

터 블레이드의 상류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2); 및 상기 적어도 한 열의 상기 로터 블레이드의 하류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)을 포함한다. 상기 회전 장치는, 유체 매체의 스트림이 상기 노즐 가이드 베인(2), 상기 로터 블레이드(3) 및 상기 디퓨저 베인(4)에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 상기 입구와 상기 출구 사이의 상기 케이싱 내부에 형성된 유동 경로를 따라 안내되는 유체 매체의 스트림에 열 에너지의 양을 부여하도록 구성되며, 상기 회전 장치에서, 상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인(4)으로부터의 출구와 상기 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인(2)으로의 입구 사이에, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 상기 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간(5)은, 상기 회전 장치를 통해 전달되는 상기 유체 매체의 스트림으로의 열 에너지의 입력의 양을 조절하기 위해 가변적으로 만들어진다. 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 관련 사용 및 방법이 추가로 제공된다.

(52) CPC특허분류

B01F 31/00 (2022.01)
B01J 19/1806 (2013.01)
B01J 19/1831 (2013.01)
F04D 19/02 (2013.01)
F04D 27/002 (2013.01)
F04D 27/0246 (2013.01)
F04D 29/544 (2013.01)
F04D 29/582 (2013.01)
F24H 9/0052 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 회전 장치(100)로서,

- 적어도 하나의 입구(11)와 적어도 하나의 출구(12)를 갖는 케이싱(20),
- 로터 샤프트(1)에 장착된 로터 허브(3a)의 둘레에 배열된 임펄스 임펠러 블레이드로 구성된 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)를 포함하는 로터,
- 상기 적어도 한 열의 상기 로터 블레이드의 상류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2), 및
- 상기 적어도 한 열의 상기 로터 블레이드의 하류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)을 포함하고,

상기 회전 장치는, 유체 매체의 스트림이 상기 노즐 가이드 베인(2), 상기 로터 블레이드(3) 및 상기 디퓨저 베인(4)에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 유동 경로를 따라 안내되는 유체 매체의 스트림에 열 에너지의 양을 부여하도록 구성되며,

상기 회전 장치에서, 상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인(4)으로부터의 출구와 상기 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인(2)으로의 입구 사이에, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 상기 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간(5)은, 상기 회전 장치를 통해 전달되는 상기 유체 매체의 스트림으로의 열 에너지 입력의 양을 조절하기 위해 가변적으로 만들어지는, 회전 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인(4)으로부터의 상기 출구와 상기 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인(2)으로의 상기 입구 사이에, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 상기 유동 경로의 방향으로, 형성된 상기 공간(5)은 적어도 크기 및 형상 측면에서 가변적으로 만들어지는, 회전 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 공간(5)은 베인이 없는, 회전 장치.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공간은 유동 성형 장치(들) 및/또는 가이드벽과 같은 유동 가이드 기구(들)(7)를 포함하는, 회전 장치.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2), 상기 적어도 한 열의 로터 블레이드(3) 및 상기 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)은, 상기 유체 매체의 스트림이 초음속으로 상기 적어도 한 열의 로터 블레이드를 빠져나와 상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인을 통과할 때, 상기 스트림이 감속되고 운동 에너지를 상기 유체 매체의 내부 에너지로 소실하며, 열 에너지의 양이 상기 유체 매체의 스트림에 추가되는 경우, 상기 로터의 블레이드를 회전시킴으로써 상기 유체 매체의 스트림에 추가된 운동 에너지의 양이, 상기 유체 매체의 온도를 미리 결정된 값으로 높이는 데 충분한, 조건을 생성하도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회전 장치를 통해 전달되는 상기 유체 매체의 스트림에 추가되는 상기 열 에너지의 양은, 제어된 방식으로, 상기 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2), 상기 적어도 한 열의 로터 블레이드(3) 및 상기 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4) 각각을 통한 상기 유체 매체의 스트림의 연속적인 전달 동안, 충격파의 시스템의 발생에 의해 생성되는, 회전 장치.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2)은, 상기 로터로부터의 에너지 입력 수준과 상기 유체의 속도를 제어하도록, 상기 유체 매체의 스트림을 로터 블레이드의 회전과 반대되는 원주 방향으로 상기 로터 블레이드(3)의 열(들)을 향하여 안내하는, 유동 조절 장치로 구성되는, 회전 장치.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고정 노즐 가이드 베인(2)은, 축 방향에서 볼 때 약 45도 내지 약 75도 사이의 범위 내의 상대 블레이드 각도로 상기 로터 블레이드(3)의 열에 유입시키기 위해 상기 유체 매체의 스트림을 안내하도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 블레이드(3)는, 상기 로터의 회전 시, 상기 고정 노즐 가이드 베인(2)으로부터 상기 유체 매체의 스트림을 수용하고, 상기 스트림을 초음속으로 가속하여 점선 속도를 증가시킴으로써 공정 유체에 기계적 에너지를 부여하도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 블레이드 열(들)(3)은 축 방향, 대각선 방향 또는 반경 방향 중 어느 하나로부터 유입되는 상기 유체 매체의 스트림을 수용하고 상기 유체 매체의 스트림이 적어도 2배 가속되도록 유속의 변화를 일으키도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터는, 상기 로터 블레이드의 프로파일 및 치수와 상기 로터 허브에서의 상기 로터 블레이드의 배치 측면에서, 상기 유체 매체의 스트림으로의 기계적 에너지 입력을 제어하도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 12

청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인(4)은, 상기 유체 매체의 기계적 에너지를 상기 유체 매체의 열 에너지로 변환하는, 에너지 변환 장치로 구성되는, 회전 장치.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터는, 상기 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)를 덮도록 구성된 슈라우드(shroud)(31)를 포함하는, 회전 장치.

청구항 14

청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고정 노즐 가이드 베인(2)의 열, 상기 로터 블레이드(3)의 열 및 상기 고정 디퓨저 베인(4)의 열은, 완전한 에너지 변환 사이클을 이뤄 내도록 구성된, 에너지 전달 스테이지(10)를 설정하는, 회전 장치.

청구항 15

청구항 1 내지 청구항 14 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)과 상기 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2) 사이의 거리(L)는 가변적인, 회전 장치.

청구항 16

청구항 1 내지 청구항 15 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 샤프트(1)에 연속적으로 배열된 적어도 2개의 열의 로터 블레이드(3)를 포함하는, 회전 장치.

청구항 17

청구항 1 내지 청구항 16 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 에너지 전달 스테이지를 포함하며, 상기 에너지 전달 스테이지의 개수는 적어도 2개인, 회전 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

병렬 및/또는 직렬로 배열된 다수의 에너지 전달 스테이지(10)를 포함하는, 회전 장치.

청구항 19

청구항 17 또는 청구항 18에 있어서,

제1 에너지 전달 스테이지(10-1)의 상기 고정 디퓨저 베인(4)의 열과 상기 제1 에너지 전달 스테이지에 연속하는 제2 에너지 전달 스테이지(10-2)의 상기 고정 노즐 가이드 베인(2)의 열 사이의 거리로 정의되는, 상기 에너지 전달 스테이지(10) 사이의 상기 거리(L)는 가변적인, 회전 장치.

청구항 20

청구항 17 내지 청구항 19 중 어느 한 항에 있어서,

상기 에너지 전달 스테이지(10) 사이의 상기 거리(L)는, 혼합 수준 및/또는 압력 수준과 같은, 요구되는 유동 조건에 기초하여 가변적으로 만들어지는, 회전 장치.

청구항 21

청구항 17 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 있어서,

제1 에너지 전달 스테이지(10-1)의 상기 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)과 상기 제1 에너지 전달 스테이지에 연속하는 제2 에너지 전달 스테이지(10-2)의 상기 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2)이 합쳐져 결합된 블레이드 열(4-2)을 형성하고, 이에 의해 상기 제1 에너지 전달 스테이지와 상기 연속적인 제2 에너지 전달 스테이지 사이의 상기 거리는 0으로 설정되는, 회전 장치.

청구항 22

청구항 1 내지 청구항 21 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 블레이드의 대응하는 열에 걸쳐 압력을 조정하도록 구성된 적어도 하나의 스테이지(14)를 더 포함하는, 회전 장치.

청구항 23

청구항 1 내지 청구항 22 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 에너지 전달 스테이지(10) 및 각각의 압력 조정 스테이지(14)는, 그 구조 및/또는 그 작동에 대한 제어성 측면에서, 다른 스테이지와 독립적으로 설정되는, 회전 장치.

청구항 24

청구항 1 내지 청구항 23 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고정 베인(2, 4) 및/또는 상기 로터 블레이드(3)는, 상기 회전 장치의 작동 동안, 적어도 치수, 정렬 및 공간적 배치 측면에서, 각각의 스테이지 내에서 개별적으로 조정 가능한, 회전 장치.

청구항 25

청구항 1 내지 청구항 24 중 어느 한 항에 있어서,

선택적으로 상기 입구(11)에서 상기 출구(12) 방향으로, 단계적으로 가변적으로 구성된 블레이드 반경을 갖는 로터 블레이드 열(3)을 포함하는, 회전 장치.

청구항 26

청구항 1 내지 청구항 25 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 하나의 입구(11) 또는 상기 적어도 하나의 입구를 포함하는 스테이지는, 반경 방향에서 축 방향으로의 전이 덕트 또는 다수의 원주 방향 섹터 또는 다양한 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 입구 속도 구성요소를 갖는 파이프를 통해, 상기 유체 매체의 스트림을 수용하도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 27

청구항 1 내지 청구항 26 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 하나의 출구(12) 또는 상기 적어도 하나의 출구를 포함하는 스테이지는, 적어도 하나의 파이프 및/또는 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 덕트를 갖는 원주 방향 볼류트(volute)로 구성되는, 회전 장치.

청구항 28

청구항 1 내지 청구항 27 중 어느 한 항에 있어서,

마지막 에너지 전달 스테이지의 하류에 배열된 터보팽창기 장치(turboexpander device)를 더 포함하는, 회전 장치.

청구항 29

청구항 1 내지 청구항 28 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 하나의 전기 구동 엔진(15)에 의해 구동됨으로써 전기적으로 작동되도록 구성되는, 회전 장치.

청구항 30

청구항 1 내지 청구항 29 중 어느 한 항에 있어서,

온도 저항성 코팅 및/또는 온도 저항성 재료로 만들어진 구성요소를 선택적으로 함께 갖는 냉각 설비를 더 포함하는, 회전 장치.

청구항 31

청구항 1 내지 청구항 30 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 촉매 표면 및/또는 촉매 요소가 더 제공되는, 회전 장치.

청구항 32

청구항 1 내지 청구항 31 중 어느 한 항에 따라 정의된 회전 장치의 사용에 있어서,

섭씨 약 500도(°C) 이상 온도, 바람직하게는, 약 1000도°C 이상의 온도, 더욱 바람직하게는 약 1400°C 이상의 온도, 및 더욱 바람직하게는, 약 1700도°C 이상의 온도로 가열된 상기 유체 매체의 생성에 있어서의 상기 회전 장치의 사용.

청구항 33

청구항 32에 있어서,

에너지 전달 스테이지(10)마다 달성 가능한 온도 상승이 10 내지 1000°C 범위 내에 있는, 회전 장치의 사용.

청구항 34

적어도 기능적으로 병렬 또는 직렬로 연결되는, 청구항 1 내지 청구항 32 중 어느 한 항에 따른 적어도 2개의 회전 장치(100)를 포함하는 조립체(100n).

청구항 35

청구항 34에 있어서,

상기 적어도 2개의 회전 장치는 서로 거울처럼 연결되어 있으며, 이에 의해 그들의 샤프트는 적어도 기능적으로 연결된, 조립체.

청구항 36

적어도 하나의 열-소비 유닛(101)에 연결된, 청구항 1 내지 청구항 31 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 회전 장치(100)를 포함하는, 설비.

청구항 37

청구항 36에 있어서,

상기 열-소비 유닛(101)은 퍼니스(furnace), 오븐, 가마, 히터, 버너, 소각로, 보일러, 건조기, 컨베이어 장치, 반응기 장치 또는 이들의 조합 중 어느 하나인, 설비.

청구항 38

산업적 열-소비 공정을 구현하도록 구성되고, 청구항 1 내지 청구항 31 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 회전 장치(100)를 포함하는, 열-소비 시스템(1000).

청구항 39

청구항 38에 있어서,

상기 산업적 열-소비 공정은, 철강 제조; 시멘트 제조; 스팀-메탄 개질과 같은, 수소 및/또는 합성 가스의 생산; 메탄을 수소, 연료 및/또는 화학물질로 변환; 고온 열 저장과 같은, 열 에너지 저장; 석유 및/또는 석유 화학 산업과 관련된 공정; 흡열 반응을 위한 촉매 공정; 소각을 통한 유해 및/또는 독성 물질의 처리 공정, 및 글라스 울(glass wool), 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 벽돌, 세라믹 재료, 도자기 및 타일과 같은, 고온 재료를 제조하기 위한 공정으로 구성된 그룹에서 선택되는, 열-소비 시스템.

청구항 40

유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법으로서,

- 적어도 하나의 입구(11)와 적어도 하나의 출구(12)를 갖는 케이싱(20),
- 로터 샤프트(1)에 장착된 로터 허브(3a)의 둘레에 배열된 임펄스 임펠러 블레이드로 구성된 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)를 포함하는 로터,
- 상기 적어도 한 열의 상기 로터 블레이드의 상류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(2), 및

- 상기 적어도 한 열의 상기 로터 블레이드의 하류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)을 포함하는

(a) 회전 장치(100)를 얻는 단계;

(b) 공정에 의해 부과된 요구사항을 만족하는 상기 유체 매체 유량에 도달하기 위해 상기 로터의 회전 속도를 미리 결정된 속도 또는 속도 범위로 조정하는 단계;

(c) 상기 유체 매체의 예열 수준을 조정하는 단계; 및

(d) 유체 매체의 스트림이 상기 노즐 가이드 베인(2), 상기 로터 블레이드(3) 및 상기 디퓨저 베인(4)에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 유체 매체의 스트림에 열 에너지의 양을 부여하도록, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 유동 경로를 따라 유체 매체의 스트림을 안내하는 단계를 포함하고,

상기 방법에서, 상기 회전 장치를 통해 전달되는 상기 유체 매체의 스트림으로의 열 에너지 입력의 양은, 상기 적어도 한 열의 디퓨저 베인(4)으로부터의 출구와 상기 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인(2)으로의 입구 사이에, 상기 입구(11)와 상기 출구(12) 사이의 상기 케이싱(20) 내부에 형성된 상기 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간(5)을 변경함으로써 조절되는, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법.

청구항 41

청구항 40에 있어서,

상기 유체 매체는 공급 가스, 재순환 가스, 보충 가스, 및 공정 유체 중 어느 하나를 포함하는, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법.

청구항 42

청구항 40 또는 청구항 41에 있어서,

상기 유체 매체가 본질적으로 기체 형태로 상기 회전 장치에 유입되는, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법.

청구항 43

청구항 40 내지 청구항 42 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유체 매체 유량은 상기 회전 장치의 작동 동안 조정 가능한, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회전식 터보기계 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 유체에 열 에너지(열)를 입력하기 위해 구성된 회전 장치, 관련 설비, 방법 및 사용에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제조된 제품의 생산과 관련된 재료의 준비 또는 가공에 사용되는 열 에너지로 정의되는 산업 공정 열은 보통 전 세계 산업 에너지 소비의 2/3 이상을 차지한다. 세계 경제를 지원하는 주요 산업은, 예를 들어 비금속 재료 가공(주로 시멘트), 천연 가스에서의 수소 생산, 수명이 다한 플라스틱의 소각, 화학 산업 고온 열 공정(예를 들어, 탄화수소를 대량 화학물질로 분해하고 석회석을 시멘트 클링커(clinker)로 변형시키는 핵심 공정), 철 및 철강 생산(예를 들어, 철강을 녹이고 형성하는 핵심 공정) 및 이렇게 생성된 오프가스(off-gas)를 대량 화학물질의 공급원료로서의 활용을 포함한 고온 열 공정을 활용한다.

[0003] 전술한 공정의 대부분은 섭씨 약 850 내지 1600도(°C) 범위 이내와 같은 매우 높은 온도를 요구하므로, 에너지가 많이 요구된다. 일반적으로 이러한 공정은, 열 에너지에 대한 수요가 높으므로, 열 소비를 위해, 예를 들어 연소식 히터와 같은 가열 유틸리티를 사용한다. 열을 생산하기 위해, 이러한 유틸리티는 천연 가스 및 석탄과

같은 화석 연료를 사용한다. 화석 연료의 연소는 온실 가스 배출과 그을음 및 스모그와 같은 대기 오염물질의 대부분을 발생시키며, 이는 노출된 사람들 사이에서 폐암, 심장병 및 다양한 호흡기 질환의 위험을 현저하게 증가시킨다. 화석 연료를 목재나 기타 바이오-기반 재료로 대체하는 것은 상당한 자원 제한 및 지속 가능한 토지 이용과 같은 기타 환경적 영향이 있다.

[0004] 전술한 모든 내용은 에너지/열-집약적 산업에 사용되는 에너지원과 기술에 대한 엄격한 요구사항을 설정한다. 이러한 공정 중 일부(예를 들어 철강을 녹이기 위한 전기 아크 퍼니스(electric arc furnace))에서 전기와 같은 "녹색" 에너지를 활용하려는 시도가 이루어지고 있지만, 대부분의 경우, 고온 열 공정을 보다 에너지 효율적이고 환경 친화적으로 만들려면 근본적인 산업 공정의 기본을 변경해야 하며, 이는 대체 에너지원의 사용뿐만 아니라 기존 장비를 재설계하는 것을 의미한다. 현재로서는, 그렇게 할 수 있는 기술이나 경제성이 아직 갖춰져 있지 않다.

[0005] 대체로, 회전식 터보기계는 유체에 열을 전달하는 것(압축기, 팬 또는 펌프)으로 잘 알려져 있다. 그러나, 예를 들어 종래의 압축기 장치에서의 작업 입력은 상대적으로 낮다.

[0006] 가열 목적으로 다수의 회전식 솔루션이 제안되었다. 따라서, US 11,098,725 B2(Sanger et al)는 가열된 유체 및/또는 가압된 유체의 스트림(stream)을 선택적으로 발생시키도록 작동 가능한 유체역학적 히터 펌프 장치를 개시한다. 언급된 유체역학적 히터 펌프는 차량의 승객 객실을 따뜻하게 하기 위한 열을 제공하고 윈도우 얼음 제거(window deicing) 및 엔진 냉각과 같은 기타 기능을 제공하기 위해 자동차 냉각 시스템에 통합되도록 설계되었다. 개시된 장치는 엔진을 냉각시키기 위한 가압된 유체의 스트림을 제공할 수도 있다. 개시된 기술은 마찰을 기반으로 하며, 가열되는 유체가 액체이기 때문에, 제시된 설계는 가스 공기역학의 극심한 난류와 관련된 조건에 적합하지 않다.

[0007] US 7,614,367 B1(Frick)은 회전 운동 에너지를 열로 변환함으로써 유체를 화염 없이 가열, 농축 또는 증발시키는 시스템 및 방법을 개시한다. 유체 가열을 위해 구성된 시스템은, 모두 폐-루프(closed-loop) 유체 연통되는, 회전식 운동 에너지 발생기, 회전식 가열 장치 및 1차 열 교환기를 포함할 수 있다. 회전식 가열 장치는 워터 브레이크 동력계(water brake dynamometer)일 수 있다. 이 문서는 해양 시추 또는 생산 플랫폼에서 물을 가열하기 위한 시스템의 사용을 개시한다. 그러나, 제시된 시스템은 가스 매체를 가열하는 데 적합하지 않으며, (액체 안정성, 증기압 등으로 인해) 고온 및 극고온에서도 실행될 수 없다.

[0008] 또한, 터보기계형 장치는 탄화수소(스팀) 분해 공정을 구현하고, 에틸렌, 프로필렌과 같은 목표 생성물의 수율을 최대화하는 것을 목표로 하는 것으로 알려져 있다.

[0009] 전술한 기술 중 어느 것도, 고온 열 집약적 공정 및 관련 장비로의 에너지 인풋 증가와 관련된 장애물로 인해, 위에서 확인된 문제에 대한 합리적인 솔루션을 제공하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 이와 관련하여, 효율적이고 환경 친화적인 방식으로 유체 물질의 온도를 높이는 것과 관련된 문제를 해결하는 관점에서, 효율적인 가열 시스템의 설계 및 제조와 관련된 기술 분야, 특히 고온 및 극고온 관련 응용 분야에 적합한 기술 분야의 업데이트가 여전히 요구되고 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 목적은 관련 기술의 한계와 단점으로 인해 발생하는 각각의 문제를 해결하거나 적어도 완화시키는 것이다. 목적은 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 회전 장치, 관련 설비, 방법 및 사용의 다양한 실시예에 의해 달성된다. 이에 의해, 본 발명의 일 측면에서, 독립 청구항 1에 정의된 것에 따라, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 회전 장치가 제공된다.

[0012] 실시예에서, 회전 장치는 적어도 하나의 입구와 적어도 하나의 출구를 갖는 케이싱(casing); 로터 샤프트(rotor shaft)에 장착된 로터 허브(rotor hub)의 둘레에 배열된 임펄스 임펠러 블레이드(impulse impeller blade)로 구성된 적어도 한 열의 로터 블레이드(rotor blade)를 포함하는 로터(rotor); 적어도 한 열의 로터 블레이드의 상류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인(stationary nozzle guide vane); 및 적어도 한 열의 로터 블레이드의 하류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(stationary diffuser vane)을 포함하고,

- [0013] 회전 장치는, 상기 유체 매체의 스트림이 노즐 가이드 베인, 로터 블레이드 및 디퓨저 베인에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 입구와 출구 사이의 케이싱 내부에 형성된 유동 경로를 따라 안내되는 유체 매체의 스트림에 열 에너지의 양을 부여하도록 구성되며,
- [0014] 상기 회전 장치에서, 적어도 한 열의 디퓨저 베인으로부터의 출구와 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인으로서의 입구 사이에, 입구와 출구 사이의 케이싱 내부에 형성된 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간은, 회전 장치를 통해 전달되는 유체 매체의 스트림으로서의 열 에너지 입력의 양을 조절하기 위해 가변적으로 만들어진다.
- [0015] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 적어도 한 열의 디퓨저 베인으로부터의 출구와 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인으로서의 입구 사이에, 입구와 출구 사이의 케이싱 내부에 형성된 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간은 적어도 크기 및 형상 측면에서 가변적으로 만들어진다.
- [0016] 실시예에서, 상기 공간은 베인이 없다. 실시예에서, 상기 공간은 유동 성형 장치(들) 및/또는 가이드벽과 같은 유동 가이드 기구(들)를 포함한다.
- [0017] 실시예에서, 상기 회전 장치에서 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인, 적어도 한 열의 로터 블레이드 및 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인은, 상기 유체 매체의 스트림이 초음속으로 적어도 한 열의 로터 블레이드를 빠져나와 적어도 한 열의 디퓨저 베인을 통과할 때, 스트림이 감속되고 운동 에너지를 유체 매체의 내부 에너지로 소실하며, 열 에너지의 양이 유체 매체의 스트림에 추가되는 경우, 로터의 블레이드를 회전시킴으로써 유체 매체의 스트림에 추가된 운동 에너지의 양이, 유체 매체의 온도를 미리 결정된 값으로 높이는 데 충분한, 조건을 생성하도록 구성된다.
- [0018] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 회전 장치를 통해 전달되는 유체 매체의 스트림에 추가되는 열 에너지의 양은, 제어된 방식으로, 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인, 적어도 한 열의 로터 블레이드 및 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인 각각을 통한 상기 유체 매체의 스트림의 연속적인 전달 동안, 충격파의 시스템의 발생에 의해 생성된다.
- [0019] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인은, 로터로부터의 에너지 입력 수준과 유체의 속도를 제어하도록, 유체 매체의 스트림을 로터 블레이드의 회전과 반대되는 원주 방향으로 로터 블레이드의 열(들)을 향하여 안내하는, 유동 조절 장치로 구성된다.
- [0020] 실시예에서, 고정 노즐 가이드 베인은, 축 방향에서 볼 때 약 45도 내지 약 75도 사이의 범위 내의 상대 블레이드 각도로 로터 블레이드의 열에 유입시키기 위해 유체 매체의 스트림을 안내하도록 구성된다.
- [0021] 실시예에서, 로터 블레이드는, 로터의 회전 시, 고정 노즐 가이드 베인으로부터 유체 매체의 스트림을 수용하고, 상기 스트림을 초음속으로 가속하여 접선 속도를 증가시킴으로써 공정 유체에 기계적 에너지를 부여하도록 구성된다.
- [0022] 실시예에서, 로터 블레이드 열(들)은 축 방향, 대각선 방향 또는 반경 방향 중 어느 하나로부터 유입되는 유체 매체의 스트림을 수용하고 유체 매체의 스트림이 적어도 2배 가속되도록 유속의 변화를 일으키도록 구성된다.
- [0023] 실시예에서, 로터는, 로터 블레이드의 프로파일 및 치수와 로터 허브에서의 로터 블레이드의 배치 측면에서, 유체 매체의 스트림으로서의 기계적 에너지 입력을 제어하도록, 구성된다.
- [0024] 실시예에서, 적어도 한 열의 디퓨저 베인은, 유체 매체의 기계적 에너지를 상기 유체 매체의 열 에너지로 변환하는, 에너지 변환 장치로 구성된다.
- [0025] 실시예에서, 로터는, 적어도 한 열의 로터 블레이드를 덮도록 구성된 슈라우드(shroud)를 포함한다.
- [0026] 실시예에서, 고정 노즐 가이드 베인의 열, 로터 블레이드의 열 및 고정 디퓨저 베인의 열은, 완전한 에너지 변환 사이클을 이뤄 내도록 구성된, 에너지 전달 스테이지를 설정한다.
- [0027] 실시예에서, 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인과 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인 사이의 거리는 가변적이다.
- [0028] 실시예에서, 회전 장치는 로터 샤프트에 연속적으로 배열된 적어도 2개의 열의 로터 블레이드를 포함한다.
- [0029] 실시예에서, 회전 장치는 다수의 에너지 전달 스테이지를 포함하며, 상기 에너지 전달 스테이지의 개수는 적어도 2개이다.

- [0030] 실시예에서, 회전 장치는 병렬 및/또는 직렬로 배열된 다수의 에너지 전달 스테이지를 포함한다.
- [0031] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 제1 에너지 전달 스테이지의 고정 디퓨저 베인의 열과 제1 에너지 전달 스테이지에 연속하는 제2 에너지 전달 스테이지의 고정 노즐 가이드 베인의 열 사이의 거리로 정의되는, 에너지 전달 스테이지 사이의 거리는 가변적이다.
- [0032] 실시예에서, 에너지 전달 스테이지 사이의 거리는, 혼합 수준 및/또는 압력 수준과 같은, 요구되는 유동 조건에 기초하여 가변적으로 만들어진다.
- [0033] 실시예에서, 제1 에너지 전달 스테이지의 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인과 제1 에너지 전달 스테이지에 연속하는 제2 에너지 전달 스테이지의 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인이 합쳐져 결합된 블레이드 열을 형성하고, 이에 의해 제1 에너지 전달 스테이지 및 연속적인 제2 에너지 전달 스테이지 사이의 거리는 0으로 설정된다.
- [0034] 실시예에서, 회전 장치는 로터 블레이드의 대응하는 열에 걸쳐 압력을 조정하도록 구성된 적어도 하나의 스테이지를 더 포함한다.
- [0035] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 각각의 에너지 전달 스테이지 및 각각의 압력 조정 스테이지는, 그 구조 및/또는 그 작동에 대한 제어성 측면에서, 다른 스테이지와 독립적으로 설정된다.
- [0036] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 고정 베인 및/또는 로터 블레이드는, 회전 장치의 작동 동안, 적어도 치수, 정렬 및 공간적 배치 측면에서, 각각의 스테이지 내에서 개별적으로 조정 가능하다.
- [0037] 실시예에서, 회전 장치는, 선택적으로 입구에서 출구 방향으로, 단계적으로 가변적으로 구성된 블레이드 반경을 갖는 로터 블레이드 열을 포함한다.
- [0038] 실시예에서, 상기 회전 장치에서, 적어도 하나의 입구 또는 적어도 하나의 입구를 포함하는 스테이지는, 반경 방향에서 축 방향으로의 전이 덕트 또는 다수의 원주 방향 섹터 또는 다양한 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 입구 속도 구성요소를 갖는 파이프를 통해, 유체 매체의 스트림을 수용하도록 구성된다.
- [0039] 실시예에서, 적어도 하나의 출구 또는 적어도 하나의 출구를 포함하는 스테이지는, 적어도 하나의 파이프 및/또는 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 덕트를 갖는 원주 방향 볼류트(volute)로 구성된다.
- [0040] 실시예에서, 회전 장치는 마지막 에너지 전달 스테이지의 하류에 배열된 터보팽창기 장치(turboexpander device)를 더 포함한다.
- [0041] 실시예에서, 회전 장치는 적어도 하나의 전기 구동 엔진에 의해 구동됨으로써 전기적으로 작동되도록 구성된다.
- [0042] 실시예에서, 회전 장치는 온도 저항성 코팅 및/또는 온도 저항성 재료로 만들어진 구성요소를 선택적으로 함께 갖는 냉각 설비를 더 포함한다.
- [0043] 실시예에서, 회전 장치에는 다수의 촉매 표면 및/또는 촉매 요소가 더 제공된다.
- [0044] 다른 측면에서, 독립 청구항 32에 정의된 것에 따라, 섭씨 약 500도(°C) 이상의 온도로 가열된 유체 매체의 생성에 있어서 상기 회전 장치의 사용이 제공된다. 실시예에서, 약 1000°C 이상의 온도, 바람직하게는, 약 1400°C 이상의 온도, 더욱 바람직하게는, 약 1700°C 이상의 온도로 가열된 유체 매체의 생성에 있어서의 상기 회전 장치의 사용이 제공된다.
- [0045] 실시예에서, 에너지 전달 스테이지마다 달성 가능한 온도 상승이 유체 매체에 따라 10 내지 1000°C 범위 내에 있는, 회전 장치의 사용이 제공된다.
- [0046] 추가적인 측면에서, 독립 청구항 34에 정의된 바에 따라, 실시예에 따른 적어도 2개의 회전 장치를 포함하는 조립체가 제공된다. 실시예에서, 회전 장치는 적어도 기능적으로 병렬 또는 직렬로 연결된다. 실시예에서, 상기 적어도 2개의 회전 장치는 서로 거울처럼 연결되어 있으며, 이에 의해 그들의 샤프트는 적어도 기능적으로 연결된다.
- [0047] 추가적인 측면에서, 독립 청구항 36에 정의된 바에 따라, 적어도 하나의 열-소비 유닛에 연결된, 실시예에 따른 적어도 하나의 회전 장치를 포함하는 설비가 제공된다. 실시예에서, 열-소비 유닛은 퍼니스(furnace), 오븐, 가마, 히터, 버너, 소각로, 보일러, 건조기, 컨베이어 장치, 반응기 장치 또는 이들의 조합 중 어느 하나이다.
- [0048] 추가적인 측면에서, 독립 청구항 38에 정의된 바와 같이, 산업적 열-소비 공정을 구현하도록 구성되고, 실시예

에 따른 적어도 하나의 회전 장치를 포함하는 열-소비 시스템이 제공된다.

- [0049] 실시예에서, 산업적 열-소비 공정은, 철강 제조; 시멘트 제조; 스티프-메탄 개질과 같은, 수소 및/또는 합성 가스의 생산; 메탄을 수소, 연료 및/또는 화학물질로 변환; 고온 열 저장과 같은 열 에너지 저장; 석유 및/또는 석유화학 산업과 관련된 공정; 흡열 반응을 위한 촉매 공정; 소각을 통한 유해 및/또는 독성 물질의 처리 공정, 및 글라스 울(glass wool), 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 벽돌, 세라믹 재료, 도자기 및 타일과 같은, 고온 재료를 제조하기 위한 공정으로 구성된 그룹에서 선택된다.
- [0050] 또 다른 측면에서, 독립 청구항 40에 정의된 것에 따라, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법이 제공된다.
- [0051] 본 발명의 유용성은 각각의 특정 실시예에 따른 다양한 이유로부터 발생한다.
- [0052] 전반적으로, 본 발명은 에너지 소비 기계 내에서 작업 입력을 최대화(및 증가)하는 것을 목표로 하는 회전식 유체 히터를 제공한다. 본 발명에 따른 장치 및 방법은 가스와 같은 유체를, 비용 및 에너지 효율적인 방식으로, 일반적으로 500°C를 초과하는 온도와 같은, 고온 및 극고온으로 가열하는 것을 가능하게 한다. 본 발명의 개념에서, 회전 장치는 다양한 열-소비 공정 응용 분야에서 직접적인 또는 간접적인 가열을 위한 기존의 가열식 히터 또는 퍼니스 공정을 대체하는 데 사용될 수 있다.
- [0053] 따라서 실시예에 따른 회전 장치는, 약 500°C 내지 약 2000°C 범위 내의 온도, 즉 대량 화학물질의 생산, 철강 및 비금속 광물의 제조, 석유 처리 및 정제, 및 기타 열-소비 공정을 포함하되, 이에 국한되지 않는 광범위한 산업 응용 분야에서 사용되는 온도로, 유체 물질을 가열하는 것을 가능하게 한다. 극고온의 범위까지 유체를 가열하는 것은 여기에 제안된 장치 솔루션을 실현하는 고급 냉각 기술을 사용함으로써 달성된다.
- [0054] 또한, 본 발명의 회전 장치는 전기식 히터 솔루션으로 구성될 수 있다. 전기식 히터 솔루션 사용의 이점은 기존 가열식 히터에서 재생 불가능한 연료를 연소함으로써 인해 발생하는 (NO, CO₂, CO, NO_x와 같은) 온실가스 배출 및 (HCl, H₂S, SO₂, 중금속, 입자 배출과 같은) 기타 유해 성분을 제거하거나 최소한 크게 줄이는 것을 포함한다.
- [0055] 회전 장치는 1700 내지 2000°C 이상의 온도 및 심지어 그 이상의 온도까지 유체를 전기식으로 가열하는 것을 가능하게 한다. 이러한 온도는 현재의 전기 가열 응용 분야로는 도달하기 어렵거나 불가능하다.
- [0056] 여기에 제시된 회전 장치는, 공정 가스, 불활성 가스, 공기 또는 기타 가스와 같은 다양한 유체를 직접 가열하거나, 유체(액체, 증기, 가스, 증기/액체 혼합물 등)를 간접적으로 가열하는 데 사용될 수 있다. 회전 장치에서 발생된 가열된 유체는 가스, 증기, 액체 및 고체 물질 중 어느 하나의 가열에 사용될 수 있다. 회전 장치는, 기존의 고체, 액체 또는 기체 화석 연료 또는 경우에 따라 바이오-기반 연료로 연소되거나 가열되는 다양한 유형의 퍼니스, 히터, 가마, 기화기 및 반응기 장치와 (예를 들어, 예열기로서) 결합될 수 있거나 적어도 부분적으로 대체할 수 있다.
- [0057] 짧은 시간 내에 광범위한 고온을 달성할 수 있는 기능과 결합된 유연한 설계 및 소형화 덕분에, 회전 장치 및 관련 조립체는 철강 제조에서 고온 열 저장에 이르는 다양한 산업 응용 분야에 사용될 수 있다. 본 발명은 기존 화석 연소 퍼니스에 비해 현장 투자 비용을 감소시킬 수 있다.
- [0058] 또한 제안된 장치 솔루션은 완전히 확장 가능하며; 개시된 장치는 본질적으로 임의의 크기 및 용량의 열-소비 산업 시설에서 사용하도록 구성될 수 있다. 확장 가능성이란 개별 장치의 크기 및 용량을 그에 따라 수정하는 것을 의미한다. 일반적으로, 장치의 확장 가능성은 그것의 전력 요구사항 및/또는 샤프트/로터 속도에 비례한다.
- [0059] 또한, 제안된 장치 솔루션에 의하여, 기존 압축기 장치에 비해 약 10배 더 높은, 상당히 향상된 작업 입력 성능이 달성될 수 있다.
- [0060] 여기서 "다수의"라는 표현은, 예를 들어, 1, 2 또는 3까지, 1부터 시작하는 임의의 양의 정수를 의미한다. 여기서 "복수의"라는 표현은, 예를 들어, 2, 3 또는 4까지, 2부터 시작하는 임의의 양의 정수를 의미한다. "제1" 및 "제2"라는 용어는, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 특정 순서나 중요성을 나타내지 않고 단순히 요소를 다른 요소와 구별하기 위해 사용된다.
- [0061] 여기서 "기화된"이라는 용어는 임의의 가능한 수단에 의해 물질이 가스 형태로 변환되는 것을 나타내기 위해 사용된다.

[0062] 여기서 "유체역학적"이라는 용어는 본 명세서에서 주로 가스로 표현되는 유체의 역학을 나타내기 위해 사용된다. 따라서 본 명세서에서 "유체역학적"이라는 용어는 달리 명시적으로 나타나지 않는 한, "공기역학적"이라는 용어와 동의어로 활용된다.

[0063] 본 발명의 다양한 실시예는 상세한 설명과 첨부된 도면을 고려하여 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0064] 도 1a는 실시예에 따라 구현된 장치(100)를 개략적으로 도시한다.
- 도 1b는 장치(100) 내의 고정 및 회전 블레이드 열의 배열을 도시한다.
- 도 1c는 에너지 전달 스테이지 내에서 로터 블레이더 입구 및 출구에서의 속도 삼각형을 개략적으로 도시한다.
- 도 1d는 실시예에 따른 장치(100)에서 연속적인 블레이드 열을 통해 유체가 전달될 때 충격 트레인(shock train)의 형성과 충격 시스템에 걸친 온도 상승을 개략적으로 도시한다.
- 도 2a 및 도 2b는 실시예(3개 및 2개의 블레이드 열)에 따른 장치(100)의 다단계 구성의 고정 및 회전 블레이드 열의 배열을 개략적으로 도시한다.
- 도 3a 및 도 3b는, 각각 도 2a 및 도 2b에 제시된 구성의 보다 상세한 도면을 제공한다. 도 3c는, 도 3a 및 3b에 도시된 실시예가 결합된, 에너지 전달 스테이지 솔루션을 도시한다.
- 도 4 및 도 5는 일부 실시예에 따라 구현된 장치(100)를 도시한다.
- 도 6은 장치(100)의 입구 및 출구 배열에 대한 예시적인 구성을 도시한다.
- 도 7은 장치 내의 압력-조정 스테이지를 도시한다.
- 도 8은 단일 및 다중 샤프트 구성으로 구현된 장치(100)와 다수의 장치(100)를 포함하는 조립체(100n)를 도시한다.
- 도 9는 슈라우드형(shrouded) 로터 블레이드와 비슈라우드형(unshrouded) 로터 블레이드에 대한 예시적인 구성을 도시한다.
- 도 10은 로터 블레이드 입구에서 여러 가지 유동 계수와 로터 블레이드 금속 각도 범위를 갖는 가능한 설계 파라미터 범위에 걸친 에너지 전달 계수 분포에 대한 그래프이다.
- 도 11은 적어도 하나의 장치(100) 또는 조립체(100n) 및 적어도 하나의 열-소비 유닛/유틸리티(101), 및 열-소비 시스템(1000)을 포함하는 설비를 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0065] 본 발명의 구체적인 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 여기에 개시된다. 동일한 구성요소를 지칭하기 위해 도면 전반에 걸쳐 동일한 참조 문자가 사용된다.
- [0066] 도 1a는, 100A에서, 회전 장치(100), 이하에서는 유체에 열 에너지를 입력하기 위한 장치의 개념을 기본으로 하는 예시적인 실시예를 개략적으로 도시한다.
- [0067] 전반적으로, 장치(100)는 유체에 기계적 에너지를 전달하기 위한 매우 효율적인 수단인 터보기계의 기본적인 에너지 변환 원리를 구현하도록 구성된다. 본 발명에 따른 장치는, 유체 매체에 회전 샤프트의 기계적 에너지를 효율적으로 전달하고, 고정 및 회전 블레이드 열의 세트를 통해 이를 유체의 내부 에너지로 변환한다.
- [0068] 장치(100)의 실현 및 작동 원리는 도 1a에 도시된 구성(100A)을 사용하여 더 설명될 것이다. 장치(100)의 대안적인 및/또는 보충적인 수정이 설명 전반에 걸쳐 설명될 것이다.
- [0069] 장치(100)는, 수평(세로) 축(X-X')을 따라 배치된, 중앙 샤프트라고도 불리는, 로터 샤프트(1)를 포함한다. 로터 허브(3a)의 둘레에 배열된 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)를 포함하는 로터는 로터 샤프트(1)에 장착된다. 일부 구성에서, 적어도 한 열의 로터 블레이드는 별도의 로터 유닛으로 구현될 수 있다. 이러한 로터 유닛은 로터 디스크의 둘레에 배열된 복수의 로터 블레이드를 포함한다.
- [0070] 장치는 로터 블레이드의 단일 열 또는 단일(별도) 로터 유닛으로 구현될 수 있다. 대안적으로, 장치는 공통 로터 허브에 연속적으로 배열된 하나 이상의 블레이드 열을 포함할 수 있거나 순차적인 순서로(차레로) 로터 샤프트

트에 장착된 다수의 별도의 로터 유닛으로 구현될 수 있다.

- [0071] 실시예에서, 장치는 로터 샤프트에 연속적으로 배열된 적어도 2개의 열의 로터 블레이드를 포함한다. 로터 샤프트에 장착된 2개 내지 10개의 열의 로터 블레이드/별도의 로터 유닛을 갖는 구현이 구상될 수 있다.
- [0072] 장치(100)는 적어도 하나의 구동 유닛(15, 도 8 참조)을 더 포함한다. 구동 유닛은 로터 허브 및/또는 로터 디스크(들)에 배열된 로터 블레이드와 샤프트를 회전시키도록 구성된 적어도 하나의 구동 엔진을 포함한다. 실시예에서, 장치는 전기적으로 작동되도록 구성된다. 실시예에서, 적어도 하나의 구동 엔진은, 예를 들어, 가스 터빈 또는 스팀 터빈 중 어느 하나와 선택적으로 결합되거나 이에 의해 대체되는 전기 모터이다. 임의의 다른 적절한 구동 장치가 활용될 수 있다. 본 명세서의 목적을 위해, 임의의 적절한 유형의 전기 모터(즉, 전기적 소스로부터 기계적 로드로 에너지를 전달할 수 있는 장치)가 활용될 수 있다. 전력 변환기, 컨트롤러 등과 같은 다양한 기구뿐만 아니라, 모터 구동 샤프트와 로터 샤프트 사이에 배열된 적절한 커플링(들)은 여기서 설명되지 않는다.
- [0073] 따라서 로터는 적어도 하나의 열로 배열되고 임펄스 임펠러 블레이드로 구성된 복수의 로터 블레이드(3)를 포함한다. 적어도 하나의 블레이드 열에 배열된 복수의 로터 블레이드는 대안적으로 (환형) 로터 블레이드 조립체 또는 로터 블레이드 캐스케이드(cascade)로 볼 수 있다.
- [0074] 장치(100)는 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)의 상류에 배열된 적어도 한 열(캐스케이드)의 고정 또는 스테이터(stator) 블레이드(2), 및 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)의 하류에 배열된 적어도 한 열(캐스케이드)의 고정 블레이드(4)를 더 포함한다. 명확성을 위해, 고정 블레이드의 열(2, 4)을 (고정) 베인이라고도 한다. 베인(2, 4)의 고정 열은 각각 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)의 상류 및 하류에 본질적으로 환형 조립체로서 제공된다. 장치(100)가 한 열 이상의 로터 블레이드(3)를 포함하는 경우, 각각의 상기 로터 블레이드 열은 고정 블레이드/베인(2, 4)의 열 사이에 각각 배치된다.
- [0075] 스테이터 베인(2)의 "상류" 열(들)은 바람직하게는 복수의 고정 가이드 베인으로 구성된다. 고정 베인(4)의 "하류" 열(들)은 바람직하게는 복수의 고정 디퓨저 베인으로 구성된다.
- [0076] 여기서 "상류" 및 "하류"라는 용어는, 장치(100) 전체에 걸쳐 입구에서 배기까지 유체 매체 유동 방향으로 미리 결정된 부분 또는 구성요소, 이로써 로터와 관련하여 구조적 부분 또는 구성요소의 공간적 및/또는 기능적 배열을 의미한다. 일부 실시예에서, 유동은 도 1a 및 도 4에 화살표로 표시된 바와 같이, 수평 로터 샤프트 축(X-X')을 따르는 방향을 따라간다. 일부 다른 실시예에서, 유동은 더 복잡한 경로를 따라간다(예를 들어, 도 5 참조).
- [0077] 고정(2, 4) 및 회전(3) 블레이드 열로 구성된 스테이터-로터-스테이터(스테이터-로터-디퓨저) 배열(2, 3, 4)이 도 1b(왼쪽)에 도시되어 있다. 각각의 블레이드 열은 복수의 블레이드로 형성된다(후자는 고정 구성요소와 관련하여 "베인"이라고도 함). 상기 블레이드/베인(2, 3, 4) 중 어느 하나는 루트 섹션에서 팁 섹션까지 다양하고 가변적인 반경으로 연장되는 셸(shell)에 의해 형성된다. 루트 대 팁 반경 비율(회전 블레이드의 경우 허브 대 팁 반경 비율이라고도 함) 및/또는 블레이드 각도(들)는 장치(100)의 각각의 특정 구현에서 요구되는/원하는 유동 경로를 따라 유체(들)를 안내하도록 가변적으로 구성된다. 따라서, 블레이드/베인 열(2, 3, 4)은 축 방향, 반경 방향 또는 대각선 방향 유동 경로 중 어느 하나, 또는 이들의 조합(예를 들어, 다단계 구성)을 구현하도록 구성될 수 있다.
- [0078] 셸은, 그 사이에 정의된 두께 분포를 갖고 블레이드 입구(블레이드 입구)에서 리딩 엣지(leading edge, LE) 및 블레이드 출구에서 대칭 및 비대칭 형상을 갖는 트레일링 엣지(trailing edge, TE)에 의해 연결된 측면을 갖는, 2개의 측(압력측 PS 및 흡입측 SS)을 가진다. 로터 블레이드는 (허브 부분과 함께) 로터 허브/로터 디스크에 부착되며(허브 표면은 참조 번호 3a로 지정됨); 고정 베인은 일반적으로 케이싱 표면(참조 번호 20으로 지정됨)에 직접 및/또는 간접적으로 부착된다. 인접한 블레이드의 압력측과 흡입측 사이의 통로는 참조 번호 6으로 지정된다.
- [0079] 블레이드/베인 설계는 장치(100)의 실현에 달려 있다. 가변적인 매개변수는 (PS 및/또는 SS에서) 블레이드의 형상, 에어포일 프로파일(airfoil profile), 블레이드 입구 및 블레이드 출구 각도, 루트 대 팁 반경 비율, 연속된 블레이드 사이의 간격(피치) 등을 포함한다. 이러한 매개변수를 변경함으로써, 유체 내에서 요구되는/원하는 압력 및/또는 온도 조건을 달성하기 위해 인접한 블레이드 사이의 가변적인 통로 채널 구조가 만들어진다. 블레이드/베인 열(2, 3 또는 4) 중 어느 하나 사이 또는 표시된 모든 블레이드 열 사이의 공간(통로 6)은 유동 조절 목적을 위해 필요에 따라 조정될 수 있다.

- [0080] 다시 도 1a를 참조한다. 장치(100)에서, (3차원) 공간(5)은 고정 베인(2, 4)의 열을 서로 분리한다. 선택적인 구성에서, 공간(5)은, 예를 들어, 유동 경로를 분할하고 그 안에 개별 통로를 만들기 위해, 가이드벽으로 구성될 수 있는 유동 성형/유동 가이드 기구와 같은 다수의 추가 장치를 포함할 수 있다. 가이드벽(7)과 유동 성형 장치(8)를 갖는 구성은 아래에서 더 자세히 설명되는 도 5에 제시되어 있다. 실시예에서, 공간(5)은 베인이 없다.
- [0081] 장치(100)는, 처리된(가열된) 유체 매체가 기구(공급물(21))로 유입되는 적어도 하나의 입구(11)와 처리된(가열된) 유체 매체의 스트림(22)이 장치로부터 배출되는 적어도 하나의 출구(출구)(12)를 갖는 케이싱 또는 하우징(20)을 더 포함한다. 입구(들) 및 출구(들)는 케이싱(20)의 관련 개구/포트 및 각각의 상기 포트에 연관된 파이프, 슬리브(sleeve) 또는 매니폴드를 포함한다. 케이싱(20)은 적어도 한 열의 로터 블레이드로 로터 샤프트(1)를 둘러싸도록 구성된다. 고정 베인(2, 4)의 열은 케이싱 내부에 배열되며, 케이싱의 내부 측면에 직접 및/또는 간접적으로 고정될 수 있다. 따라서 고정 베인은 장치(100)의 내부를 규정하는 벽에 직접 고정될 수 있고 및/또는 링, 브라켓 등과 같은 보조 설비에 의해 거기에 연결될 수 있다.
- [0082] 전반적으로, 본 발명의 다른 실시예에 따라 구현된 장치(100)는 입구(11)와 출구(12) 사이의 케이싱(20) 내부에 형성된 유동 경로를 따라 안내되는 유체 매체의 스트림에 열 에너지(열)의 양을 부여하도록 구성된다. 열 에너지의 양은 상기 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인(2), 로터 블레이드(3) 및 고정 디퓨저 베인(4)에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을, 입구(11)에서 출구(12)로의 유체 유동 방향으로, 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 유체에 부여된다.
- [0083] 따라서 연속적인 블레이드/베인 열(2, 3 및 4)은, 상기 유체 매체의 스트림이 초음속으로 로터 블레이드 열에서 빠져나와 적어도 한 열의 디퓨저 베인을 통과할 때, 스트림이 감속되고 운동 에너지를 유체 매체의 내부 에너지로 소실하며, 열 에너지의 양이 유체 매체의 스트림에 추가되는 경우, 로터의 블레이드를 회전시킴으로써 유체 매체의 스트림에 추가된 운동 에너지의 양이, 유체 매체의 온도를 미리 결정된 값으로 높이는 데 충분한, 조건을 생성하도록 구성된다.
- [0084] 유체 매체의 스트림이 회전 장치(100)를 통해 전달될 때, 유체에 추가되는 열 에너지의 양은, 제어된 방식으로, 순차적인 블레이드/베인 열(2, 3 및 4)(2-3-4)을 통한 스트림의 연속적인 전달 동안, 충격 트레인의 발생에 의해 생성된다. 충격 트레인은 초음속으로 (로터(3)로부터) 도착하는 유동을 감속시키는 다중 충격/충격파의 3차원 시스템이다. 충격 트레인의 형성과 실제 에너지 변환은 본질적으로 디퓨저(4)를 통한 유체 유동의 전달 시 발생하지만, 유동은 로터(3)를 통해 전달될 때 초음속이 되고; 결국, 고정 가이드 베인(2)은 요구되는 방향/각도로 로터에 유입되기 위한 유동을 준비한다.
- [0085] 실시예에서, 회전 장치(100)는, 본질적으로 축 방향 유동 경로를 따라, 입구와 출구 사이에, 유체 유동을 구현하도록 구성된다. 일부 다른 실시예에서, 장치(100)는, Bushuev의 특허 문헌 US 9,494,038 및 Seppala 등의 특허 문헌 US 9,234,140 중 어느 하나에 논의된 바와 같이, 본질적으로 토로이드-형상의(toroidal-shaped) 케이싱 내에 형성된 본질적으로 나선형 격자; Seppala 등의 특허 문헌 US 9,234,140에 논의된 바와 같이, 본질적으로 관형 케이싱 내에 형성된 본질적으로 나선형 격자; Xu & Rosic의 특허 문헌 US 10,744,480에 논의된 바와 같이 본질적으로 방사형 격자; 및 Bushuev의 특허 문헌 US 7,232,937에 논의된 바와 같이, 오른쪽 및 왼쪽 방향의 소용돌이 링으로 알려진 두 개의 나선 형태의 유체 매체의 스트림에 의해 설정된 유동 경로 중 어느 하나에 따라 설정되는, 입구와 출구 사이의 유체 유동을 구현하도록 구성될 수 있다.
- [0086] 장치(100)에서, 고정 가이드 베인(2)의 열, 로터 블레이드(3)의 열 및 고정 디퓨저 베인(4)의 열은, 요소 스테이지 또는 작업 스테이지(이하, 스테이지)라고도 하는, 에너지 전달 스테이지(10)를 설정한다. 스테이지(10)는 도 1a에서 점선 상자로 표시되고 도 1c에 더 자세히 도시되어 있다.
- [0087] 요소 스테이지의 기능은 유체에 기계적 에너지를 부여하고 이를 열 에너지로 변환하는 것이다. 따라서 스테이지는 완전한 에너지 변환 및 에너지 전달 사이클을 이뤄 내도록 구성된다. 유체 매체는 연속적인 열(2, 3 및 4) ("스테이터-로터-스테이터" 배열 2-3-4)로 형성된 적어도 하나의 스테이지를 통해 흐를 때 가열된다.
- [0088] 에너지 변환/에너지 전달 사이클 동안, 로터 블레이드(3)의 상류에 배치된 고정 가이드 블레이드 열(들)(2)은 회전 블레이드 열의 입구에서 요구되는 유동 조건을 준비한다. 로터 블레이드 열에서, 샤프트와 회전 블레이드의 기계적 에너지가 유체 스트림으로 전달된다. 각각의 로터 블레이드 열(3)의 적어도 일부에서 유체 매체의 유동은 초음속 유동 조건에 도달할 수 있다.
- [0089] 로터 블레이드(3) 하류에 배치된 고정 블레이드 열(들)(디퓨저(4)라고도 함)은 유체 매체의 기계적 에너지를 열

에너지로 변환한다. 유체 유동은 로터 블레이드(3)를 빠져나와 초음속으로 디퓨저(4)로 유입된다. 디퓨저 상류의 유동이 초음속인 경우, 유체 스트림의 운동 에너지는 다중 충격과 점성 혼합 및 소멸의 시스템을 통해 유체의 내부 에너지로 변환된다. 유동은 운동 에너지를 장치를 통해 전달되는 유체 스트림의 내부 에너지로 소실하여 유체에 열 에너지의 양을 제공한다. 유체의 내부 에너지 증가는 유체 온도의 상승을 야기한다.

- [0090] 장치(100)를 통과하는 유체의 효율적인 가열은 다음의 블레이드/베인 구성으로 달성된다.
- [0091] 실시예에서, 로터 블레이드(3)는, 로터의 회전 시, 고정 베인(2)으로부터 유체 매체의 스트림을 수용하고, 상기 스트림을 초음속으로 가속하여 접선 속도를 증가시킴으로써 공정 유체에 기계적 에너지를 부여하도록 구성된다. 전반적으로, 로터 블레이드(3)는 높은 스테이지 작업 입력을 위한 초고하중 임펄스 임펠러 블레이드로 구성된다. 임펄스 임펠러에서는 에너지 변환 비율이 매우 높으며, 이는 큰 접선 속도 구성요소와 블레이드 속도를 갖는 로터 블레이드 열(들)의 입구와 출구에서 높은 상대 속도를 곱한 결과이다.
- [0092] 단일(요소) 스테이지 내에서 로터 블레이드 입구(평면 2(P2)로 도시됨)와 로터 블레이드 출구(평면 3(P3)으로 도시됨)에서의 속도 삼각형을 개략적으로 도시하는 도 1c를 참조한다. 구성에는 다음과 같은 명칭이 적용된다.
- [0093] C- 절대 유속(m/s)
- [0094] W- 상대 유속(m/s)
- [0095] U- 블레이드의 원주 속도(m/s)
- [0096] α(alpha)- 절대 유동 각도(도)
- [0097] β(beta)- 상대 유동 각도(도)
- [0098] x- 축 방향
- [0099] r- 반경 방향
- [0100] θ(theta)- 원주 방향
- [0101] 명칭 P1 내지 P4는, 스테이지 입구(P1; 유동 구성요소 C₁을 갖는 고정 가이드 베인(2) 입구)에서; 스테이지 출구(P4; 고정 디퓨저 베인(4) 출구; 유동 구성요소 C₄)에서; 로터 입구(P2, 유동 구성요소 C₂, W₂, U₂)에서 및 로터 출구(P3, 유동 구성요소 C₃, W₃, U₃)에서, 기하학적 평면(x, r, θ)에 사용된다. 해당 첨자 1 내지 4가 활용된다. 또한 평면 2 및 3에 그려진 속도 삼각형은 각각, 고정 가이드 베인(2)으로부터의 출구와 고정 디퓨저 베인(4)으로의 입구에서의 유동 매개변수를 나타낸다. 표시 C_{θ2}와 C_{θ3}은 로터 입구와 출구에서의 절대 속도의 원주 구성요소를 지정한다. 블레이드 열(2, 3, 4)은 로터 입구와 로터 출구에서 절대 원주(소용돌이) 속도의 큰 변화를 만들도록 유리하게 설계된다(벡터 C_{θ2} 및 C_{θ3} 참조).
- [0102] 절대 속도와 상대 속도 사이의 관계는 일반적으로 다음과 같이 정의된다.
- [0103] $C = W + U$
- [0104] 장치(100)는, 예를 들어, 약 150 내지 300초당 미터(m/s) 사이의 속도(U) 범위 내에서 작동한다. 다른(더 낮거나 더 높은) 속도 또는 속도 범위가 제외되지는 않는다. 예를 들어, 약 300 내지 400m/s의 값 범위 내의 로터 블레이드(팁) 속도(U)가 달성될 수 있다. 위의 값은 설명의 목적으로 제공되며 제한하는 것으로서 간주되어서는 안 된다. 따라서, 로터 속도 및 유속은, 유체 매체, 공정 온도, 장치(100)를 형성하는 재료 및 기타 매개변수에 따라 달라질 수 있다.
- [0105] 실시예에서, 스테이지는 유체로의 에너지 입력을 최대화하도록 설계된 각도 또는 각도 범위에서 유동이 로터 블레이드에 들어가고 나오도록 구성된다. 이는 변화하는 유동 계수와 로터 블레이드 입구에서의 로터 블레이드 급속 각도(χ(chi))의 범위를 갖는 가능한 설계 매개변수 범위에 걸친 에너지 전달 계수 분포에 대한 그래프를 보여주는 도 10에 도시되어 있으며, 여기서 유동 계수(φ(phi))는 다음과 같이 정의된다.
- [0106] $\phi = C_x / U$
- [0107] 여기서 C_x는 절대 속도의 축 방향 구성요소를 나타낸다.
- [0108] 도 10에 도시된 그래프는 160m/s에서 280m/s까지의 넓은 범위의 로터 팁 속도(원주 속도, U)를 다루고 있다. 장

치는, 작동 조건에 따라, 다양한 에너지 변환 비율이 요구될 때, 더 넓은 속도 범위에서도 작동될 수 있다.

[0109] 에너지 전달 계수(ε)는 다음과 같이 정의된다.

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

[0110] 여기서 W 는 장치에서 유체로 전달된 총 에너지이고, w 는 전달된 특정 에너지(단위 질량당 에너지)이고, \dot{m} 은 장치(100)를 통한 질량 유량이고, D 는 로터의 외부 직경이고, N 은 로터 회전 속도(RPS, 초당 회전수)이다.

[0112] 달성 가능한 에너지 전달 계수(장치(100)의 에너지 전달 스테이지에 따라)는 기존의 고부하 가스 터빈 압축기 스테이지에 해당하는 값(그래프의 하단 부분에 점선의 수평선으로 도시됨)과 비교된다.

[0113] 도 10은, 로터 블레이드 금속 각도(χ)를 증가시키는 것은 더 높은 에너지 전달(장치에서 유체로) 수준을 야기한다는 것을 명확하게 보여준다. (스테이지 당) 에너지 입력을 최대화하기 위해, 로터 입구 및 출구에서 금속 각도의 유리한 분포는 약 45 내지 75도 범위, 일부 구성에서는 약 60 내지 70도 범위를 포함한다. 일부 구성에서, 로터 입구와 출구에서의 금속 각도가 본질적으로 동일하다(1 내지 10도의 가변성 여유 포함).

[0114] 로터 블레이드의 경우, 입구 금속 각도는 본질적으로 상대 입구 유동 각도(β_2 , 도 1c 참조)에 해당하고, 출구 금속 각도는 본질적으로 상대 출구 유동 각도(β_3 , 도 1c 참조)에 해당한다는 점을 더 유의해야 한다. 스테이터 블레이드(고정 가이드 베인)의 경우, 입구 금속 각도(도시되지 않음)는 본질적으로 절대 입구 유동 각도(α_2 , 도 1c 참조)에 해당하고, 그 출구 금속 각도는 본질적으로 유체 유동을 하류 로터 리딩 엣지와 정렬하고 유동을 로터 블레이드 입구(β_2 , 도 1c 참조)로 안내하는 데 요구되는 회전 경로를 따른다.

[0115] 전술한 구성은 장치(100)의 개선된 작업 입력 능력(종래의 압축기 장치에 비해 스테이지 당 10배 이상 더 나은 작업 입력)을 가능하게 한다.

[0116] 다시 도 1c를 참조하면, 적어도 한 열의 로터 블레이드(3)는 축 방향, 대각선 방향 및 반경 방향 중 어느 하나, 또는 이들의 조합(예를 들어 축-반경 방향)으로부터 유입되는 유동을 수용한다. 일반적으로, 로터 허브(3)와 케이싱(20)은 유동 방향을 간접적으로 정의하며; 따라서, 유동의 방향은 장치(100)를 수정함으로써 조절될 수도 있다. 아래에 추가로 설명되는 바와 같이, 간단한 확장 및 축소에 의해 및/또는 장치(100)를 다른 실현으로 구현함으로써 수정이 이루어질 수 있다.

[0117] 따라서 로터 블레이드 열(들)(3)은 축 방향, 대각선 방향 또는 반경 방향 중 어느 하나로부터 유입되는 유체 매체의 스트림을 수용하고 유체 매체의 스트림이 적어도 2배 가속되도록 유속(절대 유속)의 변화를 일으킨다.

[0118] 전반적으로, 여기에 설명된 장치(100)에서, 로터는, 로터 블레이드의 프로파일 및 치수와 로터 허브/로터 디스크에서의 로터 블레이드의 배치 측면에서, 유체 매체의 스트림으로의 기계적 에너지 입력을 최대화하고 선택적으로 제어하도록 구성된다.

[0119] 유체 매체가 요소 스테이지(2, 3, 4)를 통과할 때, 특히, 로터 블레이드(3) 열과 디퓨저 베인(4)의 열을 통과할 때 발생하는 이벤트가 도 1d에 개략적으로 도시되어 있다. 유동이 초고하중 임펄스 임펄서(3)를 초음속으로 빠져나올 때, (기계적) 에너지의 양이 회전 샤프트와 로터 블레이드에서 주변 매체로 전달된다. 전술한 바와 같이, 디퓨저 블레이드 열(4)에서, 충격 트레인과 에너지 소실의 복합 시스템의 형성을 통해, 에너지 전환이 발생하며, 이에 의해 충격 시스템에 걸쳐 유체의 (정적) 온도가 상승한다(원으로 표시된 급경사). 정적 온도는 참고용으로 제공된다. 단계적 온도 변화의 값은 아래에 제공된다. 예를 들어, 일반적인 원소 스테이지의 평균 온도 변화, 즉, 온도 상승은 약 300kJ/kg의 엔탈피(스테이지-특정 작업 입력) 변화를 동반한다.

[0120] 공지된 터보기계 및 터보기계형 장치와 비교하여, 장치(100)는 에너지 소비 기계 내에서 작업 입력, 선택적으로 스테이지 당 작업 입력을 최대화하는 것을 목표로 한다. 전술한 바와 같이, 예를 들어, 최신 기술의 압축기 장치는, 실시예에 따른 장치(100)와 비교하여, 스테이지 당 약 10배 더 낮은 작업 입력을 보여준다.

[0121] 장치(100)에 의해 상대적으로 짧은 시간 내에 다양한 유체/유체 매체에 열 에너지의 양을 부여하여 섭씨 500도(°C) 이상의 온도로 유체를 가열하는 것이 가능하다. 따라서 실시예에서, 장치(100)는 따라서 약 섭씨 500도(°C) 이상의 온도로 가열된 유체 매체를 발생시키는 데 사용될 수 있다. 실시예에서, 장치(100)는 약 1000°C 이상의 온도로 가열된 유체 매체를 발생시키는 데 사용될 수 있다. 추가적인 실시예에서, 장치(100)는 약

1200℃ 이상의 온도, 바람직하게는, 약 1400℃ 이상의 온도, 더욱 바람직하게는, 약 1700℃ 이상의 온도로 가열된 유체 매체를 발생시키는 데 사용될 수 있다. 최대 2000 내지 2500℃의 온도가 달성될 수 있다.

- [0122] 다양한 구성에서, 장치(100)는, 에너지 전달 스테이지 당 약 10 내지 1000℃ 범위 내에서 온도 상승을 제공할 수 있다. 예시적인 단계적 온도 상승 값은 50 내지 100℃, 100 내지 500℃ 및 500 내지 1000℃ 및/또는 이러한 범위 내의 임의의 값을 포함한다. 스테이지 당 온도 상승은 장치(100)를 통해 전달되는 유체 매체 및 장치(100)가 활용될 것으로 예상되는 기술 응용 분야에 크게 좌우된다. 전술한 (스테이지 당) 온도 상승은 1밀리세컨드 (millisecond) 미만에서 달성될 수 있고; 따라서, 예를 들어 1 내지 10개의 에너지 전달 스테이지를 갖는 장치(100)에서 유체의 가열은 즉각적이다.
- [0123] 따라서 장치(100)는 유체 매체(공급물(21))의 스트림을 수용하도록 구성된다. 전반적으로, 공급물(21)은 순수 성분 또는 성분들의 혼합물로서 제공되는 액체 또는 기체와 같은 임의의 유체를 포함하거나 이로 구성될 수 있다. 기체 공급물은 불활성 가스(예를 들어, 공기, 질소 가스 등), 반응성 가스(예를 들어, 산소, 탄화수소와 같은 인화성 가스) 및 (수)증기, 스팀, 이산화탄소 가스(일산화탄소, 이산화탄소), 수소, 암모니아 등과 같은 기타 가스를 포함하지만, 이에 국한되지는 않는다. 실시예에서, 스트림 유체 매체는 본질적으로 기체 형태로 회전 장치(100)에 유입되는 것이 바람직하다.
- [0124] 공급물은 불활성 가스, 공급원료 가스, 공정 가스, 보충 가스(소위 대체/보충 가스) 등 중 어느 하나일 수 있다. 공급물의 선택은, 장치(100)가 사용되는 공정 및 실제로 상기 공정이 할당된 특정 산업/산업 영역에 따라 달라지며, 그 이유는 후자는 공급 물질(들)의 선택에 대한 특정 요구사항 및/또는 제한을 암시하기 때문이다.
- [0125] 다수의 냉각 및/또는 열 보호 장치 및/또는 기구는, 냉각 및/또는 열 보호 설비를 형성하기 위해, 장치(100)(및 다수의 상기 장치를 포함하는 조립체/설비)에 추가로 통합될 수 있다. 특히 약 900℃ 이상의 온도로 유체를 가열하는 장치(100)를 사용할 때 효율적인 냉각이 필수적이다. 냉각 및/또는 열 보호 설비는 내부 냉각 수단(예를 들어, 장치 내에서 냉각 유체를 안내하는 수단), 다수의 열 차단 코팅/필름 및 열 보호 재료를 포함한다.
- [0126] 따라서, 장치(100)의 표면은 내부 캐비티(cavity) 및/또는 도관에 냉각제 유체를 도입함으로써 열-보호될 수 있다. 또한 이는 케이싱(20)(유리하게는 이중-벽 케이싱으로 구현됨) 및/또는 고정 블레이드의 열을 통해 고정 및 회전 구성요소를 포함하는 내부 캐비티 및/또는 도관 내로 냉각제 유체를 공급함으로써 구현될 수 있다. 미리 정의된 온도 및 압력 수준의 냉각제 유체는 장치의 구성요소의 내부 냉각을 형성하기 위해 장치(100) 내의 특별히 형성된 채널 및 플레넘(plenum)을 통해 공급된다. 냉각제 유체는 별개의 표면 구멍 또는 슬릿의 세트를 통해 필름 및 냉각 제트 형태로 추가로 전달될 수 있다.
- [0127] 미리 정의된 온도와 압력의 냉각수 유체를 로터 디스크 캐비티에 공급함으로써, 작동 유체가 로터 디스크/샤프트 또는 베어링 공간으로 들어가는 것이 방지될 수 있다. 냉각제 유체는 축 방향 및 반경 방향의 씰(seal) 시스템을 통해 주된 유동 경로로 배출된다. 씰 구성 내에서 추가적인 냉각제 유동이 적용될 수 있다(도 9를 참조하여 추가로 설명됨).
- [0128] 장치 구성, 공급원료 유체 및 특정 기술 응용 분야(들)에 따라, 장치(100)의 압력은, 대기압 (1.01325bar/101.325kPa) 이하를 포함하여 약 10bar 미만의 수준으로, 또는 약 10 내지 50bar(1 내지 5MPa)의 상대적으로 높은 압력 수준으로, 유지될 수 있다. 압력-조정 스테이지를 통해 압력 수준을 조절하는 방법은 아래에서 더 자세하게 설명된다.
- [0129] 다양한 고온 열 차단 코팅이 장치(100)의 전체 또는 선택된 내부 표면, 특히, 고온 구역의 (작동) 유체와 접촉하는 표면에 적용될 수 있다. 극고온(약 900℃ 이상)으로 가열된 유체를 생산하기 위해, 세라믹 및/또는 세라믹 매트릭스 복합재와 같은 열 차단 재료가 사용될 수 있다. 고온 세라믹 재료 및 복합재는 케이싱 내부에 내부 라이너를 구성하는 데 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 로터 및 스테이터 블레이드를 제조하는 데 사용될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 낮은 전도성 재료가 활용될 수 있다.
- [0130] 모든 블레이드 열(2, 3, 4)에 대한 증산 냉각은 소결 기술을 통해 달성될 수 있다.
- [0131] 열 팽창 제어에도 유사한 방법이 활용될 수 있다. 장치(100)에 걸친 큰 온도 차이는 다양한 구성요소 사이에 큰 열 응력 및 차등 열 팽창을 야기할 수 있다. 이는 다양한 냉각 방법을 적용함으로써 및/또는 주름진 외부 케이싱, 슬라이딩 케이싱 세그먼트 등에 의한 기계적 보호를 제공함으로써 제어될 수 있다.
- [0132] 전술한 냉각/열 보호 기술은, 이전에는, 예를 들어, 압축기와 같은, 일반적인 에너지 입력 터보기계의 냉각에 활용되지 않았다는 점이 강조되어야 한다.

- [0133] 일부 경우에는, 로터는, 로터 블레이드(3)의 열 또는 열들을 덮도록 구성된 슈라우드(31)를 더 포함하는 것이 바람직하다(도 9 참조). 슈라우드형(a 내지 d) 및 비슈라우드형/부분 슈라우드형(e 내지 h) 로터 블레이드 구현의 예가 도 10에 요약되어 있다. 슈라우드(31)는 회전 블레이드(3)의 팁을 보호한다. 회전 블레이드를 디스크/허브(3a)에 연결하기 위한 전나무 뿌리 커넥터는 참조 번호 32로 지정된다. 슈ra우는 개별 블레이드의 팁을 덮기 위해 별도의 밴드로 제공될 수 있으며, 또는 조립 시 연속적인 슈라우드 커버를 형성하기 위해 밴드가 가공될 수 있다. 슈ra우는, 예를 들어, 그 상단에 설치되거나 가공된, 반경 방향의 또는 경사진 쉘(들)과 같은 단일 쉘 또는 다중 쉘을 더 가질 수 있다. 상기 단일 또는 다중(방사형 또는 경사형) 쉘은 로터 블레이드 열 위의 누출 유동을 줄이기 위해 관련 케이싱 세그먼트에 추가로 설치되거나 가공될 수 있다. 래버린스 쉘(labyrinth seal)이 있는 슈ra우드형 블레이드와 제트 쉘(jet seal)이 있는 슈ra우드 블레이드가 각각 도 9(b, c)에 도시되어 있다. 모든 유형의 쉘은 참조 번호 33으로 표시된다. 다양한 형태의 허니콤(34)이 케이싱 내에 설치될 수 있다(도 9, d). 냉각 제트는 누출 유동을 중단하고 로터 블레이드 팁(도시되지 않음)을 냉각시키기 위한 차단 커튼을 형성하는 데 사용될 수 있다.
- [0134] 비슈ra우드형 로터는, 누출 유동(덮이지 않은 회전 블레이드 위로 "누출"되는 유동), 일부 경우 역방향 누출 유동과 관련된 높은 손실로 인해, 효율성이 떨어지는 경향이 있다. 슈ra우드와 같은 로터 커버는, 이러한 누출을 효과적으로 방지하거나 적어도 최소화한다. 추가적으로 슈ra우는 스테이지 사이에서 발생할 수 있는 유체 역류와 유해한 유동 혼합을 방지한다. 비슈ra우드형 일반 팁이 도 9의 (f)에 도시되어 있고; 부분 슈ra우드형 팁 솔루션이 (g)에, 그리고 윙렛(winglet)/스quel러(squealer) 구조의 팁이 있는 블레이드 팁 솔루션이 (h)에 도시되어 있다.
- [0135] 일부 경우에, 장치(100)는 슈ra우드형 및 비슈ra우드형 로터 블레이드 열을 모두 포함할 수 있다. 슈ra우드형 로터는 더 높은 회전 속도에서 로터를 작동할 수 있게 하며, 이에 의해, 다수의 비슈ra우드형 로터 블레이드 열/별도의 로터 유닛과 그에 뒤따르는 다수의 슈ra우드형을 갖는 구성이, 특히, 다단계 구성에서, 유동 조건을 조정하는 측면에서, 유리할 수 있다.
- [0136] 장치에 걸친 큰 온도 차이는 고정 및 회전 구성요소 사이에 상이한 반경 방향 및 축 방향 열 팽창을 야기할 수 있다. 이로 인해 고정 및 회전 구성요소 사이에 큰 축 방향 움직임과 음의 반경 방향 틈새가 발생할 수 있다. 반경 방향 틈새는, 케이싱 세그먼트의 열 관리(냉각 또는 가열)와 함께, 허니콤 및/또는 다양한 마모 가능한 구조 및 재료를 도입함으로써 제어될 수 있다.
- [0137] 로터 상류에 배치된 고정 블레이드 열은, 프로파일, 치수 및 로터 샤프트 주위의 배치 측면에서, 로터-특정 작업 입력 능력을 제어하고, 일부 경우에는, 최대화하도록, 유체 매체의 스트림을 미리 결정된 방향으로 로터 블레이드 열로 안내하도록 구성된, 복수의 가이드 베인을 포함한다. 가이드 베인(2)은 유리하게 노즐 가이드 베인(NGV)으로 구성된다. 설정된 명명법에 따르면, 입구 포트(들)/라인(들)(11)을 포함하는 스테이지에서 로터 블레이드 앞에 배열된 가이드 베인을 입구 가이드 베인(IGV)이라고 칭하고, 출구 포트(들)/라인(들)(12)을 포함하는 스테이지에서 로터 블레이드 앞에 배열된 가이드 베인을 출구 가이드 베인(OGV)이라고 칭한다. 명확성을 위해, 전술한 모든 가이드 베인의 카테고리를 집합적으로 노즐 가이드 베인이라고 칭한다.
- [0138] 고정 구조로 제공되는, 노즐 가이드 베인(2)은 유체 매체의 유동에 에너지를 추가하지 않는다. 그러나, 이러한 스테이터 베인은, 유동에 필요한/요구되는 방향을 추가하고, 로터가 유체 매체의 스트림에 (기계적) 에너지 입력을 최대화하는 것을 가능하게 하도록, 구성된다. 이는, (예를 들어, 공정 매개변수에 의해) 유체를 미리 결정되고 요구되는 유동 각도 및 유속으로 로터에 유입시키도록, 가이드 베인을 디멘저닝(dimensioning)함으로써 달성된다. 유체 유동이 (축 방향 x로부터) 로터 블레이드로 유입되는 각도(β_2 , 도 1c 참조)는, 로터 블레이드(3)가 유체에 얼마나 많은 에너지를 부여하는지에 따라 달라지므로, 가장 중요한 매개변수로 간주될 수 있다.
- [0139] 따라서 노즐 가이드 베인(2)의 열은, 로터로부터의 에너지 입력 수준과 유체의 속도를 제어하도록, 유체 매체의 스트림을 로터 블레이드 회전과 반대되는 원주 방향으로 로터 블레이드의 열(들)을 향해 안내하는, 유동 조절 장치로 구성된다. 유동 조절 장치(2)는 회전 블레이드로부터의 에너지 입력의 양과 로터로 유입되는 유체의 속도를 관리한다.
- [0140] 실시예에서, 노즐 가이드 베인은 유체 매체의 스트림을 축 방향 x로부터 약 45 내지 75도의 (상대) 유동 각도 범위(β_2 , 도 1c 참조, 상대 유체 유동이 축 방향 x로부터 로터 블레이드 열로 유입되는 각도)로 로터 블레이드의 열로 유입시키도록 안내하도록 구성된다.
- [0141] 따라서 로터 블레이드 하류에 배치되고 복수의 디퓨저 베인(4)을 포함하는 고정 블레이드 열은, 유체 매체의 기

계적 에너지를 열 에너지로 변환하는, 에너지 변환 장치로서 구성된다. 디퓨저 베인에서, 유체 매체의 (초음속) 스트림은, 충격 트레인의 형성을 통해 감속하고, 운동 에너지를 유체 매체의 내부 에너지로 소실하며, 이에 의해 상기 유체 매체의 내부 에너지가 증가하고 열 에너지의 양이 유체에 추가된다.

- [0142] 도 1b 및 도 1d는 요소 스테이지(10) 내에서 발생하는 에너지 전환의 원리를 도시한다. 기능 측면에서, 유동 조절기(고정 가이드 베인(2))는 회전 블레이드 상류의 유동을 관리(조정)한다. 임펄스 임펠러 블레이드(3)는 유체에 기계적 에너지를 부여하는 반면, 에너지 변환기(고정 디퓨저 베인(4))는 충격/충격(파) 열차 및 (에너지) 소실의 복합 시스템을 통해 유체 매체의 내부 에너지 증가를 가능하게 한다.
- [0143] 장치(100)에서, 고정 베인(2, 4)의 열은 바람직하게는, 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)으로부터의 출구와 적어도 한 열의 고정 가이드 베인(4)으로의 입구 사이에 3차원 공간(5)이 형성되도록, 배열된다.
- [0144] 실시예에서, 공간(5)은 가변적이다. 공간(5)은 그 치수 측면에서, 즉 적어도 크기 및 형상의 측면에서, 가변적으로 만들어질 수 있다. 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인(4)으로부터의 출구와 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인(2)으로의 입구 사이에, 입구(11)와 출구(12) 사이의 케이싱(20) 내부에 형성된 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간(5)을 변경/조정함으로써, 장치를 통해 전달되는 유체 매체의 스트림으로의 열 에너지 입력의 양이 조절될 수 있다. 또한, 공간(5)을 가변적으로 만들으로써 유체 유동 경로 및 혼합 수준을 따른 압력 분포 메커니즘을 제어하는 것이 가능하다.
- [0145] "가변적인" 및 "조정 가능한"이라는 용어는 본 명세서에서 상호교환적으로 사용되며 수정(조정)에 대한 영역 또는 대상의 민감성을 나타낸다.
- [0146] 고정 블레이드(2, 4) 사이의 가변적인 공간(5)은, 단일 스테이지 장치 구현에서 또는 다중(또는 적어도 하나 이상의) 스테이지를 포함하는 구현에서 실현될 수 있다.
- [0147] 실시예에서, 장치(100)는 다수의 스테이지(10)를 포함하며, 각각의 스테이지는 3개의 연속적인 블레이드 열: 고정 노즐 가이드 베인, 로터 블레이드 및 고정 디퓨저 베인으로 형성된다. 실시예에서, 장치는 적어도 2개의 스테이지로 구성된다. 동일한 샤프트에 장착된 2 내지 10개의 열의 로터 블레이드를 포함하는 다단계 구성이 고려될 수 있다. 이러한 다단계 구성에서, 스테이지는 동일하거나 다른(예를 들어, 접합된) 로터 샤프트에 의해 구동될 수 있다.
- [0148] 단일 스테이지 또는 다중 스테이지에서, 로터 블레이드(3)뿐만 아니라 고정 베인(2, 4)은 블레이드 각도(블레이드 설정 각도)를 변경함으로써 변하지 않는 또는 가변적인 블레이드 (상호간의) 채널 구조를 형성할 수 있다.
- [0149] 에너지 변환에 요구되는 의무는 단일 스테이지 또는 다수의 스테이지(다단계 구성)에서 달성될 수 있다. 보다 구체적인 에너지 입력이 요구될 때 다수의 스테이지를 함께 연결하는 것이 유리하다.
- [0150] 장치(100)에서, 스테이지(10)는 병렬 및/또는 직렬로 배열될 수 있다.
- [0151] 도 2a 및 도 2b를 참조한다. 도 2a는 2개의 스테이지(10)(10-1 및 10-2)를 포함하는 예시적인 다단계 구성을 도시하며, 각각의 스테이지는 스테이터-로터-스테이터/디퓨저 블레이드 열(2-3-4)을 포함한다. 그 중에서도, 스테이지(10-1 및 10-2) 사이의 공간(5)은, 고정 디퓨저 베인 또는 상류 스테이지(10-1)의 고정 디퓨저 베인의 열과 고정 가이드 베인 또는 하류 스테이지(10-2)의 고정 가이드 베인의 열 사이의 거리(L)로, 정의될 수 있다.
- [0152] 공간(5)과 마찬가지로, 거리(L)도 가변적으로(조정 가능하게) 만들어 질 수 있다. 인접한 스테이지(10-1, 10-2) 사이의 거리(L)는, 순차적으로 공통 평면에 표시된 일련의 스테이지로 형성된 경로를 따라, 고정 디퓨저 베인 또는 상류 스테이지(10-1)의 고정 디퓨저 베인의 열의 트레일링 엣지와 고정 가이드 베인 또는 하류 스테이지(10-2)의 고정 가이드 베인의 열의 리딩 엣지 사이의 폭이다. 실시예에서, 거리(L)는 장치(100)의 수평(세로) 축을 따라, 선택적으로 유체 유동 방향으로, 정의된다.
- [0153] 일부 구성에서, 가변적인 공간(5)(및 거리(L))은 적어도 한 열의 디퓨저 베인과 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인 사이에 배열된다.
- [0154] 디퓨저 베인과 가이드 베인 사이, 선택적으로는, 상류 스테이지의 디퓨저 베인과 하류 스테이터의 가이드 베인 사이의 공간(5) 및/또는 거리(L)는, 혼합 수준 및/또는 압력 수준과 같은, 요구되는 유동 조건에 기초하여 가변적으로(조정 가능하게) 만들어진다. 상류 디퓨저 열과 하류 고정 가이드 열 사이의 거리를 따라, 유체 스트림의 속도가 가장 낮다.
- [0155] 거리(L)는, 고정 블레이드 열 사이, 선택적으로 인접한 고정 블레이드 열 사이, 선택적으로 인접한 스테이지 사

이의 폭을 수정하는 측면에서, 가변적으로 만들어질 수 있다. 한편, 공간(5)을 조정/가변적으로 만드는 것은 3차원 좌표계에서 장치(100)의 내부를 재-사이징(re-sizing) 및/또는 재성형하는 것을 포함한다. 공간(5)을 수정함으로써, 거리(L)도 선택적으로 수정될 수 있으며 그 반대도 마찬가지이다. 따라서 장치(100)의 다양한 구현이 인접한 고정 블레이드 열 사이의 가변적인 공간(5) 및/또는 거리(L)의 개념 내에서 고려될 수 있다(예를 들어, 도 1a, 도 4 및 도 5 참조).

[0156] 실시예에서, 상류 스테이지(10-1)의 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인과 하류 스테이지(10-2)의 적어도 한 열의 고정 가이드 베인이 합쳐져 단일 결합된 블레이드 열(4-2)을 형성한다(도 2b). 결합된 열(4-2)은 디퓨저 베인과 가이드 베인의 역할을 모두 수행한다. 도 2b에 도시된 블레이드 구성에서, 인접한 스테이지(10-1 및 10-2) 사이의 거리(L)는 0으로 설정된다(L=0).

[0157] 필요한 경우, 유체 매체 내에서 혼합을 위한 더 큰 공간과 시간을 가능하게 하기 위해, 상류 디퓨저 베인과 하류 가이드 베인 사이의 공간도 증가될 수 있다. 그러한 경우, 거리(L)도 선택적으로 증가될 수 있다(L>0).

[0158] 전반적으로, 공간(5)(및 거리(L))의 크기/부피는 적어도 장치(100)를 통과하는 유체 유동의 속도에 따라 달라진다. 따라서, 고정 디퓨저 블레이드를 통해, 초음속으로 로터를 빠져나가는, 유체 매체의 전달은, 다중 충격 시스템의 발생을 수반하므로, 충격과 상호작용을 최소화하기 위해 공간 갭(5)을 증가시키는 것이 유리할 수 있다.

[0159] 도 3a 및 도 3b는 각각 도 2a 및 도 2b에 도시된 실시예를 더욱 상세하게 도시한다. 도 3c는, 도 3a 및 도 3b(3-블레이드 스테이지 및 2-블레이드 스테이지)에 도시된 실시예가 결합된, "혼합" 스테이지 솔루션을 도시한다. 도 3c는, 사이에 공간(5)이 있는, 3개의 2-블레이드 열 스테이지와 1개의 3-블레이드 열 스테이지로 구현된 장치(100)의 예시적인 실시예를 도시한다.

[0160] 실시예에서, 장치(100) 내의 중단 블레이드 열은, 디퓨저(4), 통합 디퓨저-스테이터(4-2), 또는 터보팽창기(도시되지 않음)로 구성될 수 있다. 터보팽창기는, 장치를 통해 전달되는 유체가 팽창하여 정적 압력과 온도를 감소시키고, 장치(100) 구동을 보조하기 위해 일부 샤프트 작업을 출력하는, 터보기계이다. 특히 터보팽창기 장치는 급격한 온도 변화가 요구될 때 사용될 수 있다. 따라서, 실시예에서, 장치(100)는, 최종 작업(에너지 전달/변환) 스테이지(10)의 하류에, 단일 또는 다중 블레이드 열을 갖는 터보팽창기 장치를 포함한다.

[0161] 바람직하게는 고정 베인(2)(로터의 상류), 로터 블레이드(3) 및/또는 고정 베인(4)(로터의 하류)의 치수, 정렬 및 공간적 배치는 설계에 의해(제조에 의해) 또는 운영에 의해 각각의 스테이지 내에서 개별적으로 조정 가능하다. 따라서, 고정 베인 및/또는 로터 블레이드는, 미리 설정된 대로(작동 전 및/또는 작동 동안 설정됨) 또는 제조된 대로, 적어도 치수, 정렬 및 공간적 배치 측면에서 각각의 스테이지 내에서 달라질 수 있다. 스테이지마다 가변적일 뿐만 아니라, 상기 고정 베인 및/또는 로터 블레이드는 변하지 않고(조정 불가능) 장치의 작동 중에 개별적으로 조정 가능하게 구성될 수 있다.

[0162] 실시예에서, 로터 블레이드는 모든 스테이지에서 동일하게 구성된다. 대안적인 실시예에서, 로터 블레이드는 단계적으로 가변적으로 만들어진다. 예시적인 실시예에서, 장치는 에너지 입력 및 유동 용량의 요구사항을 충족시키기 위해 입구(11)에서 출구(12) 방향으로 스테이지로부터 스테이지까지 변화하는 로터 블레이드 반경을 갖는 다수의 스테이지를 포함한다. 실시예에서, 로터 블레이드 높이는 길이 방향, 선택적으로 축 방향으로 장치(100) 전체에 걸쳐 임의로 변한다.

[0163] 따라서, 케이싱(20)은 가변적인 로터 블레이드 높이에 의해 부과된 요구사항을 충족시키기 위해 수정될 수 있다. 따라서 일부 구성에서, 케이싱은 본질적으로 개별 스테이지를 구성하는 요소의 형상을 따르도록 구성된다. 일부 구성에서, 케이싱은 전체 길이에 걸쳐 본질적으로 일정한 단면을 갖는다. 일부 다른 구성에서, 장치(100)는 (절단된) 원뿔 형태의 케이싱을 갖는다(예를 들어, 도 1a 참조).

[0164] 일부 구성에서, 100B로 표현된 회전 장치(100)의 구현은, 일반적으로 미국 특허 제10,744,480호(Xu & Rosic)에 따른 명세서를 따르고, 그 전체 내용은 여기에 참조로 포함된다(도 4 참조). 도 4에 도시된 구성(100B)에서, 케이싱(20)은 고정 가이드 베인, 로터 블레이드 및 적어도 하나의 에너지 전달 스테이지(10)를 형성하는 디퓨저를 둘러싸는(밀접하게 인접한) 제한된 공간으로서 제공된다. 케이싱의 내부 및 선택적으로 외부 형상은 본질적으로 상기 스테이지를 구성하는 요소의 형상을 따르도록 구성된다. 따라서, 일부 경우에는, 케이싱(20)은 그 내부에 걸쳐 가변적인 단면 영역을 갖는다(도 4). 구성(100B)에서, 디퓨저(4)는 공간(5)(혼합 공간으로 지칭되고, 굴곡 섹션과 그에 뒤따르는 리턴 채널을 포함하는 도관에 의해 설정됨)에 배열된다. 혼합 공간은 그 구조 및/또는 치수 매개변수 측면에서 가변적으로 구성될 수 있다.

[0165] 장치(100B)는, 다수의 모듈(20A, 20B, 20C, 20D)이 차례로 배치되어 케이싱(20)이 설정되는 모듈식 구조로 구성

될 수 있다. 모듈식 리턴 채널 및 굴곡 섹션은 장치(100, 100B) 내에서 적어도 형상, 길이, 단면 및 공간적 배치 측면에서 조정 가능하게 구성될 수 있다.

- [0166] 로터 샤프트를 따라 연속적으로 배열된 다수의 스테이지를 포함하는 다단계 구성(100A, 100B)에 더하여, 도 5에 도시된 바와 같이, 3-블레이드 열 요소 스테이지도 재생식 다단계 구성으로 배열될 수 있다. 도 5에 도시된 구성(100C)은 일반적으로 미국 특허 제7,232,937호(Bushuev), 제9,494,038호(Bushuev) 및 제9,234,140호(Seppala 등)에 따른 명세서를 따른다.
- [0167] 도 5는, 그림 A에서, 2개의 입구(11-1, 11-2)와 2개의 출구(12-1, 두 번째 출구는 도시되지 않음)를 갖는 구성을 도시하며; 적절한 경우 다른 구성이 고려될 수 있다.
- [0168] 100C로 표현된 장치(100)는 수평(세로) 축 X-X'를 따라 위치한 로터 샤프트(1)에 장착된 로터 유닛을 포함한다. 로터 유닛은 로터 디스크의 둘레에 배열된 복수의 로터 블레이드(3)를 포함한다. 고정 구성요소는 블레이드가 있는 로터 디스크의 양쪽 측면에서 본질적으로 환형 조립체 또는 캐스케이드로 배열된 복수의 고정 가이드 베인(2) 및 고정 디퓨저 베인(4)으로 표현된다. 적어도 하나의 입구와 적어도 하나의 출구 사이의 장치를 통한 유체 유동 방향으로, 고정 가이드 베인(2)의 열은 로터 블레이드 캐스케이드(3)의 상류에 배치되고, 고정 디퓨저 베인(4)의 열은 로터 블레이드 캐스케이드의 하류에 배치된다.
- [0169] 구현(20)에서, 케이싱(20)은, 로터 블레이드가 조립된 로터 디스크의 주변부와 로터 블레이드에 인접하고 스테이터-로터-스테이터 배열(2, 3, 4)을 함께 형성하는 고정 베인(2, 4)의 열을 실질적으로 완전히 둘러싸도록 구성된다. 케이싱(20)은 3차원 구성에서 근본적으로 토로이드(toroid) 형상("도넛" 형상)을 가지며, 관련 베어링 조립체를 갖는 로터 유닛은 토로이드 형상의 중앙 부분에 개구를 정의하는 구멍을 채우는 것으로 볼 수 있다. 그 자오선 단면에서, 케이싱(20)은 본질적으로 링 형상이다.
- [0170] 케이싱(20)에서, 블레이드 열(2, 3, 4)은, 전술한 방식으로, 스테이터-로터-스테이터 배열로부터의 출구(즉, 고정 디퓨저 블레이드 열(4)로부터의 출구)와 상기 장치로의 입구(즉, 고정 가이드 베인 열(2)로의 입구) 사이에 공간(5)이 만들어지도록, 서로 인접한다. 실시예에서, 공간(5)은 케이싱(20)의 내부 표면과 유동 성형 장치(8)의 외부 표면 사이에 형성된다. 실시예에서, 공간(5)은 베인이 없도록 구성된다. 추가적인 또는 대안적인 실시예에서, 공간(5)은 다수의 가이드벽(7)을 포함할 수 있다(도 5, D 참조).
- [0171] 전술한 바와 같이, 에너지 전달/에너지 변환 스테이지는 3개의 열의 블레이드(2, 3, 4)로 설정된다. 도 5에서, 스테이지는 로마 숫자 i 내지 x 으로 표시된다. 구성(100C)에서, 한 스테이지(예를 들어, 스테이지 i)의 디퓨저 블레이드 열(4)의 출구에서 나가는 유동은 (베인이 없는) 공간(5)을 통과하고 나선형(나선-토로이드형(helico-toroidal)) 경로를 따라 그 다음의 스테이지(스테이지 ii)의 고정 가이드 베인(2)의 열로 유입된다. 유동은 연속적인 블레이드 열(2, 3, 4)(스테이지 ii)을 통과하고 디퓨저 (4)(스테이지 ii)에서 빠져나와, 출구(12-1)에 도달할 때까지 다음 스테이지(들) iii 내지 x 을 향해 계속 이어진다(그림 B 및 C 참조, 그림 C는 동일한 평면에 표시된 스테이지 i 내지 x 을 보여준다). 유동 방향은 화살표로 표시된다. 스테이지의 수는 공정 의무, 요구되는 온도 및/또는 압력 수준에 의해 결정된다.
- [0172] 구성(100C)에서, 공간(5)은 적어도 형상의 크기 측면에서 달라질 수 있다. 그러므로, 공간(5)에 의해 스테이지 사이에 만들어진 토로이드형 유동 경로의 적어도 크기 및 형상은, 요구되는 길이(그림 C 참조) 및 혼합 수준에 기초하여 달라질 수 있다. 일부 실시예에서, 공간(5)은 가이드벽(7)(도 5, D 참조)과 같은 다수의 유동 가이드 기구를 포함한다. 가이드벽(7)은 유동 경로를 분할하고 추가적인 개별 통로를 만든다.
- [0173] 장치(100)에 대한 입구 및 출구 배열에 대한 예시적인 구성을 도시하는 도 6을 참조한다. 실시예에서, 장치는 입구 및 출구 배열을 포함하는 스테이지 또는 스테이지들을 포함할 수 있다. 일부 구성에서, 이러한 스테이지는 작동 스테이지(즉, 유체로의 에너지 전달에 적합한)로 구성되지 않고, 단지 유체를 각각 수용하고 배출하기 위해 구성될 수 있다. 일부 다른 구성에서, 입구 및 출구 스테이지가 완전한 작동 스테이지로 구성될 수 있다.
- [0174] 입구(들) 및 출구(들)는 각각의 포트와 연관된 파이프, 슬리브 및/또는 매니폴드 뿐만 아니라, 케이싱의 관련 개구/포트를 포함한다. 예시적인 구성에서, 반경 방향에서 축 방향으로의 전이 덕트(도 6의 A 참조) 또는 다수의 원주 방향 섹터 또는 다양한 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 입구 속도 구성요소(도 6의 B, C 참조)를 갖는 파이프를 통해 유체가 적어도 하나의 입구(11)(11-1, 11-2)에서 전달될 수 있다. 적어도 하나의 출구(12)(12-1, 12-2) 또는 출구를 포함하는 스테이지는 차례로 단일 파이프 또는 다중 파이프 및/또는 축 방향, 반경 방향 또는 원주 방향 덕트를 갖는 원주 방향 볼류트로 구성될 수 있다.
- [0175] 도 6은, A에서 적어도 하나의 축-반경 방향 입구(11)(11-1, 11-2)와 적어도 하나의 축 방향 출구(12)(12-1,

12-2)를 포함하는 장치(100)를 도시한다. 그림 B는 적어도 하나의 축-반경 방향 입구(11)(11-1, 11-2)와 적어도 하나의 반경 방향 출구(12)(12-1)를 갖는 장치(100)를 도시한다. 그림 C는 적어도 하나의 반경 방향 입구(11)(11-1)와 적어도 하나의 반경 방향 출구(12)(12-1)를 갖는 장치(100)를 도시한다. 단일 또는 다중 입구 및 출구 덕트를 갖는 예시적인 볼류트 구성이 도 6의 C에 도시되어 있다.

- [0176] 일부 구성에서, 장치(100)는 입구 스테이지 내에 추가적인 입구 포트(13)를 더 포함할 수 있다(도 4 참조). 도 4에 도시된 구성(100B)에 적용 가능한, 추가적인 입구 포트(13)는 로터에 매우 소용돌이치는 유동을 생성하기 위한 스크롤 입구로 구성된다.
- [0177] 실시예에서, 장치(100)(여기서 100A, 100B, 100C 중 어느 하나로 구현됨)는 로터 블레이드의 대응하는 열에 걸친 (정적) 압력 변화를 조정하고 및/또는 장치(100)를 통해 압력 수준을 제어하도록 구성된 적어도 하나의 스테이지(14)를 더 포함한다. 특히, 그러한 압력 조정(또는 압력 변경) 스테이지(14)는 장치(100)의 압력을 높이도록 구성된다. 추가적으로, 스테이지(14)는 유체에 더 많은 열 에너지를 신속하게 추가하는 것을 가능하게 한다. 이러한 스테이지(들)(14)는 공급원료 유동 특성(압력, 온도, 질량 유량 등)이 장치(100)에 요구되는 조건과 일치하지 않을 때 요구된다.
- [0178] 도 7은 입구(11)에 배열된 압력 조정 스테이지(14)를 포함하는 장치(100)를 도시한다. 추가적인 또는 대안적인 구성에서, 스테이지(들)(14)는 장치의 출구(12) 및/또는 작업(에너지 전달/변환) 스테이지(10-2, 10-n)(도시되지 않음) 사이에 배열될 수 있다. 전술한 바와 같이, 작업 스테이지(10-1 내지 10-n)는 3-블레이드 열, 2-블레이드 열 또는 혼합된 블레이드 열로 구성될 수 있다.
- [0179] 스테이지(14)는 일반적으로, 작업 스테이지(10-1 내지 10-n)와 비교할 때, 더 높은 로딩 입력을 제공하기 위해 다른(향상된) 로딩을 갖는다. 스테이지(들)(14)는 작업 스테이지와 비교하여 열 에너지 입력의 패턴을 변경하는 것으로 볼 수 있다.
- [0180] 압력 조정 스테이지(14)는 장치 설계에 따라 다양한 구성을 채택할 수 있다. 예를 들어, 도 7은 반경 방향 유동(A), 혼합 유동(B) 및 축 방향 유동(C)에 대한 스테이지(14) 구성을 도시한다. 다른 적절한 구성이 적용될 수 있다. 스테이지(들)(14)는 단일 또는 다중 스테이지로 구성될 수 있고; 그 구성은 장치(100) 내의 배치에 따라 더 달라질 수 있다.
- [0181] 실시예에서, 압력 변경 스테이지(들)(14)는 고정 및/또는 회전 구성요소의 구조 및 배열 측면에서 작업 스테이지(10-1 내지 10-n)와 상이하게 구성될 수 있다. 따라서, 스테이지(들)(14)는 조정 가능한 블레이드 각도를 갖는 로터를 포함할 수 있으며; 선택적으로, 조정 가능한 블레이드 각도를 갖는 로터도 포함할 수 있다. 블레이드 각도는 공정 조건(공급원료 유형 및 그 압력, 온도, 질량 유량 등)을 충족시키도록 조정될 수 있다.
- [0182] 추가적으로 또는 대안적으로, 스테이지(들)(14)는 작업 스테이지(10)와 구조적으로 본질적으로 동일하게 구현될 수 있다. 이러한 경우, 더 높은 로터 속도를 제공할 수 있는 별도의 로터 샤프트에 스테이지(들)(14)를 설치하는 것을 통해 압력 변경/압력 상승 특성이 달성될 수 있다. 따라서 예를 들어, 2-스풀(spool) 엔진 구성은, 서로 다른 속도로 회전하는 샤프트를 분리하기 위해, 작업 스테이지(10)와 압력 조정 스테이지(14)를 연결하는, 장치(100)에 적용될 수 있다.
- [0183] 단일 및 다중 샤프트 구성으로 구현된 장치(100)가 도 8에 도시되어 있다. 단일 또는 다단계 유닛으로 구현된 장치 유닛(100-1, 100-2, 100-3)은 다중-스풀에 병렬로 배열되거나(도 8의 B, 다중-스풀의 병렬 배열) 직렬로 배열될 수 있다(도 8의 A, 다중-스풀의 직렬 배열). 직렬 및 병렬로 연결된 장치 유닛(100-1, 100-2)을 포함하는 조립체(100n)가 대응하는 점선 상자에 도시되어 있다.
- [0184] 각각의 스풀은, 전기 모터, 가스 터빈, 스팀 터빈 또는 이들의 조합 중 어느 하나에서 선택된 구동 유닛으로 구성된, 별도의 원동기(15)(15-1, 15-2, 15-3)에 의해 구동될 수 있다. 각각의 스풀은 요구되는 특정 의무에 따라 같거나 다른 회전 속도를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 구동 유닛은 바람직하게는 전기 모터이다.
- [0185] 전체적으로, 각각의 스테이지(작업 스테이지(10) 및 압력 조정 스테이지(14))는 서로 다른 작업로드 및/또는 용량으로 구성될 수 있다.
- [0186] 바람직하게는 장치(100)는 로터 샤프트 씰링 시스템(도시되지 않음)을 포함한다. 장치(100) 외부의 유체 누출을 방지하기 위해 로터 샤프트의 주위에 래버린스 씰, 브러시 씰(brush seal) 및/또는 리프 씰(leaf seal)을 포함하지만 이에 국한되지 않는 씰 시스템이 적용된다. 명시된 압력과 온도의 냉각수 유동은 로터 캐비티에 압력을 가하고 작동 유체의 누출을 방지하는 데 사용된다.

- [0187] 전술한 실시예에 따라 구성된 장치(100)는 설계 매개변수의 상대적으로 넓은 변화를 허용한다. 특히, 다단계 솔루션은 각각 서로 다른 체적 유량/체적 유동 용량을 갖는 다수의 스테이지로 구성될 수 있다. 따라서, 작업 입력 요구 사항 및/또는 혼합 수준은 각각의 스테이지 내에서 개별적으로 조정/조절될 수 있다.
- [0188] 모든 구성(100)에서, 유량은 로터 크기(직경, 4배 증가) 및/또는 블레이드 높이(선형 증가)를 변경함으로써 선택적으로 단계적으로 조정될 수 있다. 로터 블레이드의 가변적인 높이는 로터 샤프트의 로터 블레이드 열의 축 방향 위치를 조정함으로써 달성될 수 있으며, 이는 유사한 설계를 갖는 다른 스테이지를 통한 체적 유량을 변경하는 것을 가능하게 한다. 블레이드 루트 대 팁 반경 비율은 장치 구성에 따라 적절하게 조정될 수 있다. 그에 맞춰 고정 블레이드(2, 4)가 조정될 수 있다. 위에 표시된 방식으로 블레이드 매개변수를 수정하면 장치를 통한 체적 유동 용량이 증가할 수 있다(예를 들어 장치의 끝/출구에서 온도와 작업 입력 요구사항이 모두 가장 높다는 점을 고려).
- [0189] 실시예에서, 장치(100)는 다수의 촉매 표면(들) 또는 다른 촉매 요소(들)(도시되지 않음)를 더 포함한다. 촉매 표면은, 장치 내부의 미리 정의된 위치에 있는, 적어도 하나의 블레이드/베인 열(2, 3, 4)의 개별 블레이드 또는 베인, 로터 허브/디스크 및/또는 케이싱 표면 중 적어도 일부의 촉매 코팅에 의해 형성될 수 있다. 촉매 요소는 (다공성) 세라믹 또는 금속 기관(들) 또는 활성 코팅이 있는 서포트 캐리어(들)로 구성될 수 있다. 대안적으로, 모놀리식(monolithic) 허니콤 촉매가 활용될 수 있다.
- [0190] 실시예에서, 장치(100)(100A, 100B, 100C)는 중간 주입 및/또는 추출을 위한 기구를 더 포함한다. 상기 기구(도시되지 않음)는, 장치(100)를 열 교환기, 히터, 소스 화학물질 등과 같은 중간 시설과 연결하도록 구성된 매니폴드에 선택적으로 배열된 다수의 포트 및 도관을 포함한다. 예를 들어, 장치(100)는 주입/추출 도관의 시스템을 통해 적어도 하나의 열 교환기에 연결될 수 있다. 그러한 배열에서, 가열된 유체의 일부는 추출 도관(들)을 통해 장치(100)로부터 회수되고 열 에너지가 유체로부터 추출되는 열 교환기(들)로 안내된다. 열 교환기(들)는 추출된 유체를 예를 들어 섭씨 1000 내지 1500도에서 약 1000도 미만으로 냉각하도록 구성될 수 있다. 냉각된 유체는 장치(100)를 통해 전달되는 공정 유동으로 (주입 도관(들)/포트(들)를 통해) 다시 주입되거나(즉, 내부 가열을 위해), 전술한 냉각 설비에 사용된다.
- [0191] 추가적인 또는 대안적인 구성에서, 다른 곳에서 냉각되거나 가열된 유체(들)(예를 들어, 스팀)를 장치(100)에 공급하기 위해 및/또는 화학물질(촉매, 첨가제, 도판트(dopant) 등)을 주입하기 위해, 유사한 설비가 채택될 수 있다. 이러한 구성(들)에서, 중간 시설은 다수의 추가 열 교환기, 히터 및/또는 관련 화학물질 소스로 형성된다. 추출된/주입된 유체의 양을 조절하기 위해, 추출/주입 포트 및 관련 매니폴드에 밸브, 즉, 3방향 밸브 및 관련 감지기가 제공된다.
- [0192] 추출 및/또는 주입 포트는 케이싱(20)을 따라 입구(11)와 출구(12) 사이의 임의의 위치에 배열될 수 있다. 어떤 경우에는, 유체 매체가 본질적으로 가열 공정의 중간 지점에서 열 추출을 위한 장치로부터 배출되는 것이 바람직하다.
- [0193] 적어도 2개의 장치(100)를 병렬 또는 직렬로 연결하면, 조립체(100n)가 설정될 수 있다(도 8 참조). 상기 장치들 사이의 연결은 기계적 및/또는 기능적일 수 있다. 기능적(예를 들어, 유사한 공급원료를 처리하는 측면에서) 연결은 물리적으로 통합되거나 통합되지 않은 적어도 2개의 개별 장치 유닛(100)(100-1, 100-2, 100-3) 사이의 연관을 통해 설정될 수 있다. 후자의 경우, 적어도 2개의 장치(100) 사이의 연관은 다수의 보조 장치(도시되지 않음)를 통해 설정될 수 있다. 일부 구성에서, 조립체는, 서로 거울처럼, 중앙 샤프트를 통해 적어도 기능적으로 연결된, 적어도 2개의 장치를 포함한다. 이러한 거울 같은 구성은 기계적으로 직렬로(순차적으로) 연결된 적어도 2개의 장치(100)를 갖는 것으로 추가로 정의될 수 있는 반면, 기능적(예를 들어, 유체에 열을 입력하는 측면에서) 연결은 병렬(어레이로) 연결로 볼 수 있다. 일부 경우에, 전술한 "거울 같은" 조립체는 적어도 2개의 입구와 본질적으로 조립체의 중앙에 배치된 공통 배기(배출) 스테이지를 포함하도록 추가로 수정될 수 있다(도시되지 않음).
- [0194] 적어도 하나의 회전 장치(100) 또는 조립체(100n)를 적어도 하나의 열 소비 유닛/유틸리티(101)에 연결하면, 설비가 설정될 수 있으며(도 11의 점선 상자 참조), 이 배열은 또한 열-소비 시스템(1000)의 일부일 수 있다.
- [0195] 예를 들어, 다수의 열 교환기를 통해, 장치(들)(100, 100n)는 공통 열 소비 유닛/유틸리티(101)에 직접적으로 또는 간접적으로 연결될 수 있다. 열-소비 유닛/유틸리티(101)는 퍼니스, 오븐, 가마, 히터, 버너, 소각로, 보일러, 건조기, 컨베이어 장치, 반응기 장치 또는 이들의 조합을 포함하지만 이에 국한되지는 않는다.
- [0196] 열 소비 공정 시스템(1000)은 섭씨 약 500도(°C) 이상의 온도에서 다수의 유닛/유틸리티(101)를 통해 구현되는

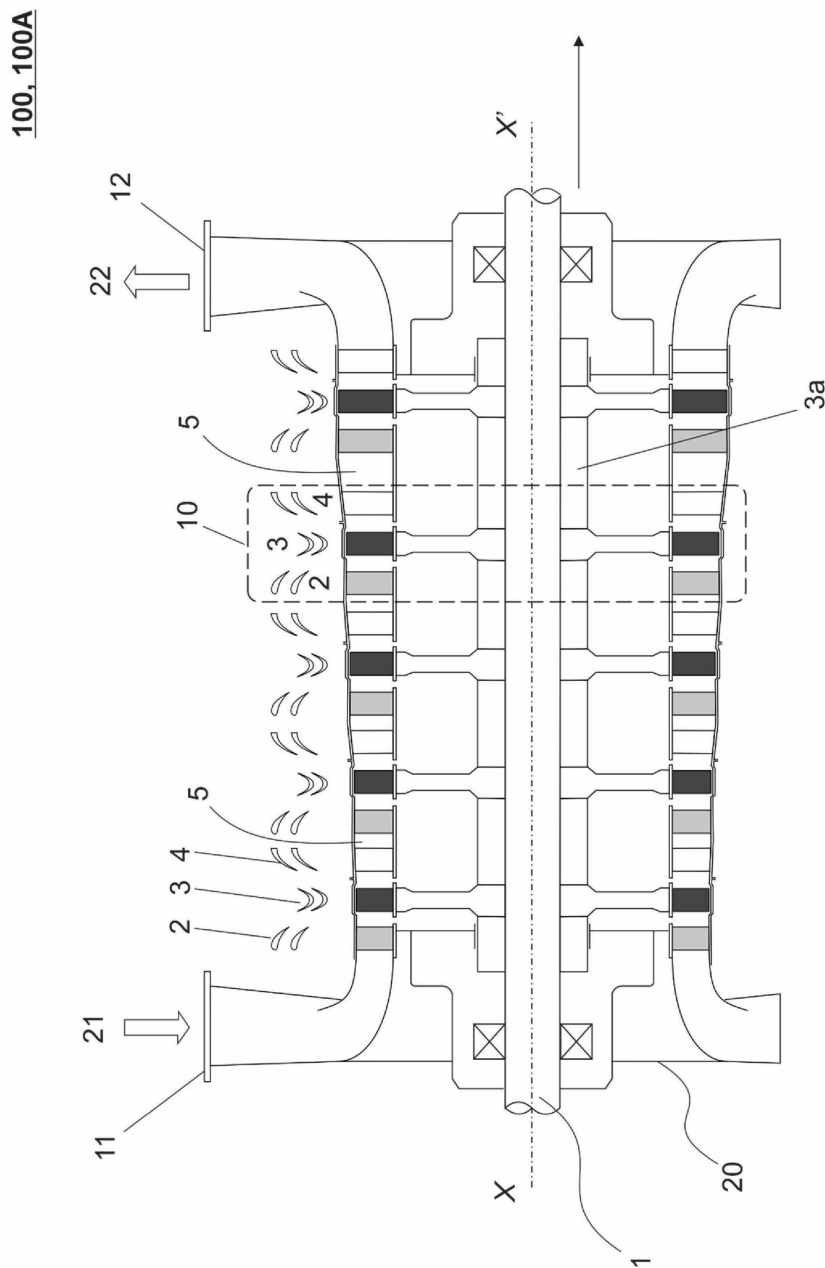
열-소비 산업 공정 또는 공정들을 수행하도록 구성된 시설이다. 실시예에서, 시설은 약 1200℃ 이상의 온도에서, 바람직하게는, 약 1400℃ 이상의 온도에서, 더욱 바람직하게는, 약 1700℃ 이상의 온도에서, 열-소비 산업 공정(들)을 수행하도록 구성된다. 전술한 냉각 기술을 적용하면 최대 2000 내지 2500℃의 온도가 달성될 수 있다. 시스템(1000)은 500℃ 미만의 온도에서 산업 공정의 적어도 일부를 수행하는 것에서 제외되지 않는다.

- [0197] 열-소비 유닛(들)/유틸리티 및 열-소비 공정(들)은 동일한 참조 번호 101로 지정된다. 이는 섹션(101)이 본질적으로 원자재나 원시 에너지 소스로부터 상품을 생산하는 것을 목표로 하는 산업 공정이나 일련의 산업 공정을 수행하도록 설계된 장비를 포함하는 산업 플랜트, 공장 또는 임의의 산업 시스템으로 구성된 공정 유닛을 지정한다는 점을 강조하기 위한 것이다. 본 명세서에서, "상품을 생산하는 것"이라는 표현은 (본 문맥에서는, 강철 또는 화학 화합물과 같은) 재료 및/또는 동력에 관한 제조, 추출 및/또는 정제를 포함하지만, 이에 국한되지는 않는다. 일부 실시예에서, 섹션(101)은, 예를 들어, 열-소비 공정을 수행하도록 구성된 퍼니스 또는 반응기 장치와 같은 열-소비 유틸리티를 나타낸다.
- [0198] 언급된 공정은 일반적으로 높은 열(열) 에너지 수요와 소비를 가지며, 기존 솔루션(즉, 여기에 제시된 열 통합 제도(1000) 외부)에서는, 대기로의 산업 배출물(가스 및 에어로졸)의 대부분을 구성한다. 본 명세서는 유체에 열 에너지를 입력하기 위한 장치 및 방법을 제공하며, 이는 열 에너지 수요가 높은 다양한 기존 산업 공정(101)에 추가로 사용될 수 있으며, 이에 의해 상기 공정의 에너지 효율이 현저히 향상되고 대기 중으로 방출되는 대기 오염 물질의 양이 감소될 수 있다. 따라서 장치(100)는 히터로서 사용되도록 채택될 수 있다.
- [0199] 입력 에너지의 양은 열-소비 유닛(들)에 연결되고 및/또는 시스템(1000)에 통합된 적어도 하나의 회전 장치(100)/조립체(100n)로 전달된다. 실시예에서, 입력 에너지는 전기 에너지를 포함한다. 실시예에서, 열-소비 시스템/공정 시설(1000)에 통합된 적어도 하나의 장치(100)로의 입력 에너지로서 전달되는 전기 에너지의 양은, 약 5 내지 약 100% 범위 내, 바람직하게는, 약 50 내지 약 100%의 범위 내로 제공된다. 따라서, 시스템(1000)에 통합된 적어도 하나의 장치(100)로의 입력 에너지로서 전달되는 전기 에너지의 양은 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 및 100%(총 에너지 입력 기준) 중 어느 하나 또는 위에 표시된 지점 사이에 속하는 임의의 중간 값이다.
- [0200] 장치(100)는 적어도 유체 매체(공급물(21))에 대한 히터로서 작용한다. 가열된 유체는 스트림(22)으로서 열-소비 공정(101)에 들어가고 배기 스트림(24)으로서 공정(101)/시스템(1000)에서 나간다. 유체의 적어도 일부는 시스템에서 재활용되어 공급 전처리로 다시 되돌아갈 수 있다(화살표 23; 전처리 유닛은 도시되지 않음).
- [0201] 따라서 고온 열-소비 시스템(1000)은 철강 제조; 시멘트 제조; 스티프-메탄 개질과 같은, 수소 및/또는 합성 가스 생산; 메탄을 수소, 연료 및/또는 화학물질로 변환; 고온 열 저장과 같은, 열 에너지 저장; 석유 및/또는 석유 화학 산업과 관련된 공정; 흡열 반응을 위한 촉매 공정; 소각을 통한 유해 및/또는 독성 물질의 처리 공정, 및 글라스 울, 탄소 섬유, 탄소 나노튜브, 벽돌, 세라믹 재료, 도자기 및 타일과 같은, 고온 재료를 제조하기 위한 공정을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 적어도 하나의 열-소비 공정을 수행하도록 구성된다.
- [0202] 한 측면에서, 유체 매체에 열 에너지를 입력하기 위한 방법이 제공되며, 상기 방법은 적어도 아래의 단계를 포함한다.
- [0203] - 적어도 하나의 입구와 적어도 하나의 출구를 갖는 케이싱,
- [0204] - 로터 샤프트에 장착된 로터 허브의 둘레에 배열된 임펄스 임펠러 블레이드로 구성된 적어도 한 열의 로터 블레이드를 포함하는 로터,
- [0205] - 적어도 한 열의 로터 블레이드의 상류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 노즐 가이드 베인, 및
- [0206] - 적어도 한 열의 로터 블레이드의 하류에 각각 배열된 적어도 한 열의 고정 디퓨저 베인을 포함하는
- [0207] (a) 전술한 실시예에 따라 구현된 회전 장치(100)(100A, 100B, 100C)를 얻는 단계;
- [0208] (b) 공정에 의해 부과된 요구사항을 만족하는 유체 매체 유량에 도달하기 위해 로터의 회전 속도를 미리 결정된 속도 또는 속도 범위로 조정하는 단계;
- [0209] (c) 유체 매체의 예열 수준을 조정하는 단계;
- [0210] (d) 유체 매체의 스트림이 노즐 가이드 베인, 로터 블레이드 및 디퓨저 베인에 의해 각각 형성된 블레이드/베인 열을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 전환에 의해, 유체 매체의 스트림에 열 에너지의 양을 부여하도록, 입구와 출구 사이의 케이싱 내부에 형성된 유동 경로를 따라 유체 매체의 스트림을 안내하는 단계.

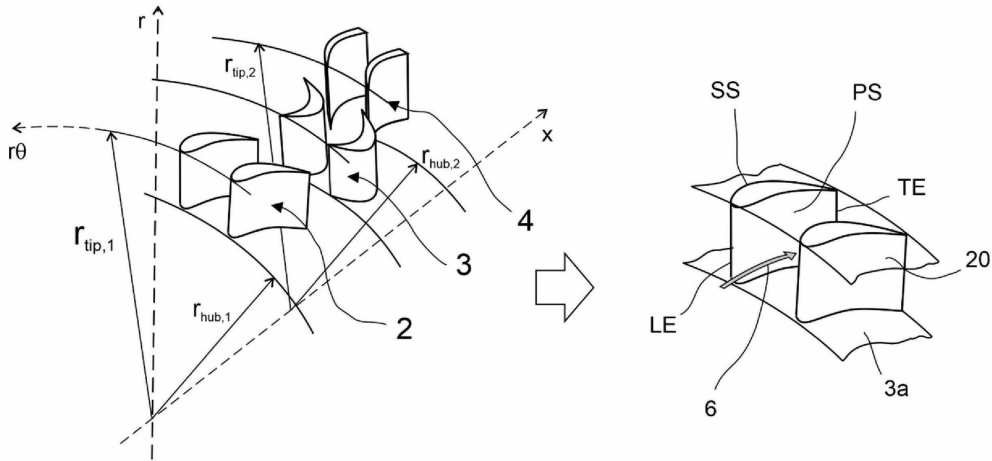
- [0211] 이 방법에서, 장치를 통해 전달되는 유체 매체의 스트림으로의 열 에너지 입력의 양은, 적어도 한 열의 디퓨저 베인으로부터의 출구와 적어도 한 열의 노즐 가이드 베인으로부터의 입구 사이에, 입구와 출구 사이의 케이싱 내부에 형성된 유동 경로의 방향으로, 형성된 공간을 변경함으로써 조절된다.
- [0212] 실시예에서, 유체 매체는 공급 가스, 재순환 가스, 보충 가스, 및 공정 유체 중 어느 하나를 포함한다. 실시예에서, 유체 매체 스트림은 본질적으로 기체 형태로 회전 장치에 유입된다. 실시예에서, 유체 매체의 스트림의 유량은 회전 장치의 작동 동안 조정 가능하다. 유량 조정은 로터 샤프트의 회전 속도를, 선택적으로 단계적으로, 조정함으로써 구현될 수 있다.
- [0213] 기술의 발전에 따라 본 발명의 기본 사상이 다양한 방식으로 구현될 수 있다는 것은 통상의 기술자에게 자명하다. 본 발명 및 그 실시예는 첨부된 청구범위의 범위 내에서 일반적으로 달라질 수 있다.

도면

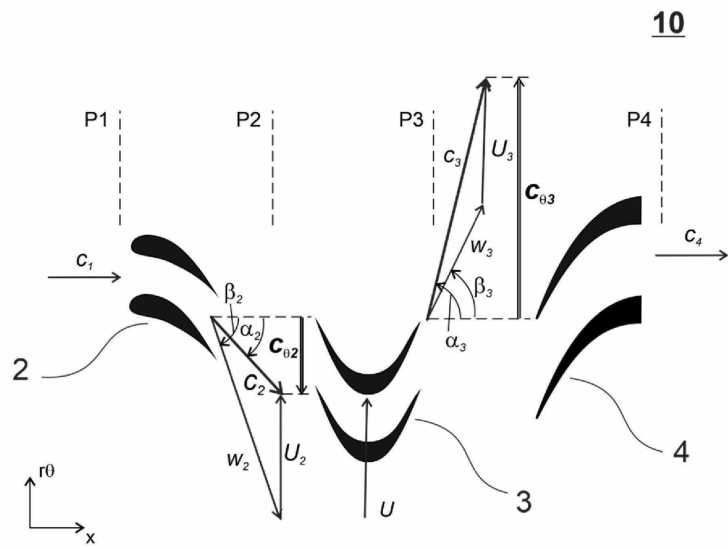
도면1a



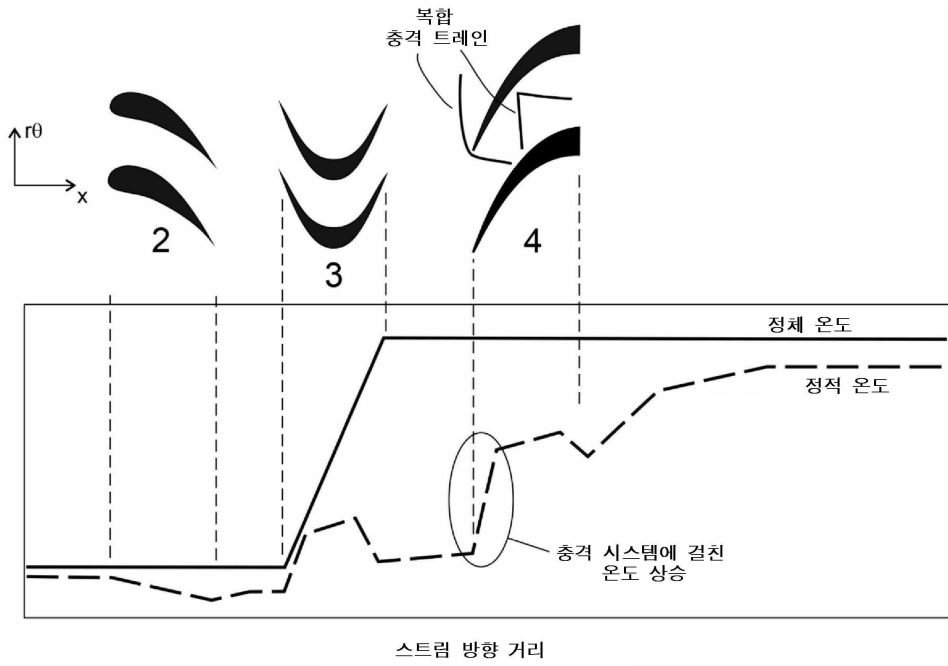
도면1b



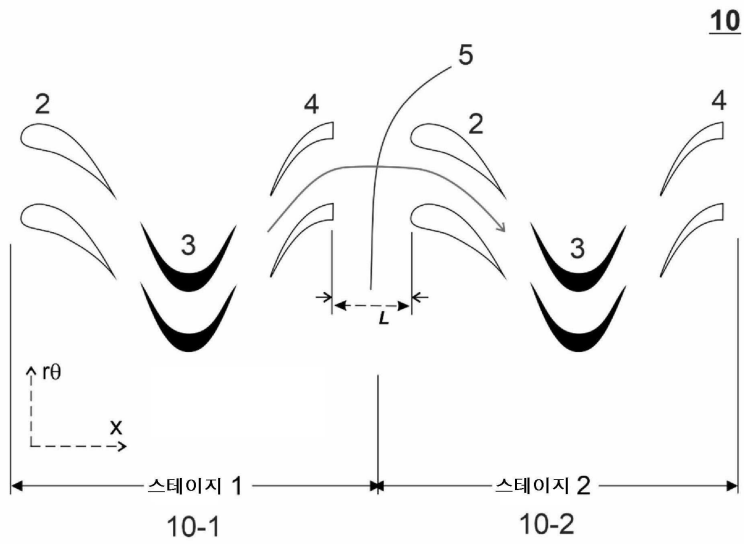
도면1c



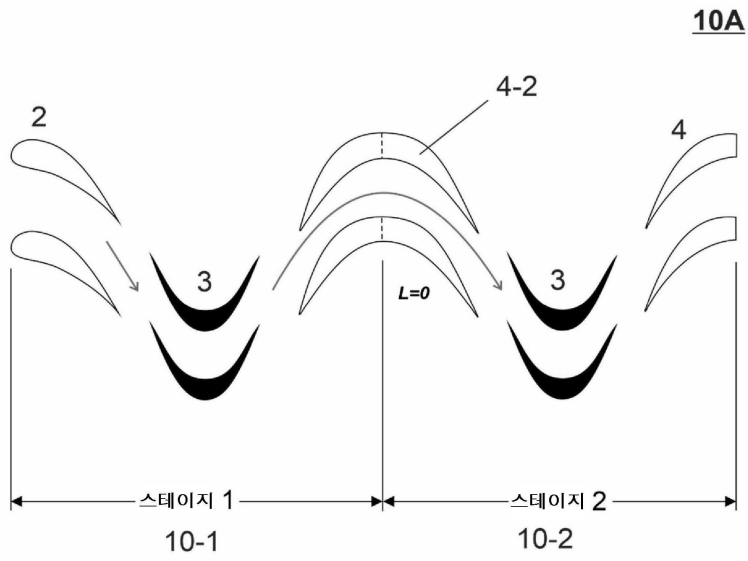
도면1d



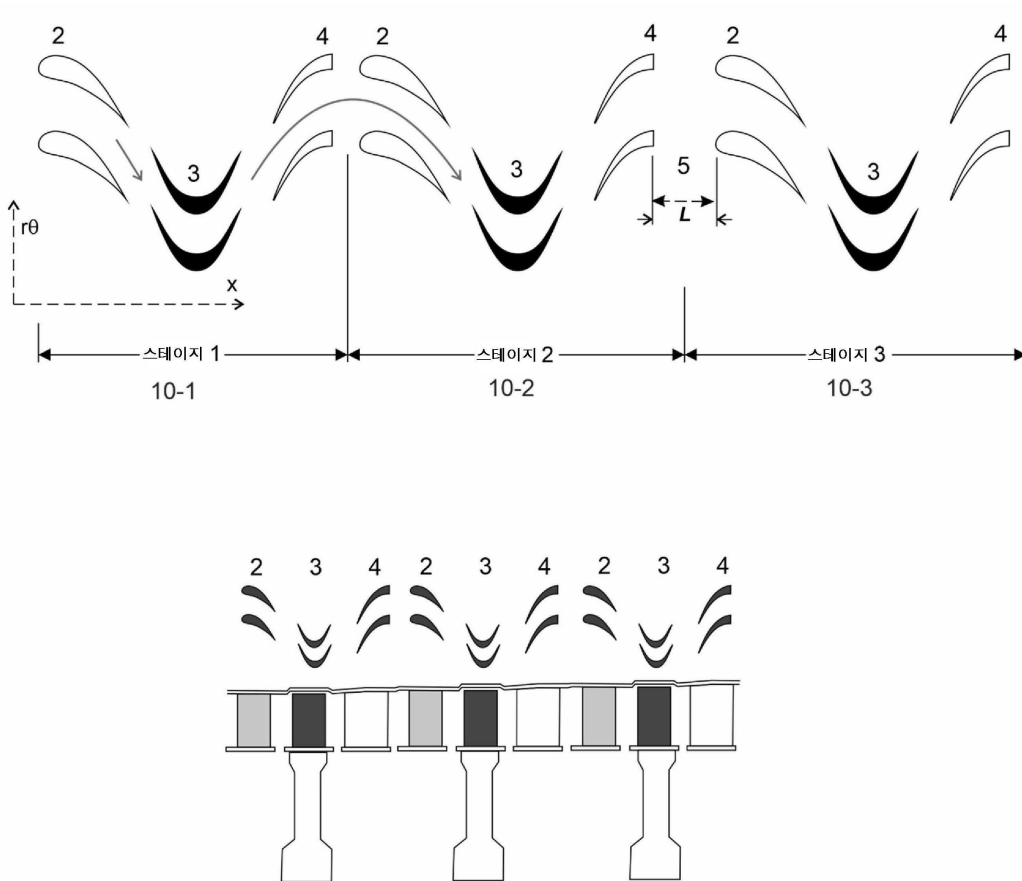
도면2a



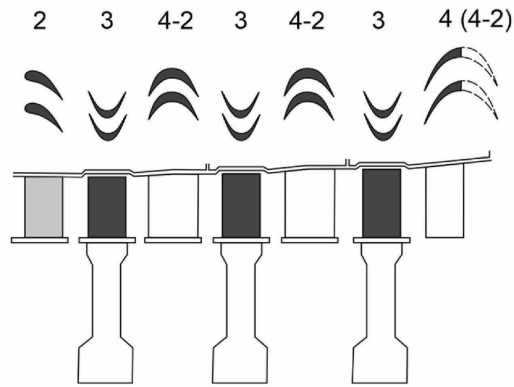
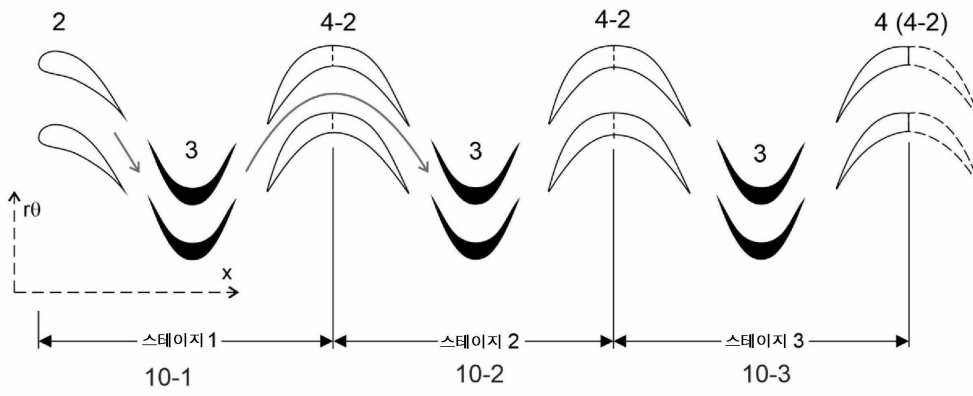
도면2b



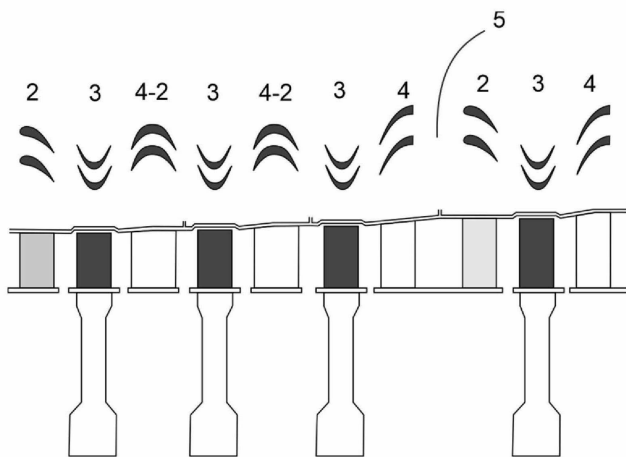
도면3a



도면3b



도면3c



도면4

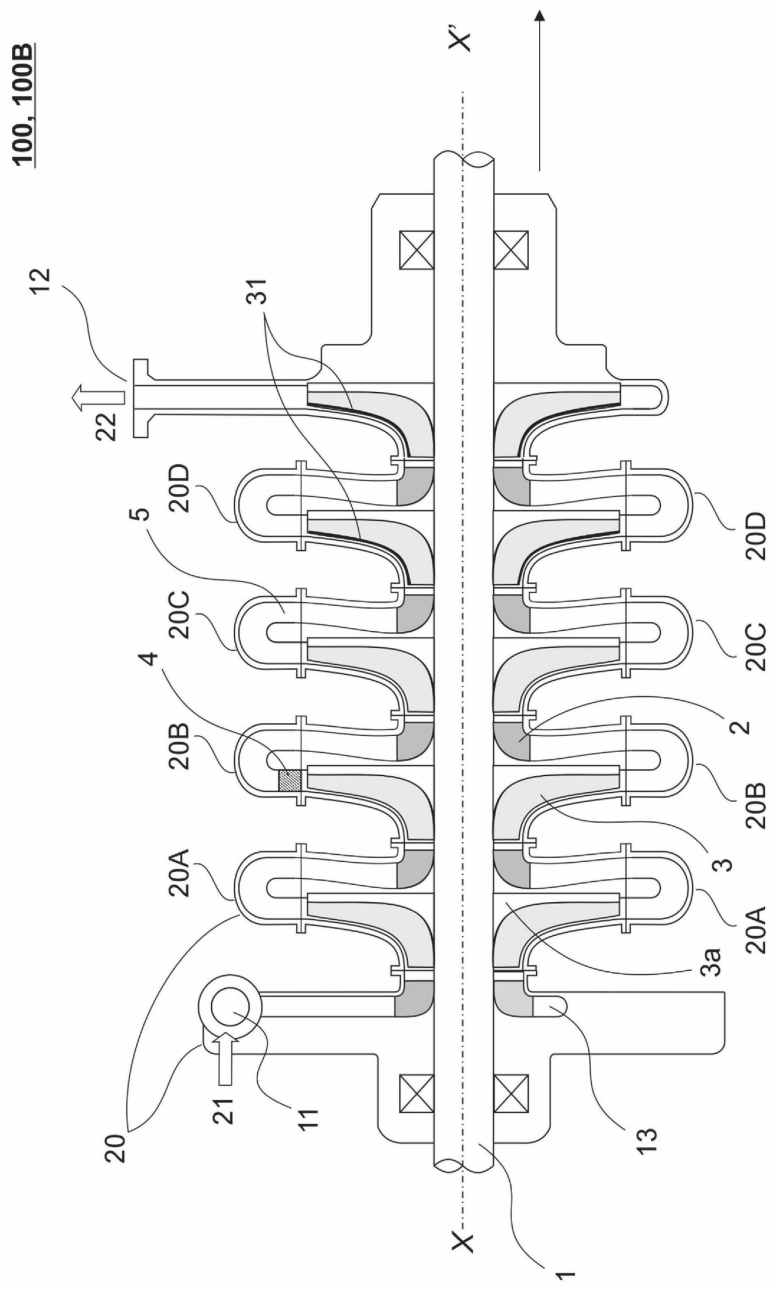
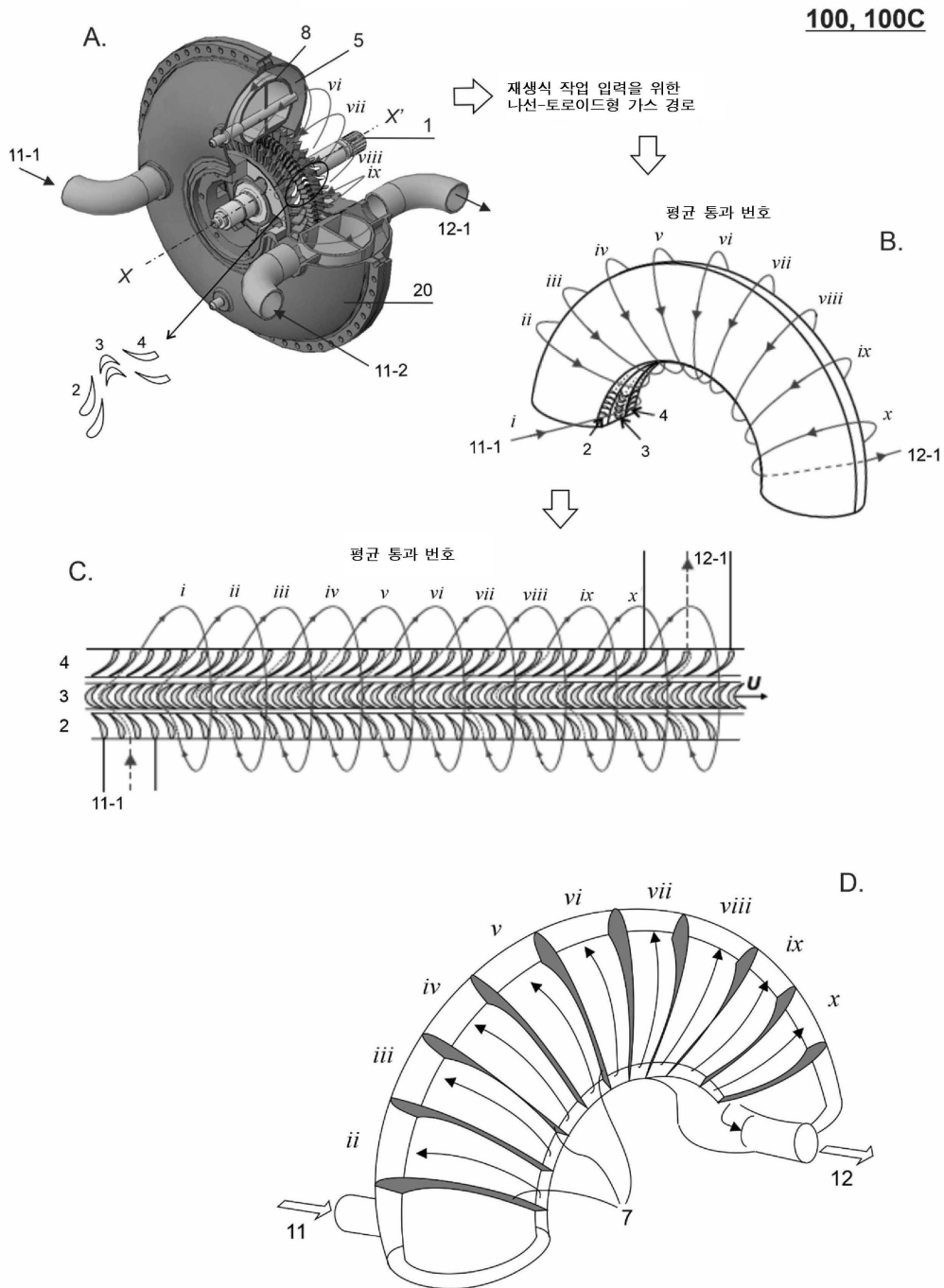


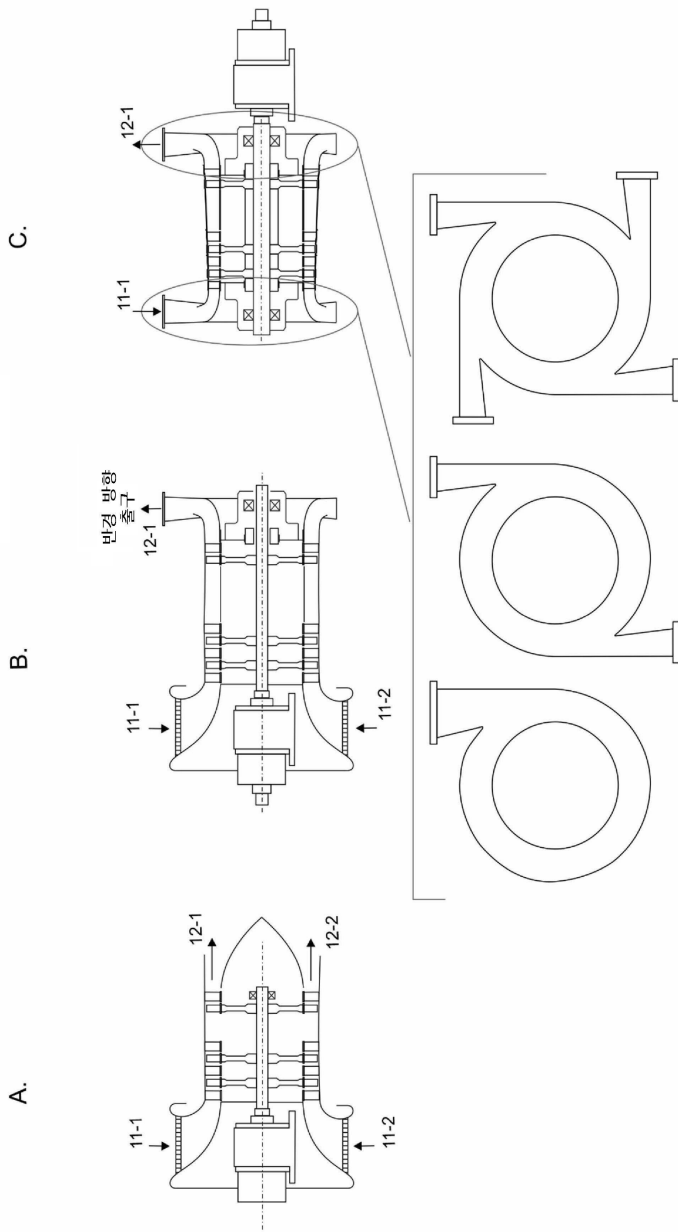
Figure 4

도면5

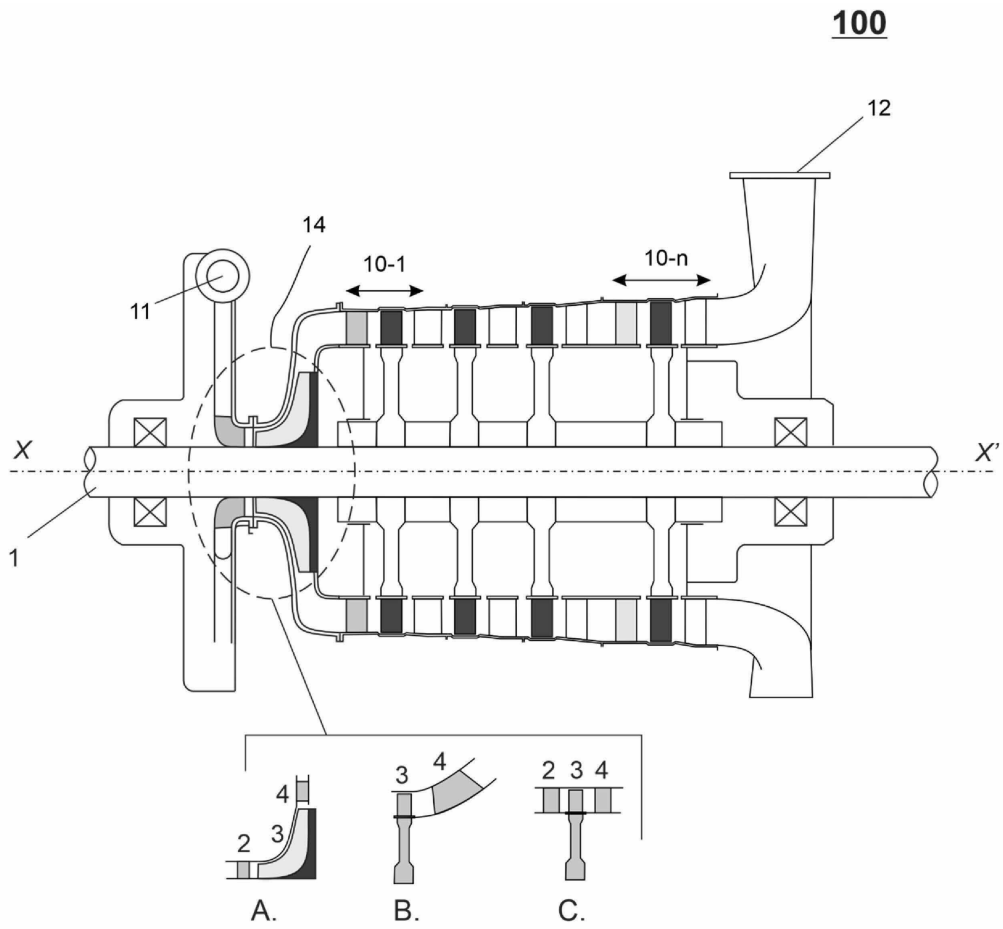


도면6

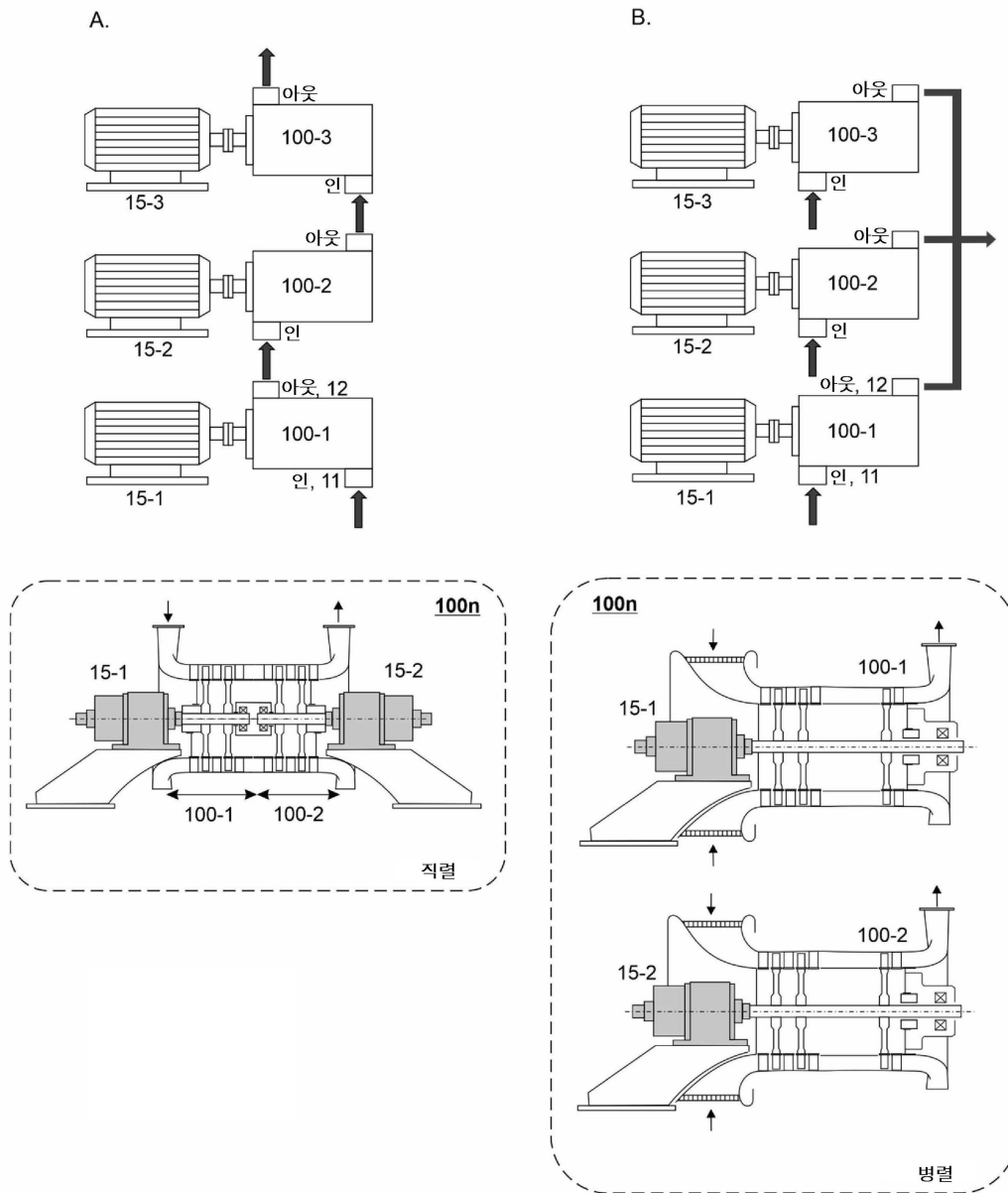
100



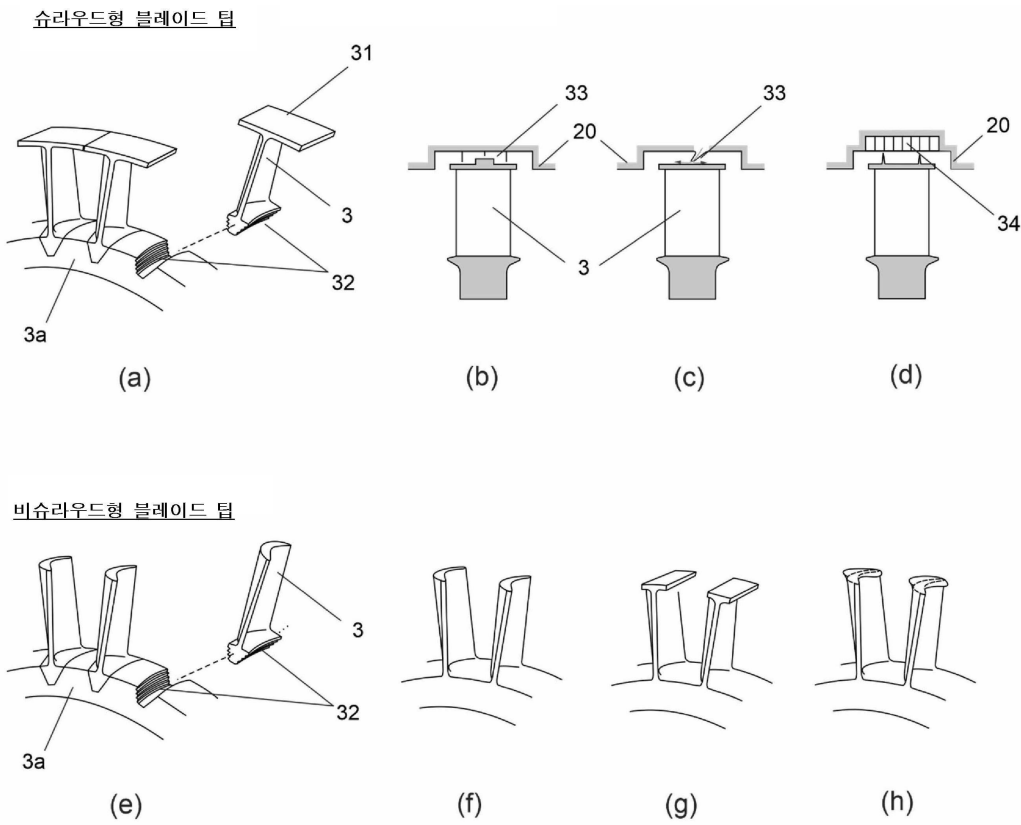
도면7



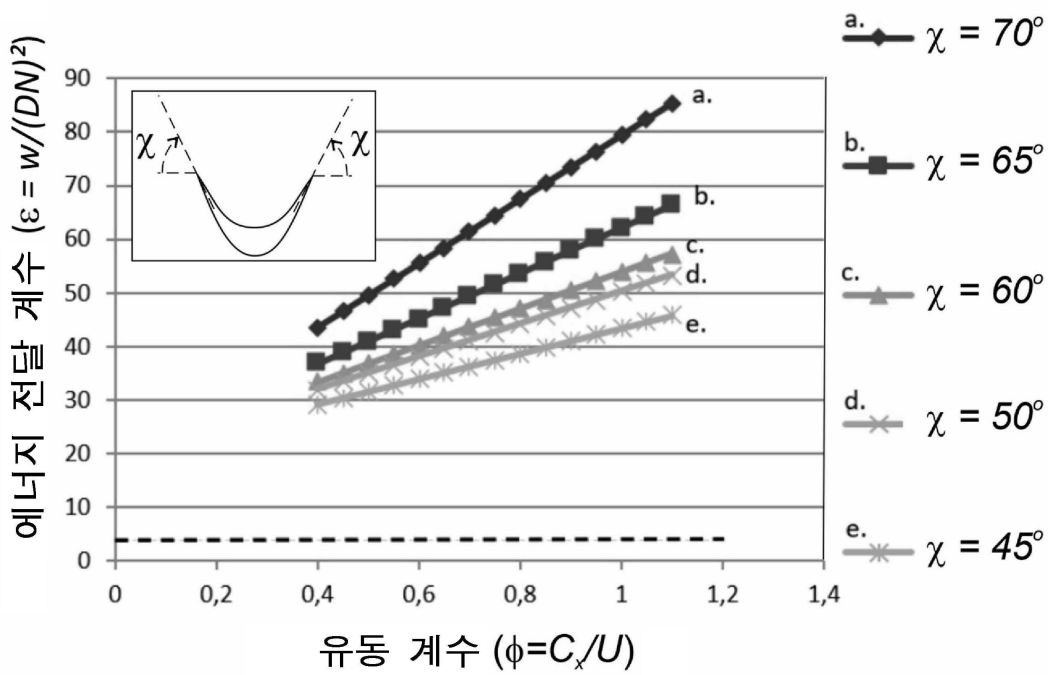
도면8



도면9



도면10



도면11

