水平方向（長手方向）軸（ $X - X'$ ）に沿って配置された、中央シャフトとも呼ばれるロータシャフト１を含む。ロータハブ３_aの外周全体にわたって配設された少なくとも１つのロータブレード列３を含むロータが、ロータシャフト１上に組付けられる。いくつかの構成において、少なくとも１つのロータブレード列は、別個のロータユニットとして実装可能である。このようなロータユニットは、ロータディスクの外周全体にわたって配設された複数のロータブレードを含む。 40

【００７０】

装置は、単一のロータブレード列または単一の（別個の）ロータユニットを伴って実装可能である。代替的には、装置は、共通のロータハブ上に連続的に配設された２つ以上のブレード列を含むことができ、あるいは、装置は順次（１つずつ）ロータシャフト上に組付けられた一定数の別個のロータユニットを伴って実装可能である。

【００７１】

実施形態において、装置は、ロータシャフト上に連続的に配設された少なくとも２つの 50

ロータブレード列を含む。2～10のロータブレード列/ロータシャフト上に組付けられたロータブレード/別個のロータユニットを伴う実装を構想することができる。

【0072】

装置100はさらに、少なくとも1つの駆動ユニット(15、図8参照)を含む。駆動ユニットは、ロータハブおよび/またはロータディスク上に配設されたロータブレードおよびシャフトを回転させるように構成された少なくとも1つの駆動エンジンを含む。実施形態において、装置は、電氣的に動作させられるように構成されている。実施形態において、少なくとも1つの駆動エンジンは、任意には例えばガスまたは蒸気タービンのいずれか1つと組み合わせられるかまたはそれにより置換される電気モータである。他の任意の適切な駆動デバイスが利用可能である。本開示の目的では、任意の適切なタイプの電気モータ(すなわち電源から機械的負荷へエネルギーを伝達する能力を有するデバイス)を利用することができる。モータ駆動シャフトとロータシャフトの間に配設された好適な継手、ならびにさまざまな装置、例えば電力変換器、制御装置などは、本明細書では説明されない。

10

【0073】

したがって、ロータは、少なくとも1つの列の形に配設されインパルスインペラブレードとして構成された複数のロータブレード3を含む。少なくとも1つのブレード列の形に配設された複数のロータブレードを、代替的には(環状)ロータブレードアセンブリまたはロータブレード翼列と見なすことができる。

【0074】

装置100はさらに、ロータブレード3の少なくとも1つの列の上流側に配設された静止またはステータブレード2の少なくとも1つの列(翼列)、およびロータブレード3の少なくとも1つの列の下流側に配設された少なくとも1つの固定ブレード列(翼列)4を含む。明確さのために、固定ブレード列2、4は、さらに(固定)ペーンと呼ばれる。固定ペーン列2、4は、それぞれ、少なくとも1つのロータブレード列3の上流側および下流側で、本質的に環状のアセンブリとして提供されている。装置100が2つ以上のロータブレード列3を含む場合、各々の前記ロータブレード列は、それぞれ、固定ブレード/ペーン列2、4の間に配置される。

20

【0075】

「上流側の」ステータペーン列2は、好ましくは、複数の固定案内ペーンで構成されている。「下流側の」固定ペーン列4は、好ましくは、複数の固定ディフューザペーンで構成されている。

30

【0076】

「上流側」および「下流側」なる用語は、ここでは、入口から排出孔までの装置100全体を通した流体媒質の流れの方向における、ここではロータである予め決定された部品または構成要素との関係における構造的部品または構成要素の空間的および/または機能的配設を意味している。いくつかの実施形態において、流れは、図1Aで矢印と共に4と標示されている通り、水平方向のロータシャフト軸(X-X')に沿った方向をたどる。いくつかの他の実施形態においては、流れは、より複雑な経路をたどる(例えば図5を参照)。

【0077】

固定(2、4)および回転(3)ブレード列で構成されたステータ・ロータ・ステータ(ステータ・ロータ・ディフューザ)配設2、3、4が、図1B(左側)に例示されている。各ブレード列は、複数のブレード(固定構成要素に関して、これは「ペーン」とも呼ばれる)で形成されている。前記ブレード/ペーン(2、3、4)のうちのいずれか1つは、根元区分から先端区分まで異なるかつ可変的な半径で延在するシェルによって形成されている。根元-先端半径比(回転ブレードについてはハブ-先端半径比とも呼ばれる)および/またはブレード角度は、装置100の各々の特定の实装において必要とされる/望まれる流路に沿って流体を案内するために可変的となるように構成されている。したがって、ブレード/ペーン列2、3、4は、軸方向、半径方向または斜め方向の流路、またはそれらの組合せ(例えば多区分構成)のうちのいずれか1つを実装するように構成可能

40

50

である。

【0078】

シェルは、間に定義済みの厚み分布を伴いブレード進入部（ブレード入口）では前縁（LE）によって、そしてブレード退出口では対称および非対称形状を有する後縁（TE）によって接合された側方表面を有する2つの側（圧力側、PSおよび吸込み側、SS）を有している。ロータブレードは、（そのハブ部分で）ロータハブ/ロータディスクに取付けられており（ハブ表面は参照番号3aで表されている）；一方、固定ペーンは典型的に、ケーシング表面（参照番号20で表わされている）に対して直接的および/または間接的に取付けられている。隣接するブレードの圧力側と吸込み側との間の通路が、参照番号6によって表わされている。

10

【0079】

ブレード/ペーンの設計は、装置100の実現形態によって左右される。可変パラメータには、（PSおよび/またはSSにおける）ブレードの形状、翼のプロファイル、ブレード入口およびブレード退出口の角度、根元-先端半径比、連続するブレード間の離隔距離（ピッチ）などが含まれる。これらのパラメータを改変することにより、隣接するブレードの間の可変的な通路チャンネル幾何形状が創出されて、流体内部の所要/所望の圧力および/または温度条件が達成される。ブレード/ペーン列2、3または4のいずれか1つの間、または標示された全ブレード列間の空間（通路6）は、流れ条件付けを目的として求められる通りに調整可能である。

【0080】

図1Aに戻って参照することが指示される。装置100の中では、（3次元）空間5が、固定ペーン列2、4を互いから分離している。任意の構成において、空間5は、一定数の追加デバイス、例えば流れ経路を分割し個別のパスを内部に創出するためにガイドウォールとして構成可能である流れ整形/流れ案内装置を含んでいてよい。ガイドウォール7および流れ整形デバイス8を伴う構成が、以下でさらに詳述される図5中で提示されている。実施形態において、空間5にはペーンが無い。

20

【0081】

装置100はさらに、処理（加熱）すべき流体媒質が装置中に入るときに通る少なくとも1つの入口11（フィード21）および流体媒質の処理（加熱）済み流22が装置から放出されるときに通る少なくとも1つの出口（退出口）12を伴うケーシングまたはハウジング20を含んでいる。入口および出口は、ケーシング20内の関連する開口部/ポート、および各々の前記ポートと結び付けられたパイプ、スリーブまたはマニホールドを含む。ケーシング20は、少なくとも1つのロータブレード列を伴うロータシャフト1を包み込むように構成されている。固定ペーン列2、4は、ケーシングの内部に配設され、ケーシングの内部側に直接および/または間接的に固定可能である。したがって、固定ペーンを、装置100の内部を画定する壁の上に直接固定し、かつ/または、リング、ブラケットなどの補助配設物を用いてそこに連結することができる。

30

【0082】

全体として、本発明の異なる実施形態にしたがって実装された装置100は、入口11と出口12の間でケーシング20内部に形成された流路に沿って誘導された流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギー（熱）を付与するように構成されている。この一定量の熱エネルギーは、入口11から出口12への流体の流れの方向に、それぞれ固定案内ペーン2、ロータブレード3および固定ディフューザペーン4によって形成されるブレード/ペーン列を前記流体媒質流が連続的に通過するときが発生する一連のエネルギー変換によって、流体に付与される。

40

【0083】

したがって連続するブレード/ペーン列2、3および4は、少なくとも1つの固定ノズル案内ペーン列2、少なくとも1つのロータブレード列3および少なくとも1つの固定ディフューザペーン列4は、前記流体媒質流がロータブレード列から超音速で退出し少なくとも1つのディフューザペーン列を通過し、そこでこの流れが減速し運動エネルギーを流体

50

媒質の内部エネルギーへと消散させ、一定量の熱エネルギーが流体媒質流に追加される場合、ロータのブレードを回転させることによって流体媒質流に対して追加される運動エネルギー量が、流体媒質の温度を予め決定された値まで上昇させるのに十分なものである条件を生み出すように構成されている。

【0084】

流体媒質流が回転装置100を通して伝搬するとき、流体に追加される熱エネルギー量は、制御された形での、一連のブレード/ペーン列2、3および4(2-3-4)を通る流れの連続的伝搬中の衝撃列の生成によって生み出される。衝撃列は、(ロータ3から)超音速で到来する流れを減速させる多数の衝撃/衝撃波の3次元系である。衝撃列の形成および実際のエネルギー変換は、本質的にディフューザ4を通る流体流の伝播時点で発生するものの、流れは、ロータ3を通して伝播した時点で超音速にされ;今度は固定案内ペーン2が、求められる方向/角度でロータに進入するために流れを準備する。

10

【0085】

実施形態において、回転装置100は、本質的に軸方向の流路に沿って、入口と出口の間で流体流を実装するように構成されている。いくつかの他の実施形態において、装置100は、Bushuevに対する米国特許第9,494,038号およびSeppalaaに対する米国特許第9,234,140号なる特許文書のいずれか1つで論述されているような、本質的にトロイド形状のケーシングの内部で形成された本質的に螺旋状の軌道;Seppalaaに対する米国特許第9,234,140号なる特許文書中で論述されているような、本質的に管状のケーシング内部に形成された本質的に螺旋状の軌道;Xu & Rosicに対する米国特許第10,744,480号なる特許文書中で論述されているような、本質的に半径方向の軌道;そしてBushuevに対する米国特許第7,232,937号なる特許文書中で論述されているような、左右の方向のポルテックスリングへと巻き上げられた2つの螺旋の形で流体媒質流によって確立された流路に沿って、のうちのいずれか1つにしたがって確立された、入口と出口の間で流体流を実装するように構成可能である。

20

【0086】

装置100において、固定案内ペーン列2、ロータブレード列3および固定ディフューザペーン列4は、基本区分または仕事区分とも呼ばれるエネルギー伝達区分10(以下、区分)を確立する。区分10は、図1A中で破線の囲みにより示されており、図1C中でより詳細に示されている。

30

【0087】

基本区分の機能は、流体に対し機械的エネルギーを付与し、それを熱エネルギーに変換することにある。したがって、区分は、完全なエネルギー変換およびエネルギー伝達サイクルを仲介するように構成されている。流体媒質は、連続する列2、3および4(「ステータ・ロータ・ステータ」配設2-3-4)と共に形成された少なくとも1つの区分を通して流れるにつれて、加熱される。

【0088】

エネルギー変換/エネルギー伝達サイクル中、ロータブレード3の上流側に配置された固定案内ブレード列2は、回転ブレード列の進入口における所要流れ条件を準備する。ロータブレード列内で、シャフトおよび回転ブレードの機械的エネルギーは、流体流に伝達される。少なくとも各ロータブレード列3の一部分において、流体媒質の流れは、超音速流条件に達することができる。

40

【0089】

ロータブレード3の下流側に配置された固定ブレード列(別名ディフューザ4)は、流体媒質の機械的エネルギーをその熱エネルギーへと変換する。流体流は、超音速でロータブレード3を退出し、ディフューザ4に進入する。ディフューザの上流側の流れが超音速である場合、流体流の運動エネルギーは、多数の衝撃系および粘性混合および消散を通して流体の内部エネルギーへと変換される。流れは、その運動エネルギーを、装置を通して伝搬する流体流の内部エネルギーへと消散し、こうして、一定量の熱エネルギーを流体に対して提供する

50

。流体の内部エネルギーの増加の結果として、流体温度は上昇する。

【0090】

装置100中を通過する流体の効率の良い加熱は、以下のブレード/ペーン構成で達成される。

【0091】

実施形態において、ロータブレード3は、ロータの回転の時点で、固定ペーン2から流体媒質流を受取り、前記流れを超音速まで加速して、その接線速度を増大させることにより機械的エネルギーをプロセス流体に付与するように構成されている。全体として、ロータブレード3は、高い区分仕事量のための超高負荷インパルスインペラブレードとして構成されている。インパルスインペラ内では、大きい接線速度成分を伴うロータブレード列への進入口とそこからの退出口における高い相対的速度とブレード速度との乗算の結果として、エネルギー変換速度は超高速である。

10

【0092】

単一（基本）区分の内部のロータブレード進入口（平面2内で描画；P2）およびロータブレード退出口（平面3内で描画、P3）における速度三角形を例示する図1Cを参照する。部材について以下の名称が適応されている：

C - 絶対流速（m/s）

W - 相対流速（m/s）

U - ブレードの円周方向速度（m/s）

（アルファ） - 絶対流れ角度（度）

（ベータ） - 相対流れ角度（度）

20

x - 軸方向

r - 半径方向

（シータ） - 円周方向

【0093】

区分の進入口（P1；流れ成分C₁を伴う固定案内ペーン2入口）；区分退出口（P4；固定ディフューザペーン4退出口；流れ成分C₄）；ロータ入口（P2、流れ成分C₂、W₂、U₂）、およびロータ退出口（P3、流れ成分C₃、W₃、U₃）における幾何学的平面（x、r、）について、呼称P1～P4が使用される。対応する下付き文字1～4が使用される。平面2および3において描画された速度三角形も同様に、それぞれ固定案内ペーン2からの退出口における、および固定ディフューザペーン4への進入口における流れパラメータを標示するものである。標示C₂およびC₃は、ロータ入口および退出口における絶対速度の円周方向成分を表わしている。ブレード列2、3、4は、有利には、ロータ入口およびロータ退出口における絶対円周方向（旋回）速度の大きな変化を創出するような形で設計される（ベクトルC₂およびC₃に留意）。

30

【0094】

絶対速度と相対速度の関係は、概して以下のように定義される：

$$C = W + U$$

【0095】

装置100は、例えば毎秒約150～300メートル（m/s）の速度（U）範囲内で動作する。他の（より低いまたはより高い）速度または速度範囲も排除されない。例えば、約300～400 m/sの値範囲内のロータブレード（先端）速度（U）を達成することができる。以上の値は、例示目的で示されており、限定的なものともみなされるべきではない。したがって、ロータ速度および流れ速度は、流体媒質、プロセス温度、装置100を形成する材料、および他のパラメータに応じて変動可能である。

40

【0096】

実施形態において、区分は、流体へのエネルギー投入を最大化するように設計された角度または角度範囲で流れがロータブレードに進入しそこから退出するような形に構成されている。これは、ロータブレード入口におけるロータブレード金属角度（、カイ）範囲および変動する流量係数と共に、考えられる設計パラメータ範囲を横断したエネルギー伝達係

50

数の分布についてのグラフを示す図 10 によって例示されており、ここで流れ係数（ ϵ 、ファイ）は、以下のように定義される：

$$\epsilon = C_x / U$$

なお式中、 C_x は、絶対速度の軸方向成分を表わす。

【0097】

図 10 に示されているグラフは、160 m/s ~ 280 m/s の広いロータ先端速度範囲（円周方向速度、 U ）を網羅する。装置は、動作条件に応じて、異なるエネルギー変換率が必要とされる場合、より広い速度範囲内でも同様に動作可能である。

【0098】

エネルギー伝達係数（ ϵ ）は、以下のように定義される：

10

【数 1】

$$\epsilon = \frac{W}{\dot{m}(DN)^2} = \frac{w}{(DN)^2}$$

式中、 W はデバイスから流体へ伝達された総エネルギーであり、 w は伝達された比（単位質量あたりのエネルギー）エネルギーであり、

【数 2】

\dot{m}

20

は装置 100 を通した質量流率であり、 D はロータの外径であり、 N はロータ回転速度（RPS、毎秒回転数）である。

【0099】

達成可能なエネルギー伝達係数（装置 100 のエネルギー伝達区分による）は、従来の高負荷ガスタービンコンプレッサ区分（グラフの下位部分に水平方向の点線で示されている）と等価の値と比較される。

【0100】

図 10 は、ロータブレード金属角度（ X ）を増大させることにより、結果として、（装置から流体への）エネルギー伝達のレベルがより高くなることを、明確に実証している。エネルギー投入（区分毎の）を最大化する目的で、ロータの入口および退出口における金属角度の有利な分布としては、約 45 ~ 75 度の範囲、いくつかの構成においては、約 60 ~ 約 70 度の範囲が含まれる。いくつかの構成において、ロータ入口および退出口における金属角度は、本質的に同じ（1 ~ 10 度の可変性余裕を含めて）である。

30

【0101】

さらに、ロータブレードについては、入口金属角度は本質的に相対入口流れ角度（図 1 C、 θ_2 参照）に対応しており、一方その退出口金属角度は本質的に相対退出口流れ角度（図 1 C、 θ_3 参照）に対応している、という点に留意すべきである。ステータブレード（固定案内ベーン）については、入口金属角度（図示せず）は本質的に絶対入口流れ角度（図 1 C、 θ_2 参照）に対応し、一方、その退出口金属角度は本質的に、流体流を下流側ロータ前縁と整列させ流れをロータブレード入口（図 1 C、 θ_2 参照）へと誘導するのに必要とされる方向転換経路から続いている。

40

【0102】

上述の構成は、装置 100 の仕事量能力を改善することを可能にする（従来コンプレッサデバイスと比べて、1 区分あたり 10 倍超優れた仕事量）。

【0103】

図 1 C に戻って参照すると、少なくとも 1 つのロータブレード列 3 は、軸方向、斜め方向および半径方向のうちのいずれか 1 つからまたはそれらの組合せ（例えば軸方向 - 半径方向）から進入する流れを受取る。典型的には、ロータハブ 3 およびケーシング 20 は間接的に流れ方向を画定する；したがって、装置 100 を修正することによって流れの方向を調節することもできる。修正は、単なるアップおよびダウンスケーリングによっておよ

50

び/または以下でさらに説明するように異なる実現形態で装置100を実装することによって、行なうことができる。

【0104】

ロータブレード列3は、こうして、軸方向、斜め方向または半径方向のうちのいずれか1つの方向から進入する流体媒質流を受取り、流体媒質流が少なくとも2倍加速されるような形で流速（絶対流速）の変化をひき起こす。

【0105】

全体として、本明細書で説明されている装置100において、ロータは、ロータブレードのプロファイルおよび寸法およびロータハブ/ロータディスク上のその配置の観点から見て、流体媒質流中に投入される機械的エネルギーを最大化しかつ任意にはそれを制御する

10

【0106】

流体媒質が基本区分（2、3、4）の中、詳細にはロータブレード列3およびディフューザブレード列4の中を通るときに発生する事象が、図1Dに概略的に例示されている。流れが超高負荷インパルスインペラ3から超音速で退出する場合、一定量の（機械的）エネルギーが、回転シャフトおよびロータブレードから、周囲の媒質へと伝達される。ディフューザブレード列4において、エネルギー変換は、上述のように、衝撃列およびエネルギー消散の複雑系の形成を通して発生し、これにより、流体の（静）温度は、衝撃系（円でマーキングされた急勾配）を横断して上昇する。基準として淀み点温度から与えられる。区分毎の温度変化についての値が以下に提供されている。一例として、典型的な基本区分についての平均温度変化、ここでは、温度上昇には、約300 kJ/kgのエンタルピーの変化（区分特異的の仕事量）が随伴する。

20

【0107】

公知のターボ機械およびターボ機械タイプのデバイスと比べて、装置100は、エネルギーを消耗する機械の内部の仕事量、任意には区分毎の仕事量を最大化することを目的としている。上述のように、技術的現状のコンプレッサデバイスは、例えば、実施形態に係る装置100と比べて約10倍低い区分毎の仕事量を実証する。

【0108】

装置100を用いると、比較的短い時間的周期でさまざまな流体/流体媒質に対して一定量の熱エネルギーを付与して流体を本質的にセ氏500度（ ）以上の温度まで加熱することが可能である。実施形態において、こうして装置100は、本質的に約セ氏500度（ ）以上の温度まで加熱された流体媒質を生成するために使用可能である。実施形態において、装置100は、本質的に約1000 以上の温度まで加熱された流体媒質を生成するために使用可能である。さらなる実施形態において、装置100は、本質的に1200 以上の温度まで、好ましくは本質的に約1400 以上の温度まで、さらに好ましくは本質的に約1700 以上の温度まで加熱された流体媒質を生成するために使用可能である。最高2000~2500 の温度を達成することができる。

30

【0109】

装置100は、異なる構成で、1つのエネルギー伝達区分毎に約10~1000 の範囲内の温度上昇を提供する能力を有する。例示的な区分毎の温度上昇値としては、50~1000 、100~500 および500~1000 および/またはこれらの範囲内の任意の値が含まれる。区分毎の温度上昇は、装置100を通して伝播させられる流体媒質および装置100が使用されるものと予期されている技術的応用分野によって大きく左右される。上述の温度上昇（区分毎）は1ミリ秒未満で達成可能であり、したがって、例えば1~10個のエネルギー伝達区分を有する装置100内の流体の加熱は瞬時である。

40

【0110】

したがって、装置100は流体媒質流（フィード21）を受取るように構成されている。全体として、フィード21は、純粋な構成成分または構成成分の混合物として提供される液体または気体などの任意の流体を含むかまたはそれで構成され得る。気体フィードには、非限定的に、不活性ガス（例えば空気、窒素ガスなど）、反応ガス（例えば酸素、可

50

燃性ガス、例えば炭化水素)、および他の任意の気体、例えば(水)蒸気、蒸気、酸化炭素ガス(一酸化炭素、二酸化炭素)、水素、アンモニアなどが含まれる。実施形態において、蒸気流体媒質が、本質的に気体形態で回転回転装置100に進入することが好ましい。

【0111】

フィードは、不活性ガス、原料ガス、プロセスガス、補給ガス(いわゆる置換/補足ガス)などのうちのいずれか1つであり得る。フィードの選択は、装置100が使用されるプロセス、および実際には前記プロセスが割当てられている特定の産業/産業分野に依存するが、これは、このプロセスには、フィード物質の選択に対しいくつかの要件および/または制限が関与するからである。

10

【0112】

さらに、冷却および/または熱保護配設物を形成する目的で、装置100内に(そして一定数の前記装置を含むアセンブリ/配設物内に)、一定数の冷却および/または熱保護デバイスおよび/または装置をさらに組込むことが可能である。約900を超える温度まで流体を加熱する上で装置100を使用する場合、効率の良い冷却が特に不可欠である。冷却および/または熱保護配設物は、内部冷却手段(例えば装置内部で冷却流体を案内するための手段)、一定数の遮熱コーティング/フィルム、および熱保護材料を含む。

【0113】

したがって、装置100の表面は、冷却剤流体を内部キャビティおよび/または導管内に導入することによって熱保護することができる。これは同様に、ケーシング20(有利には2重壁ケーシングとして実装されたもの)を通して、および/または固定ブレード列を通して、静止および回転構成要素を含む内部キャビティおよび/または導管内に冷却材流体を供給することによっても実装可能である。所定の温度および圧力レベルの冷却材流体は、装置100の内部でその構成要素の内部冷却を形成するための特別に形成されたチャンネルおよびプレナムを通して供給される。冷却流体は、さらに、離散的な表面孔またはスリットのセットを通してフィルムおよび冷却用噴流の形で送達可能である。

20

【0114】

所定の温度および圧力で冷却材流体をロータディスクキャビティ内に供給することにより、ロータディスク/シャフトまたは担持空間内への仕事流体の侵入を防止することができる。冷却流体は、軸方向および半径方向シールシステムを通して主流路内に放出される。シール構成内部に追加の冷却剤流を適用することができる(図9に関連してさらに説明される)。

30

【0115】

装置構成、原料流体、そして特定の技術的利用分野に応じて、装置100内の圧力を、大気圧(1.01325 bar / 101.325 kPa)以下を含めた約10 bar未満のレベル、または約10~50 bar(1~5 MPa)の比較的高圧のレベルに維持することができる。圧力調整区分を用いた圧力レベルの調節について、以下でさらに詳述する。

【0116】

装置100の全てのまたは選択された内部表面、詳細には、高温ゾーン内で(仕事)流体と接触する表面に対して、さまざまな高温遮熱コーティングを適用することができる。極めて高い温度(約900より高い温度)まで加熱された流体を生産するためには、セラミクスおよび/またはセラミックマトリクス複合材料などの遮熱材料を使用することができる。ロータおよびステータブレードを製造するため、ならびに内部ライナをケーシング内部で構築する目的で、高温セラミック材料および複合材料を使用することができる。付加的にまたは代替的に、低伝導材料を利用することができる。

40

【0117】

全てのブレード列(2、3、4)のための蒸散冷却は、焼結技術を通して達成可能であると考えられる。

【0118】

50

熱膨張制御のために、類似の方法を利用できると考えられる。装置 100 を通して大きな温度差があるとは、大きい熱応力およびさまざまな構成要素間の熱膨張差をひき起こす可能性があると考えられる。これらは、さまざまな冷却方法を適用することによっておよび/または、例えば波形外側ケーシング、摺動ケーシングセグメントなどによる機械的保護を提供することによって制御可能と考えられる。

【0119】

上述の冷却/熱保護技術は、例えばコンプレッサなどの一般的エネルギー投入ターボ機械の冷却において、従来使用されたことのないものであるという点を強調しておくべきである。

【0120】

いくつかの事例においては、ロータが、ロータブレード3の単数または複数の列を覆うように構成されたシュラウド31をさらに含むことが好ましい(図9参照)。シュラウド付きロータブレード(a~d)およびシュラウド無し/部分的シュラウド付きロータブレード(e~h)の実装例が、図10にまとめられている。シュラウド31は、回転ブレード3の先端を保護する。回転ブレードをディスク/ハブ3aに連結するためのモミの木根元連結器が参照番号32で表わされている。シュラウドを、個別のブレードの先端を覆うために別個のバンドとして提供でき、あるいはバンドを機械加工して、組立てられた場合に連続シュラウドカバーを形成するようにすることもできる。シュラウドはさらに、例えば頂部上に設置されるかまたは機械加工された半径方向または傾斜シールなどの単一シールまたは多重シールを有することができる。前記単一または多重(半径方向または傾斜)シールを、さらに、関連するケーシングセグメント内に設置または機械加工して、ロータブレード列の上方の漏出流れを削減することができる。ラビリンスシールを伴うシュラウドブレードそしてジェットシールを伴うシュラウドブレードは、それぞれ、図9(b、c)中に例示されている。任意のタイプのシールが、参照番号33で標示されている。ケーシングの内部に異なる形態のハニカム34を設置することができる(図9、d)。冷却用噴流を用いて、漏出流れを止めロータブレードの先端(図示せず)を冷却することができる。

【0121】

シュラウド無しのロータは、漏出流れ(覆われていない回転ブレード全体にわたり「漏出する」流れ)、いくつかの事例では逆漏出流れに付随する高い損失に起因して、効率の比較的低いものとなる傾向にある。シュラウドなどのロータカバーは、このような漏出を有効に防止するかまたは少なくとも最小限に抑える。さらに、シュラウドは、そうでなければ区分の間で発生する可能性のある流体の逆流および有害な流れ混合を防止する。シュラウド無しの単純な先端が図9に(f)として;部分的にシュラウド付きの先端の解決法が(g)として示されており、ウィングレット/スキラ幾何形状の先端を伴うブレード先端解決法が(h)として示されている。

【0122】

いくつかの事例では、装置100は、シュラウド付きおよびシュラウド無しの両方のロータブレード列を含むことができる。シュラウド無しのロータは、より高い回転速度でロータを動作させることを可能にし、こうして、一定数のシュラウド付きロータブレード列が後続する一定数のシュラウド無しロータブレード列/別個のロータユニットを伴う構成が、詳細には多区分構成において流れ条件の調整の観点から見て有益であり得る。

【0123】

装置を横断する大きい温度差は、静止構成要素と回転構成要素の間で半径方向および軸方向熱膨張差を生じさせる可能性があると考えられる。これによって、静止構成要素と回転構成要素の間で大きな軸方向移動および負の半径方向隙間をもたらされる可能性があると思われる。半径方向隙間は、ケーシングセグメントの熱管理(冷却または加熱)と共にハニカムおよび/またはさまざまな摩耗性構造および材料を導入することによって制御可能である。

【0124】

10

20

30

40

50

ロータの上流側に配置された固定ブレード列は、プロファイル、寸法およびロータシャフトの周りの配置の観点から見て、ロータ特異的仕事量能力を制御しかついくつかの事例では最大化する目的で、予め決定された方向にロータブレード列内へ流体媒質流を導くように構成された複数の案内ベーンを含む。案内ベーン 2 は、有利には、ノズル案内ベーン (NGV) として構成されている。既成の用語体系によると、入口ポート/ライン 11 を格納する区分においてロータブレードの前に配設された案内ベーンは、入口案内ベーン (IGV) と呼ばれ、出口ポート/ライン 12 を格納する区分にあるものは出口案内ベーン (OGV) と呼ばれる。明確さのため、全ての上述のカテゴリの案内ベーンは、集合的にノズル案内ベーンと呼ばれる。

【0125】

静止構造として提供されているノズル案内ベーン 2 は、流体媒質の流れに対しエネルギーを追加しない。しかしながら、これらのステータベーンは、流れに対し必要な/求められる方向性を追加し、ロータが流体媒質流内への (機械的) エネルギー投入量を最大化することを可能にするような形で構成されている。このことは、予め決定され求められている (例えばプロセスパラメータなどによって) 流れ角度および流速で強制的に流体をロータに進入させるように案内ベーンを寸法決定することによって達成される。流体流が (軸方向 x から) ロータブレードに進入する角度 (図 1C、2 参照) は、ロータブレード 3 が流体に対してどれほどのエネルギーを付与するかがそれによって左右されることから、本明細書では最も重要なパラメータとみなすことができる。

【0126】

したがって、ノズル案内ベーン列 2 は、ロータからのエネルギー投入量レベルおよび流体の速度を制御するような形で、ロータブレードの回転とは反対の円周方向でロータブレード列に向かって流体媒質流を誘導するフローコンディショナデバイスとして構成される。フローコンディショナデバイス 2 は、回転ブレードからのエネルギー投入の量およびロータに進入する流体の速度を管理する。

【0127】

実施形態において、ノズル案内ベーンは、軸方向 x から約 45 ~ 75 度の (相対的) 流れ角度の範囲 (図 1C、2 参照、相対流体流が軸方向 x からロータブレード列に進入する角度) でロータブレード列に進入するように流体媒質流を誘導するように構成されている。

【0128】

ロータブレードの下流側に配置され複数のディフューザベーン 4 を含む固定ブレード列は、こうして、流体媒質の機械的エネルギーをその熱エネルギーへと変換するエネルギー変換器デバイスとして構成される。ディフューザベーン内では、(超音速) 流体媒質流は、衝撃列の形成を通して減速し、運動エネルギーを流体媒質の内部エネルギー内へ消散させ、これにより、前記流体媒質の内部エネルギーは増大し、一定量の熱エネルギーが流体に追加される。

【0129】

図 1B および 1D は、基本区分 10 の内部で発生するエネルギー変換の原理を例示する。機能の視点では、フローコンディショナ (固定案内ベーン 2) は、回転ブレードの上流側の流れを管理 (条件付け) する。インパルスインペラブレード 3 は流体に対して機械的エネルギーを付与し、一方エネルギー変換器 (固定ディフューザベーン 4) は、衝撃/衝撃 (波) 列および (エネルギー) 消散の複雑系を通して流体媒質内の内部エネルギーの増加を可能にする。

【0130】

装置 100 中、固定ベーン列 2、4 は、好ましくは、少なくとも 1 つの固定ディフューザベーン列 4 からの退出と少なくとも 1 つの固定案内ベーン列 4 内への進入との間で 3 次元空間 5 が形成されるような形で配設されている。

【0131】

実施形態において、空間 5 は可変的である。空間 5 は、その寸法、すなわち少なくともサイズおよび形状の観点から見て可変的なものにすることができる。入口 11 と出口 12

10

20

30

40

50

の間でケーシング 20 の内部に形成される流路の方向で少なくとも 1 つの固定ディフューザベーン列 4 からの退出口と少なくとも 1 つのノズル案内ベーン列 2 への進入口の間に形成される空間 5 を変動させる / 調整することによって、装置を通して伝搬する流体媒質流への熱エネルギー投入の量を調節することができる。さらに、空間 5 を可変的なものにすることによって、流体流路に沿った圧力分布メカニズムおよび混合レベルを制御することが可能である。

【0132】

「可変的」および「調整可能」なる用語は、当該文脈において互換的に使用され、部域または対象の修正（調整）可能性を標示している。

【0133】

固定ブレード 2、4 間の可変的空間 5 は、単区分装置実装において、または多くの（または少なくとも 2 つ以上の）区分を含む実装においても実現可能である。

【0134】

実施形態において、装置 100 は、一定数の区分 10 を含み、ここで各区分は 3 つの連続するブレード列、すなわち、固定ノズル案内ベーン、ロータブレードおよび固定ディフューザベーンで形成されている。実施形態において、装置は、少なくとも 2 つの区分を伴って構成されている。同じシャフト上に組付けられた 2 ~ 10 のロータブレード列を含む多区分構成を構想することができる。このような多区分構成では、区分は同じまたは異なる（例えば接合された）ロータシャフトによって駆動可能である。

【0135】

単一の区分および多数の区分において、固定ベーン 2、4 ならびにロータブレード 3 は、ブレード角度（ブレード取付け角度）を変動させることにより、固定したまたは可変的なブレードチャンネル（間）幾何形状を形成することができる。

【0136】

求められるエネルギー変換デューティは、単一区分内または一定数の区分（多区分構成）内で達成可能と考えられる。一定数の区分を共に連結することは、さらに特定のエネルギー投入量が求められる場合に有益である。

【0137】

装置 100 の中で、区分 10 は、並列および / または直列で配設可能である。

【0138】

図 2 A および 2 B を参照する。図 2 A は、2 つの区分 10（10 - 1 および 10 - 2）を含む例示的多区分構成を示し、各区分は、ステータ - ロータ - ステータ / ディフューザブレード列（2、3、4）を含む。区分 10 - 1 と 10 - 2 の間の空間 5 は、とりわけ上流側の区分 10 - 1 の固定ディフューザベーンまたは固定ディフューザベーン列と、下流側の区分 10 - 2 の固定案内ベーンまたは固定案内ベーン列との間の距離 L として定義できる。

【0139】

空間 5 と同様、距離 L も可変的（調整可能）にすることができる。隣接する区分 10 - 1、10 - 2 の間の距離 L は、連続順で共通平面上にプロットされた一連の区分で形成された経路に沿った、上流側の区分 10 - 1 の固定ディフューザベーンまたは固定ディフューザベーン列の後縁と下流側の区分 10 - 2 の固定案内ベーンまたは固定案内ベーン列の前縁との間のスパンである。実施形態において、距離 L は、任意には流体流の方向で、装置 100 の水平方向（長手方向）軸に沿って定義される。

【0140】

いくつかの構成において、可変的空間 5（そして距離 L）は、少なくとも 1 つのディフューザベーン列と少なくとも 1 つのノズル案内ベーン列との間に配設されている。

【0141】

ディフューザベーンと案内ベーンの間、任意には上流側区分のディフューザベーンと下流側ステータの案内ベーンとの間の空間 5 および / または距離 L は、混合レベルおよび / または圧力レベルなどの求められる流れ条件に基づいて、可変的（調整可能）なものにさ

10

20

30

40

50

れる。上流側ディフューザ列と下流側固定ガイド列の間の距離に沿って、流体流の速度は最低である。

【0142】

距離 L を、固定ブレード列の間、任意には隣接する固定ブレード列の間、任意には隣接する区分の間でのスパンの修正の観点から見て可変的なものにすることができる。一方で、空間5の調整/可変化には、3次元座標系内で装置100の内部を再度サイズ決定および/または整形しなおすことが含まれる。空間5を修正することにより、距離 L も同様に任意に修正することができ、逆も同様である。こうして、可変的な空間5および/または隣接する固定ブレード列間の距離 L の概念の範囲内で、装置100のさまざまな実装を構想することができる(例えば図1A、4および5を参照のこと)。

10

【0143】

実施形態において、上流側の区分10-1の少なくとも1つの固定ディフューザベーン列および下流側の区分10-2の少なくとも1つの固定案内ベーンは、接合されて、単一の組合せ型ブレード列4-2(図2B)を形成する。組合せ型列4-2は、ディフューザベーンおよび案内ベーンの両方のデューティを果たす。図2Bに示されたブレード構成において、隣接する区分10-1および10-2の間の距離 L はゼロに設定される($L=0$)

【0144】

必要な場合、上流側のディフューザベーンと下流側の案内ベーンの間空間も同様に増大させて、流体媒質内部での混合のための空間および時間をより大きくすることができると思われる。このような場合、距離 L も同様に、任意に増大させることができる($L>0$)

20

【0145】

全体として、空間5のサイズ/体積(そして距離 L)は、少なくとも装置100を通る流体流の速度に左右される。したがって、固定ディフューザブレードを通して超音速でロータから退出する流体媒質の伝搬には、多重衝撃系の生成が随伴し、したがって、空間間隙5を増大させることは、衝撃波の相互作用を最小限に抑えるために有益であり得る。

【0146】

図3Aおよび3Bは、それぞれ図2Aおよび2Bに示された実施形態をより詳細に例示している。図3Cは、「混合」区分の解決法を示しており、ここでは図3Aおよび3Bに示された実施形態(3ブレードおよび2ブレード区分)が組合わされている。図3Cは、間に空間5を伴って、三(3)つの2ブレード列区分と一(1)つの3ブレード列区分とで実装された装置100の例示の実施形態を示す。

30

【0147】

実施形態において、装置100内部の終結ブレード列を、ディフューザ4、一体型ディフューザ-ステータ4-2またはターボエキスパンダ(図示せず)として構成することができる。ターボエキスパンダは、装置を通して伝搬する流体が膨張して静圧および温度を低下させ、装置100の駆動を支援するべく幾分かシャフト仕事を出力するターボ機械である。ターボエキスパンダデバイスは、特に急速な温度変化が必要とされる場合に使用可能である。したがって、実施形態において、装置100は、最後の仕事(エネルギー伝達/変換)区分10の下流側に、単一のまたは多数のブレード列を伴うターボエキスパンダデバイスを含む。

40

【0148】

固定ベーン2(ロータの上流側)、ロータブレード3および/または固定ベーン4(ロータの下流側)の寸法、アライメントおよび空間的配置は、好ましくは、設計(製造)によってかまたは動作によって各区分の内部で個別に調整可能である。したがって、固定ベーンおよび/またはロータブレードは、各区分の内部で、少なくともその寸法、アライメントおよび空間的配置の観点から見て、予め設定された通りに(動作に先立っておよび/または動作中にセットされた通りに)、または製造された通りに変動可能である。区分毎に可変的であることに加えて、前記固定ベーンおよび/またはロータブレードは、固定さ

50

れた状態で（調整不能）およびデバイスの動作中に個別に調整可能な状態で構成され得る。

【0149】

実施形態において、ロータブレードは、全ての区分において同一に構成される。変形実施形態においては、ロータブレードは、区分毎に可变的になっている。例示的实施形態において、装置は、エネルギー投入量および流れ能力の要件を満たすために入口（11）から出口（12）に向かう方向で区分毎に変化するロータブレード半径を有する一定数の区分を含む。実施形態において、ロータブレードの高さは、装置100全体を通して、長手方向、任意には軸方向に任意に変動する。

【0150】

したがって、ケーシング20は、可变的なロータブレードの高さにより課せられる要件を満たすべく修正可能である。いくつかの構成において、こうしてケーシングは、個別の区分を構成する要素の形状に本質的に追従するように構成されている。いくつかの構成において、ケーシングは、その長さ全体に沿って本質的に恒常な横断面を有する。他のいくつかの構成において、装置100は、円錐（円錐台）の形のケーシングを有する（例えば図1A参照）。

【0151】

いくつかの構成において、100Bとして具体化されている回転装置100の実装は、概して、参照により本明細書にその内容全体が組込まれている米国特許第10,744,480号（Xu & Rosic）に係る開示にしたがっている（図4参照）。図4に示された構成100Bにおいて、ケーシング20は、少なくとも1つエネルギー伝達区分10を形成する固定案内ベーン、ロータブレードおよびディフューザを包含する（これらに密に隣接する）限定空間として提供されている。ケーシングの内部形状そして任意には外部形状は、本質的に前記区分を構成する要素の形状に追従するように構成されている。したがって、いくつかの事例において、ケーシング20は、その内部を横断して可变的な断面積を有する（図4）。構成100Bにおいて、ディフューザ4は、空間5（混合空間と呼ばれ、曲り区分とそれに続く戻りチャネルを含む導管によって確立されている）内に配設されている。混合空間は、その幾何形状および/または寸法パラメータの観点から見て可变的となるように構成可能である。

【0152】

装置100Bは、モジュール式構造として構成可能であり、ここでケーシング20は、順次配置された一定数のモジュール20A、20B、20C、20Dによって確立されている。モジュール式の戻りチャネルおよび曲り区分を、少なくとも形状、長さ、横断面および装置100、100B内のそれらの配置の観点から見て調整可能となるように構成することができる。

【0153】

ロータシャフトに沿って連続して配設された一定数の区分を含む多区分構成100A、100Bに加えて、3ブレード列基本区分を、図5に例示されているように、再生式多区分構成で配設することもできる。図5に示されている構成100Cは、概して、米国特許第7,232,937号（Bushuev）、第9,494,038号（Bushuev）および第9,234,140号（Seppala）に係る開示に従っている。

【0154】

図5は、図版Aにおいて、2つの入口11-1、11-2および2つの出口（12-1、第2の出口は示されていない）を伴う構成を示す。該当する場合には、他の構成を構想してもよい。

【0155】

100Cとして具体化されている装置100は、水平方向（長手方向）軸X-X'に沿って位置付けされたロータシャフト1上に組付けられたロータユニットを含む。ロータユニットは、ロータディスクの外周全体にわたり配設された複数のロータブレード3を含む。静止構成要素は、ブレード付きロータディスクの両側で本質的に環状アセンブリまたは

10

20

30

40

50

翼列の形に配設された複数の固定案内ベーン 2 および固定ディフューザベーン 4 により表わされている。固定案内ベーン列 2 が、ロータブレード翼列 3 の上流側に配置され、固定ディフューザベーン列 4 は、少なくとも 1 つの入口と少なくとも 1 つの出口の間で装置を通る流体流の方向でロータブレード翼列の下流側に配置されている。

【 0 1 5 6 】

実装 2 0 において、ケーシング 2 0 は、その上に組立てられたロータブレードおよびロータブレードに隣接しロータブレードと共にステータ・ロータ・ステータ配設 2、3、4 を形成する固定ベーン列 2、4 を伴うロータディスクの周辺を実質的に完全に包み込むように構成されている。ケーシング 2 0 は、3 次元構成で本質的にトロイド形状（「ドーナツ」形状）を有し、こうして、関連する軸受アセンブリを伴うロータユニットを、トロイド形状の中央部分内で開口部を画定するアパーチャを塞いでいるものと見なすことができる。ケーシング 2 0 はその子午断面において、本質的にリング形状である。

10

【 0 1 5 7 】

ケーシング 2 0 内で、ブレード列 2、3、4 は、本明細書中において以上で説明したように、ステータ・ロータ・ステータ配設からの退出口（つまり固定ディフューザブレード列 4 からの退出口）と前記配設内への進入口（つまり固定案内ベーン列 2 への進入口）との間に空間 5 が創出されるような形で、互いに隣接している。実施形態において、空間 5 は、ケーシング 2 0 の内側表面と流れ整形デバイス 8 の外側表面との間に形成される。実施形態において、空間 5 は、ベーンが無いものとなるように構成されている。追加のまたは代替的实施形態において、空間 5 は、一定数のガイドウォール 7 を含むことができる（図 5、D 参照）。

20

【 0 1 5 8 】

エネルギー伝達 / エネルギー変換区分は、本明細書中で上述した通り、3 つのブレード列（2、3、4）を伴って確立されている。図 5 において、区分は、ローマ数字 $i \sim x$ で標示されている。構成 1 0 0 C において、1 つの区分（例えば区分 i ）のディフューザブレード列 4 の退出口から退出した流れは、（ベーン無しの）空間 5 を通り、螺旋（螺旋トロイド）状の経路をたどって後続区分（区分 $i i$ ）の固定案内ベーン列 2 に進入する。流れは、連続するブレード列 2、3、4（区分 $i i$ ）を通過し、ディフューザ 4（区分 $i i$ ）から退出し、流れが出口 1 2 - 1 に達するまで、次の区分 $i i i \sim x$ に向かって続行する（図版 B および C 参照、ここで図版 C は同じ平面上にプロットされた区分 $i \sim x$ を示す）。流れの方向は、矢印で標示されている。区分の数は、プロセスデューティ、求められる温度および / または圧力レベルによって決定される。

30

【 0 1 5 9 】

構成 1 0 0 C において、空間 5 は、少なくともサイズおよび形状の観点から見て変動可能である。したがって、空間 5 によって区分の間に創出されたトロイド状流路の少なくともサイズおよび形状は、所要長さ（図版 C 参照）および混合レベルに基づいて変動可能である。いくつかの実施形態において、空間 5 は、ガイドウォール 7 などの一定数の流れ案内装置を格納する（図 5 D 参照）。ガイドウォール 7 は、流路を分割し、追加の個別パスを創出する。

【 0 1 6 0 】

装置 1 0 0 用の入口および出口配設のための例示的構成を例示する図 6 を参照する。実施形態において、装置は、入口および出口配設を含む 1 つの区分または複数の区分を含んでよい。いくつかの構成において、このような区分は、仕事区分として構成されず（すなわち、流体内へのエネルギー伝達用に適応されている）、単に、それぞれ流体を受取り放出するためだけのものである。他のいくつかの構成において、入口および出口区分は、完全に仕事区分として構成されてよい。

40

【 0 1 6 1 】

入口および出口は、ケーシング内の関係する開口部 / ポート、ならびに各々の前記ポートと結び付けられたスリーブおよび / またはマニホールドを含む。例示的实施形態においては、放射方向 - 軸方向遷移ダクト（図 6 A 参照）または異なる軸方向、半径方向または円

50

周方向の入口速度成分を伴う一定数の円周方向セクタまたはパイプ（図 6、B、C 参照）を通して少なくとも 1 つの入口 1 1（1 1 - 1、1 1 - 2）において流体を送達することができる。少なくとも 1 つの出口 1 2（1 2 - 1、1 2 - 2）または出口を含む区分は、それ自体、単一のパイプまたは多数のパイプを伴いかつ / または軸方向、半径方向または円周方向ダクトを伴う円周方向の渦巻き形構造として構成可能である。

【0162】

図 6 は、A として、少なくとも 1 つの軸方向 - 半径方向入口 1 1（1 1 - 1、1 1 - 2）および少なくとも 1 つの軸方向出口 1 2（1 2 - 1、1 2 - 2）を含む装置 1 0 0 を例示する。図版 B は、少なくとも 1 つの軸方向 - 半径方向入口 1 1（1 1 - 1、1 1 - 2）および少なくとも 1 つの半径方向出口 1 2（1 2 - 1）を伴う装置 1 0 0 を示す。図版 C は、少なくとも 1 つの半径方向入口 1 1（1 1 - 1）および少なくとも 1 つの半径方向出口 1 2（1 2 - 1）を伴う装置 1 0 0 を示す。単一のまたは多数の入口および出口ダクトを伴う例示的渦巻き形構造構成は、図 6、C に示されている。

10

【0163】

いくつかの構成において、装置 1 0 0 はさらに、入口区分の内部に追加の入口ポート 1 3 を含むことができる（図 4 参照）。図 4 に示された構成 1 0 0 B に適用可能である追加の入口ポート 1 3 は、ロータに対して高度に渦巻く流れを発生させるようにスクロール入口として構成される。

【0164】

実施形態において、装置 1 0 0（本明細書では 1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C のうちのいずれか 1 つとして具体化されている）はさらに、ロータブレードの対応する列を横断する（静的）圧力変化を調整するように、および / または装置 1 0 0 を通して圧力レベルを制御するように構成された少なくとも 1 つの区分 1 4 を含む。詳細には、このような圧力調整（または圧力変更）区分 1 4 は、装置 1 0 0 内の圧力を上昇させるように構成されている。さらに、区分 1 4 は、流体に対してより多くの熱エネルギー（熱）を急速に追加することを可能にする。このような区分 1 4 は、原料流特性（圧力、温度、質量流率など）が装置 1 0 0 に求められる条件と整合しない場合に必要とされる。

20

【0165】

図 7 は、入口 1 1 に配設された圧力調整区分 1 4 を含む装置 1 0 0 を示す。付加的または代替的構成においては、区分 1 4 を、装置の出口 1 2 および / または仕事（エネルギー伝達 / 変換）区分 1 0 - 1、1 0 - n（図示せず）の間に配設することができる。仕事区分 1 0 - 1 ~ 1 0 - n は、本明細書の以上で説明されている通り、3 つ、2 つまたは混合型のブレード列を伴って構成可能である。

30

【0166】

区分 1 4 は典型的には、仕事区分 1 0 - 1 ~ 1 0 - n に比較した場合、より高い負荷投入量を提供するべく異なる（増強された）負荷を有する。区分 1 4 を、仕事区分と比べて熱エネルギー投入パターンを改変するものとみなすことができる。

【0167】

圧力調整区分 1 4 は、装置の設計に応じてさまざまな構成を採用できる。一例として、図 7 は、半径方向流（A）、混合流（B）および軸方向流（C）についての区分 1 4 構成を示す。他の適切な構成を適応させることが可能である。区分 1 4 は、単区分または多区分として構成可能であり、その構成はさらに、装置 1 0 0 内部のその配置に応じて変動可能である。

40

【0168】

実施形態において、圧力変更区分 1 4 は、仕事区分 1 0 - 1 ~ 1 0 - n とは静止構成要素および / または回転構成要素の構造および配設の観点から見て異なるように構成可能である。したがって、区分 1 4 は、調整可能なブレード角度を伴うロータと同様に、任意には調整可能なブレード角度を伴うステータも含んでよい。プロセス条件（原料のタイプおよびその圧力、温度、質量流率など）を満たすように、ブレード角度を調整することができる。

50

【0169】

付加的にまたは代替的に、区分14は、構造的に仕事区分10と本質的に同一に実装されてよい。このような場合には、圧力変更/圧力上昇特性は、より高いロータ速度を提供する能力を有する別個のロータシャフトに区分14を設置することを通して達成可能である。したがって、例えば、異なる速度で回転するシャフトを分離するために、仕事区分10と圧力調整区分14を連結する2スプールエンジン構成を装置100のために適応させることができる。

【0170】

単軸および多軸構成で実装された装置100は、図8に例示されている。単区分または多区分ユニットとして実装された装置ユニット(100-1、100-2、100-3)を、並列で(図8、B、並列マルチスプール配設)または直列で(図8、A、直列マルチスプール配設)マルチスプール上に配設することができる。直列および並列に連結された装置ユニット100-1、100-2を含むアセンブリ100nが、対応する破線囲み内に示されている。

10

【0171】

各スプールは、電気モータ、ガスタービン、蒸気タービンまたはそれらの組合せのうちのいずれかから選択された駆動ユニットとして構成される別個の原動機15(15-1、15-2、15-3)によって駆動可能である。各スプールは、求められる特定の使用に応じて、同じまたは異なる回転速度を有することができると思われる。いくつかの実施形態において、駆動ユニットは好ましくは電気モータである。

20

【0172】

全体として、各区分(仕事10および圧力調整区分14)を、異なる仕事負荷および/または能力を伴って構成することができる。

【0173】

装置100は有利には、ロータシャフト封止システム(図示せず)を含む。非限定的にラビリンシール、ブラシシールおよび/またはリーフシールを含めたシールシステムが、ロータシャフトの周りに適用されて、装置100の外部への流体の漏出を防止する。特定の圧力および温度での冷却剤流が、ロータキャビティを加圧し仕事流体の漏出を防止するために使用される。

【0174】

本明細書で上述した実施形態にしたがって構成された装置100は、比較的広い多様な設計パラメータについて許容範囲を有する。詳細には、多区分解決法は、異なる体積流率/体積流量能力を各々有する一定数の区分を伴って構成可能である。したがって、仕事量要件および/または混合レベルは、各区分内で別個に調整/調節可能である。

30

【0175】

全ての構成100において、流率は、ロータサイズ(直径、4倍増)および/またはブレード高さ(線形増)を変更することによって、任意には区分毎に調整可能であり得る。類似の設計を有する異なる区分を通る体積流率の変更を可能にするロータシャフト上のロータブレード列の軸方向の場所を調整することによって、ロータブレードのための可変の高さを達成してよい。装置構成に応じて、ブレード根元-先端半径比を適切に調整することができる。固定ブレード(2、4)も適宜調整可能である。以上で示された方法でブレードパラメータを修正することで、(例えば装置の端部/出口において温度と仕事量要件の両方が最高であることを考慮して)装置を通る体積流れ能力を増大させることが可能である。

40

【0176】

実施形態において、装置100はさらに、一定数の触媒表面または他の触媒要素(図示せず)を含む。触媒表面は、装置の内部の所定の場所において、少なくとも1つのブレード/ペーン列(2、3、4)の個別のブレードまたはペーン、ロータハブ/ディスク、および/またはケーシング表面のうち少なくともいくつかの触媒コーティングによって形成可能である。触媒要素は、活性コーティングを伴う(多孔質)セラミックまたは金属基

50

板または支持担体として構成されてよい。代替的には、モノリシックハニカム触媒を使用してもよい。

【0177】

実施形態において、装置100(100A、100B、100C)はさらに、中間注入および/または抽出のための装置を含む。前記装置(図示せず)は、熱交換器、加熱器、化学物質供給源などの中間施設と装置100を連結するように構成されたマニホールド内に任意に配設された一定数のポートおよび導管を含む。一例として、装置100は、注入/抽出導管系を通して少なくとも1つの熱交換器に連結可能である。このような配設において、加熱された流体の一部が、抽出導管を通して装置100から引き出され、熱交換器内へ誘導され、そこで流体から熱エネルギーが抽出される。熱交換器は、抽出された流体を例

10

【0178】

付加的または代替的構成において、他の場所(例えば蒸気)で冷却または加熱された流体を装置100内にフィードするため、および/または化学物質(触媒、添加剤、ドーパントなど)を注入するために、類似の配設を採用することができる。このような構成においては、中間施設は、一定数の追加の熱交換器、加熱器および/または関連する化学物質供給源で形成される。抽出/注入される流体の量を調節するために、抽出/注入ポートおよび付随するマニホールドにはバルブ、例えば3方弁および関連する検出器が供給されている。

20

【0179】

抽出および/または注入ポートは、ケーシング20に沿って、入口11と出口12の間で、任意の場所に配設可能である。いくつかの事例において、本質的に加熱プロセスの中間点において熱抽出のために流体媒質を取り出すことが好ましい。

【0180】

少なくとも2つの装置100を並列または直列に連結した時点で、アセンブリ100nを確立することができる(図8参照)。前記装置間の連結は、機械的および/または機能的であり得る。少なくとも2つの物理的に統合されたまたは統合されていない個別の装置ユニット100(100-1、100-2、100-3)の間での結合の時点で、(例えば類似の原料の加工の観点から見た)機能的連結を確立することができる。後者の場合、少なくとも2つの装置100間の結合を、一定数の補助的設備(図示せず)を介して確立することができる。いくつかの構成において、アセンブリは、互いに鏡像関係になるような形でそれらの中央シャフトを介して少なくとも機能的に連結された少なくとも2つの装置を含む。このような鏡像関係はさらに、機械的に直列に(シーケンス状)連結された少なくとも2つの装置100を有するものとして定義でき、一方、(例えば流体中への熱の投入の観点から見た)機能的連結は、並列(アレイ状)連結とみなすことができる。いくつかの事例において、前述の「鏡像関係」アセンブリはさらに、少なくとも2つの入口および本質的にアセンブリの中心に設置された共通の排出(放出)区分(図示せず)を含む

30

40

【0181】

少なくとも1つの回転装置100またはアセンブリ100nを少なくとも1つの熱消費ユニット/用役101に連結した時点で、配設が確立されてよく(図11の破線の囲みを参照)、この配設はさらに、熱消費システム1000の一部であってよい。

【0182】

装置100、100nは、直接または一定数の熱交換器を通して間接的に共通の熱消費ユニット/用役101に連結されてよい。熱消費ユニット/用役101には、非限定的に、炉、オープン、キルン、加熱器、バーナー、焼却炉、ボイラ、乾燥機、コンベヤデバイス、反応器デバイスまたはそれらの組合せが含まれる。

50

【0183】

熱消費プロセスシステム1000は、本質的に約セ氏500度()以上の温度で一定数のユニット/用役101を通して実装される熱消費工業プロセスを実施するように構成された施設である。実施形態において、該施設は、本質的に約1200以上の温度、好ましくは本質的に約1400以上の温度、さらに好ましくは本質的に約1700以上の温度で熱消費工業プロセスを実施するように構成されている。本明細書中で上述した冷却技術を応用した時点で、最高2000~2500の温度を達成することができる。システム1000は、500未満の温度での工業プロセスの少なくとも一部分の実施から排除されない。

【0184】

熱消費ユニット/用役および熱消費プロセスは、同じ参照番号101で表わされている。これは、区分101が、本質的に原料または未加工エネルギーから物品を生産することを目的とする工業プロセスまたは一連の工業プロセスを行なうために設計された設備を含む工業プラント、工場または任意の工業システムとして構成されたプロセスユニットを表わしていることを強調するためである。本開示において、「物品を生産する」なる表現には、非限定的に、材料(この文脈においては、例えば鋼または化合物)および/または動力に関する製造、抽出および/または精製が含まれる。いくつかの実施形態において、区分101は、例えば熱消費プロセスを実施するように構成された炉または反応器デバイスなどの熱消費役を表わしている。

【0185】

言及されたプロセスは、典型的に、高い熱(thermal、heat)エネルギー需要および消費を有し、従来 of 解決法(つまり、本明細書で提示されている熱統合スキーム1000以外のもの)では、大気中への産業廃棄物(ガスおよびエアロゾル)の大部分を構成するものである。本開示は、高い熱エネルギー需要を有するさまざまな従来の工業プロセス(101)内でさらに使用可能であり、こうして前記プロセスにおけるエネルギー効率を著しく改善できかつ大気中に放出される空気汚染物質の量が削減される、流体中に熱エネルギーを投入するための装置および方法を提供する。したがって、装置100を加熱器としての使用のために採用することができる。

【0186】

熱消費ユニットに連結されかつ/またはシステム1000内に統合された少なくとも1つの回転装置100/アセンブリ100nの中に、一定量の投入エネルギーが導かれる。実施形態において、投入エネルギーは電気エネルギーを含む。実施形態において、熱消費システム/プロセス施設1000の中に統合された少なくとも1つの装置100中に投入エネルギーとして導かれる電気エネルギーの量は、約5~約100パーセントの範囲内、好ましくは約50~約100パーセントの範囲内で提供される。したがって、システム1000中に統合された少なくとも1つの装置100内に入力エネルギーとして導かれる電気エネルギーの量は、(総エネルギー投入量中)5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95および100パーセントのうちのいずれか1つ、または上述の点の間に入る任意の中間値を構成することができる。

【0187】

装置100は、流体媒質(フィード21)に対して少なくとも加熱器として作用する。加熱された流体は、流れ22として熱消費プロセス101に進入し、排出流24としてプロセス101/システム1000から退出する。流体の少なくとも一部を、システム内で再循環させ、フィード前処理に戻すことができる(矢印23:前処理ユニットは図示せず)。

【0188】

高温熱-熱消費システム1000は、こうして:鋼製造;セメント製造;水素および/または合成ガスの生産、例えば蒸気-メタン改質;メタンから水素、燃料および/または化学物質への変換;熱エネルギー貯蔵、例えば高温蓄熱;石油および/または石油化学産業

10

20

30

40

50

に関連するプロセス；吸熱反应用触媒プロセス；焼却による有害および／または有害物質の廃棄用プロセス；およびガラスウール、カーボンファイバおよびカーボンナノチューブ、レンガ、セラミック材料、磁器およびタイルなどの高温材料を製造するためのプロセスを非限定的に含めた少なくとも1つの熱消費プロセスを実施するように構成されている。

【0189】

一態様においては、流体媒質内に熱エネルギーを投入するための方法が提供されており、前記方法は、

(a) 本明細書中で上述された実施形態にしたがって実装され、かつ
 - 少なくとも1つの入口および少なくとも1つの出口を伴うケーシングと、
 - ロータシャフト上に組付けられたロータハブの周囲全体にわたって配設されたインパルスインペラブレードとして構成された少なくとも1つのロータブレード列を含むロータと、
 - それぞれロータブレードの少なくとも1つの列の上流側に配設された、少なくとも1つの固定ノズル案内ベーンと、
 - それぞれ、ロータブレードの少なくとも1つの列の下流側に配設された、少なくとも1つの固定ディフューザベーン列と、
 を含む回転装置(100)(100A、100B、100C)を得るステップと；

(b) プロセスが課す要件を満たす流体媒質流率に達するように、予め決定された速度または速度範囲にロータの回転速度を調整するステップと；

(c) 流体媒質の予熱レベルを調整するステップと；

(d) それぞれノズル案内ベーン、ロータブレードおよびディフューザベーンによって形成されるブレード／ベーン列を前記流体媒質流が連続的に通過するとき発生する一連のエネルギー変換によって、流体媒質流に対して、一定量の熱エネルギーを付与するような形で入口と出口の間でケーシングの内部に形成された流路に沿って流体媒質流を誘導するステップと；
 を少なくとも含む。

【0190】

該方法において、装置を通して伝搬する流体媒質流に投入される熱エネルギー量は、入口と出口の間でケーシングの内部に形成された流路の方向で、少なくとも1つのディフューザベーン列からの退出口と少なくとも1つのノズル案内ベーン列への進入口との間に形成された空間を変動させることによって調節される。

【0191】

実施形態において、流体媒質は、フィードガス、リサイクルガス、補給ガスおよびプロセス流体のうちのいずれか1つを含む。実施形態において、流体媒質は、本質的に気体形態で回転装置に進入する。実施形態において、流体媒質流の流率は、回転装置の動作中に調整可能である。流率の調整ステップは、ロータシャフトの回転速度を、任意には区分毎に調整することを通して実装可能である。

【0192】

当業者にとっては、技術の進歩に伴い、本発明の基本的発想をさまざまな形に実装してよいということは明白である。本発明およびその実施形態は概して、添付クレームの範囲内で変動してよい。

【 図 面 】

【 図 1 A 】

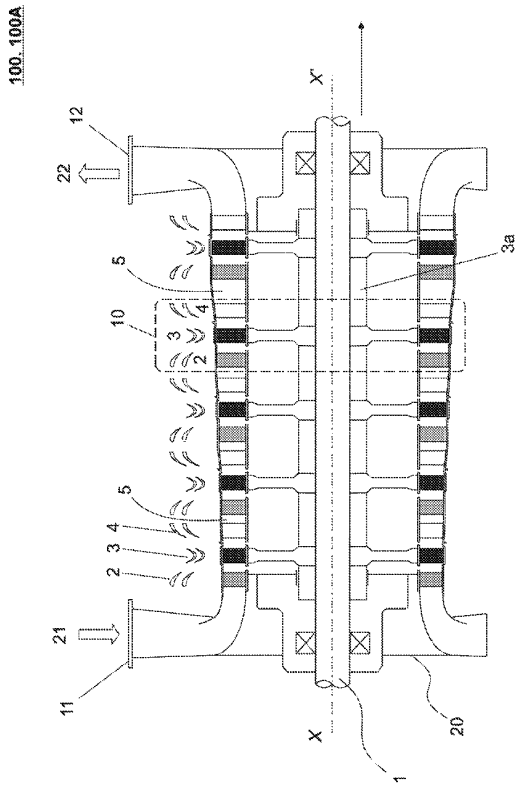


Figure 1A

【 図 1 B 】

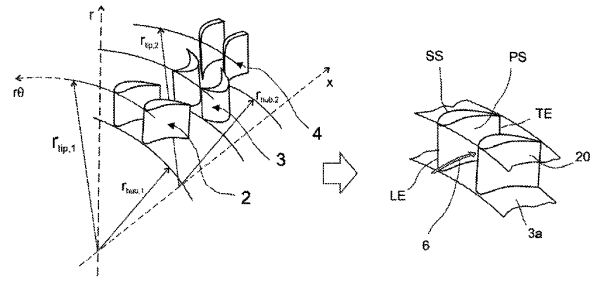
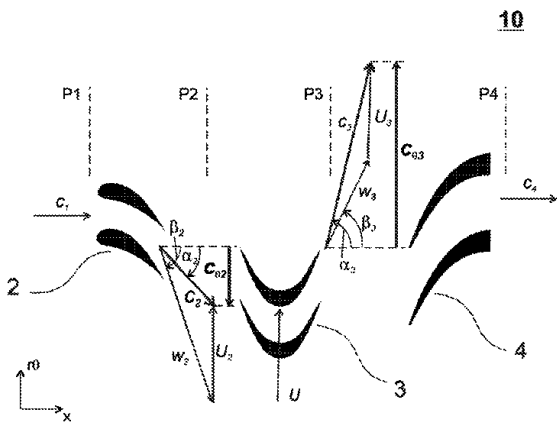


Figure 1B

10

20

【 図 1 C 】



10

Figure 1C

【 図 1 D 】

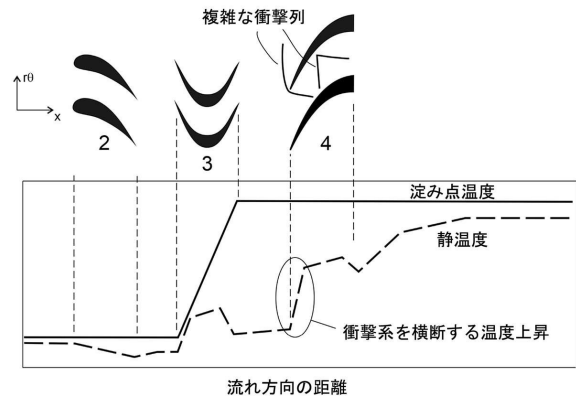


Figure 1D

30

40

50

【 図 2 A 】

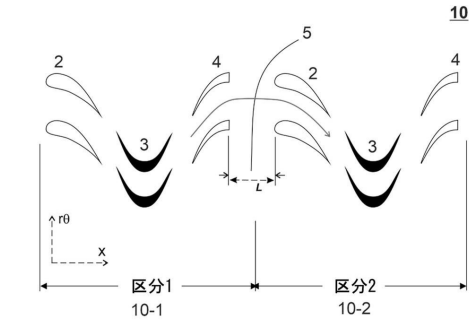


Figure 2A

【 図 2 B 】

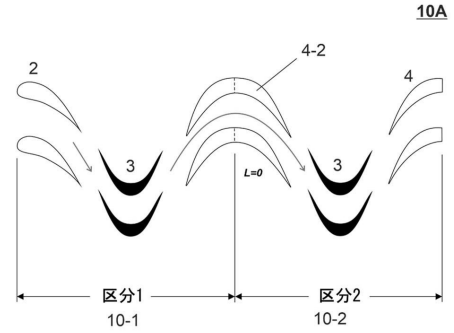


Figure 2B

10

【 図 3 A 】

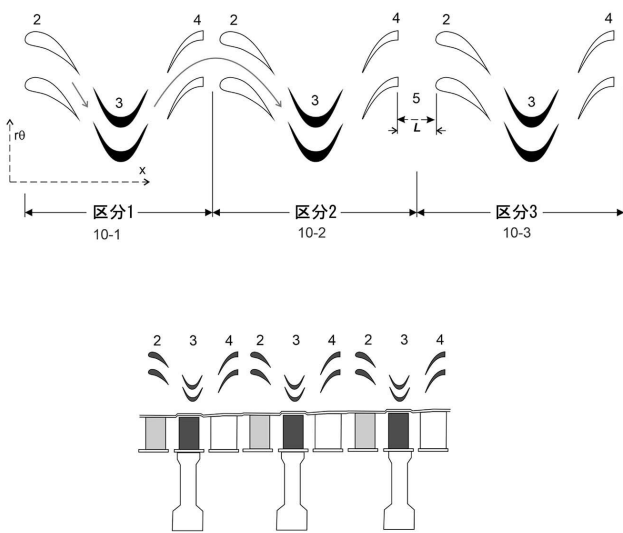


Figure 3A

【 図 3 B 】

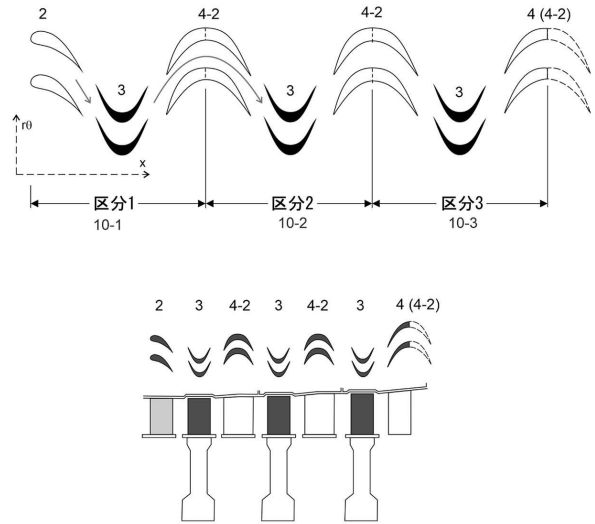


Figure 3B

20

30

40

50

【 図 3 C 】

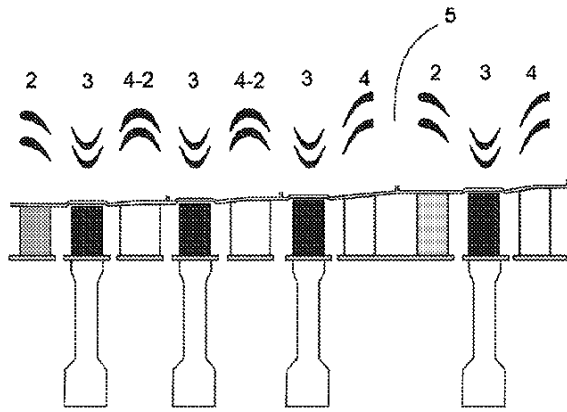


Figure 3C

【 図 4 】

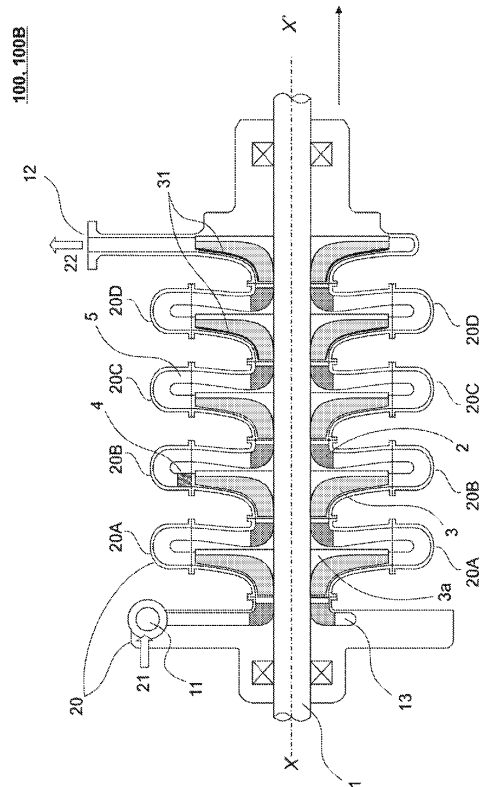


Figure 4

10

20

【 図 5 】

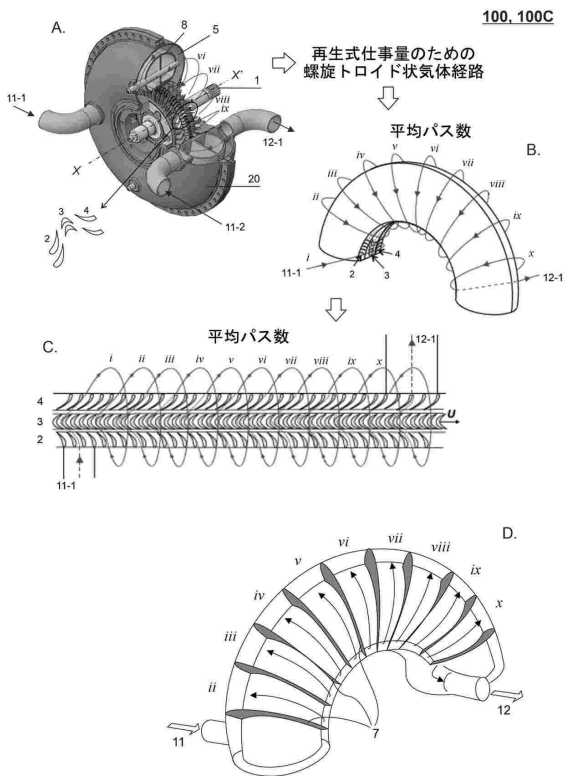


Figure 5

【 図 6 】

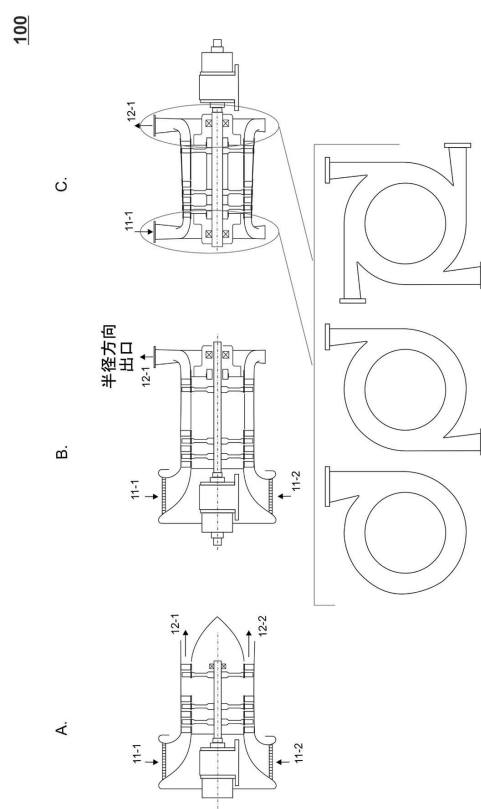


Figure 6

30

40

50

【 図 7 】

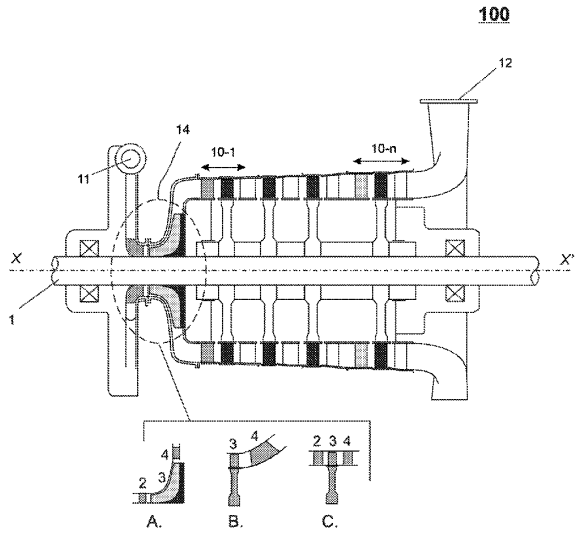


Figure 7

【 図 8 】

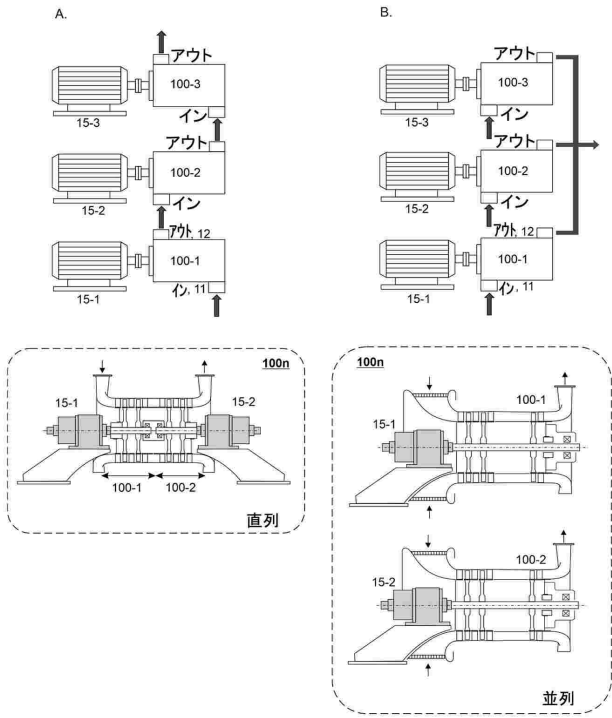


Figure 8

10

20

【 図 9 】

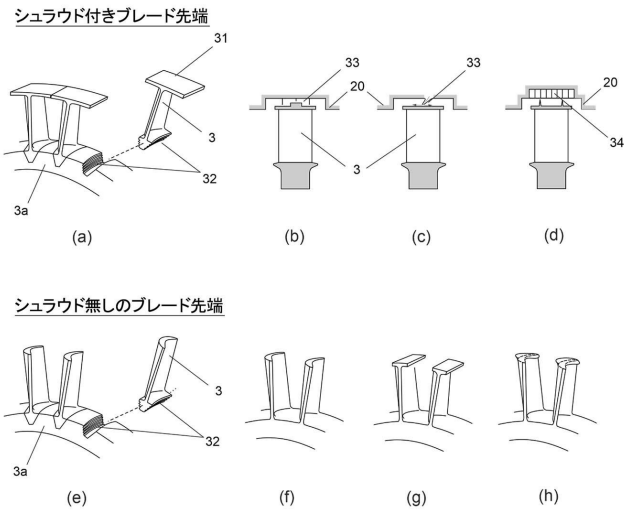


Figure 9

【 図 10 】

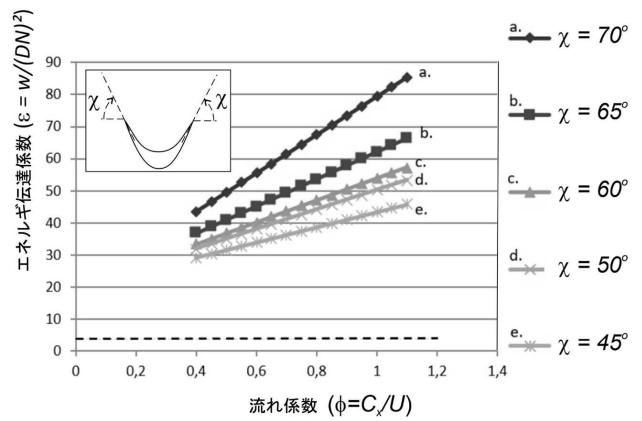


Figure 10

30

40

【 1 1 】

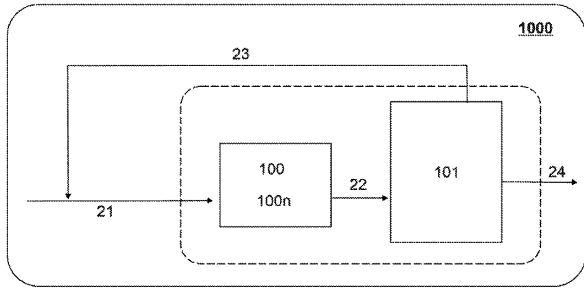


Figure 11

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/FI2022/050868
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
See extra sheet		
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)		
IPC: B01J, F24V, B01F, F04D, F01D, F02C, F25B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
FI, SE, NO, DK		
Electronic database consulted during the international search (name of database and, where practicable, search terms used)		
EPODOC, EPO-Internal full-text databases, Full-text translation databases from Asian languages, WPIAP, IPRally		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014243569 A1 (SEPPALA JUKKA [FI] et al.) 28 August 2014 (28.08.2014) the whole document, especially abstract; paragraphs [0006]–[0013], [0018], [0025], [0035], [0038], [0049], [0073]–[0086], [0115]; Figs 1, 2; claims 1, 3, 4, 5, 6, 11, 17–21, 31–36	1-43
A	US 2020114332 A1 (XU LIPING [GB] et al.) 16 April 2020 (16.04.2020) the whole document, especially abstract; paragraphs [0002], [0012]–[0034], [0070]–[0083], [0090]; Figs 1, 2; claims 1–9, 16–19, 27, 28, 30, 32, 39–42	1-43
A	EP 1063273 A1 (COOLBROOK LTD [VG]) 27 December 2000 (27.12.2000) the whole document, especially abstract; paragraphs [0017], [0020], [0021], [0029], [0033], [0046]–[0050], [0054], [0058]; Figs 1–3; claims 1–4	1-43
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"D"	document cited by the applicant in the international application	"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
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 14 February 2023 (14.02.2023)		Date of mailing of the international search report 14 February 2023 (14.02.2023)
Name and mailing address of the ISA/ FI Finnish Patent and Registration Office FI-00091 PRH, FINLAND Facsimile No. +358 29 509 5328		Authorized officer Kimmo Arola Telephone No. +358 29 509 5000

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FI2022/050868

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2020060919 A1 (DRESSER RAND CO [US]) 26 March 2020 (26.03.2020) the whole document, especially abstract; paragraphs [0006], [0007], [0025]–[0040]; Figs 1–4; claims 1–20	1-43
A	US 4357931 A (WOLPERT KENNETH R et al.) 09 November 1982 (09.11.1982) the whole document, especially abstract; column 2, line 34–column 3, line 26; column 3, line 49–column 5, line 47; Figs 1–4; claims 1–15	1-43

10

20

30

40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on Patent Family Members

International application No.
PCT/FI2022/050868

US 2014243569 A1	28/08/2014	US 9234140 B2	12/01/2016	10
.....				
US 2020114332 A1	16/04/2020	WO 2020074780 A1	16/04/2020	
		AU 2019356182 B2	20/01/2022	
		BR 112021006797 B1	10/05/2022	
		EA 202190990 A1	07/09/2021	
		BR 112021006797 A2	20/07/2021	
		JP 2021534969 A	16/12/2021	
		JP 7038258 B2	17/03/2022	
		CA 3115879 C	26/04/2022	
		CN 113015575 A	22/06/2021	
		EP 3863761 A1	18/08/2021	20
		KR 20210092205 A	23/07/2021	
		KR 102346861 B1	06/01/2022	
		AU 2019356182 A1	03/06/2021	
		US 10744480 B2	18/08/2020	
		SG 11202103630W A	28/05/2021	
		CA 3115879 A1	16/04/2020	
.....				
EP 1063273 A1	27/12/2000	NO 20004287 L	27/10/2000	
		GB 2372751 B	09/10/2002	
		DE 19982976 C2	19/12/2002	
		JP 3824488 B2	20/09/2006	
		CN 1298439 A	06/06/2001	30
		PL 191275 B1	28/04/2006	
		GB 2372751 A	04/09/2002	
		US 7232937 B2	19/06/2007	
		KR 100418360 B1	11/02/2004	
		CA 2323141 C	14/11/2006	
		DE 19982976 T1	08/03/2001	
		RU 2124039 C1	27/12/1998	
		ID 27565 A	12/04/2001	
		WO 9943765 A1	02/09/1999	
		RO 120574 B1	28/04/2006	
		US 2005137440 A1	23/06/2005	
		HU 0100875 A2	28/06/2001	40
		SK 285935 B6	02/11/2007	
		IL 138101 A	31/08/2005	
		GB 0207847 D0	15/05/2002	
		GB 2353802 B	07/08/2002	
		AU 753883 B2	31/10/2002	
		GB 2353802 A	07/03/2001	
		UA 45503 C2	15/04/2002	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FI2022/050868

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC
B01J 19/18 (2006.01)
F24V 40/00 (2018.01)
B01J 3/00 (2006.01)
B01F 31/00 (2022.01)
B01F 25/64 (2022.01)

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,MC,ME,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,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士 村上 智史

(72)発明者 リーピン シュ
イギリス国, ケンブリッジ シープイビー 5 8 エルティール, ホワイトヒル ロード 3

(72)発明者 ブディミール ロシック
イギリス国, オックスフォード オーエックス 1 4 エルエックス, マールボロー ロード 7 9

Fターム(参考) 4G075 AA03 AA43 AA44 AA63 BA06 BA10 CA02 DA02 DA18 EA05
EC09 ED02

【要約の続き】

入口(11)と出口(12)の間でケーシング(20)の内部に形成された流路の方向で、少なくとも1つのディフューザベーン列(4)からの退出口と少なくとも1つのノズル案内ベーン列(2)への進入口との間に形成された空間(5)が、装置を通して伝搬する流体媒質流への熱エネルギー投入量を調節するように可变的になっている。流体媒質内に熱エネルギーを投入するための関連する使用および方法が、さらに提供される。