



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월02일
(11) 등록번호 10-1314294
(24) 등록일자 2013년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28F 27/02 (2006.01) F28D 9/00 (2006.01)
F25B 39/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7009598
(22) 출원일자(국제) 2005년10월05일
심사청구일자 2010년10월05일
(85) 번역문제출일자 2007년04월27일
(65) 공개번호 10-2007-0073827
(43) 공개일자 2007년07월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/035986
(87) 국제공개번호 WO 2006/042015
국제공개일자 2006년04월20일
(30) 우선권주장
60/616,873 2004년10월07일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP10267586 A*
JP2002139292 A*
JP2003515717 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
브룩스 오토메이션, 인크.
미국 메사추세츠 켈름스포드 엘리자베스 드라이브 15 (우 : 01824)
(72) 발명자
보이아르스키, 미크하일
미국 18062 펜실베니아 마쿰지 프린스톤 로드 5373
포드치니아에브, 올레그
러시아 143005 모스크바 오딘트소보 #203 고보로바 슈트라쎬 36
플린, 케빈, 피.
미국 94947 캘리포니아 노바토 모스우드 코트 15
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 64 항

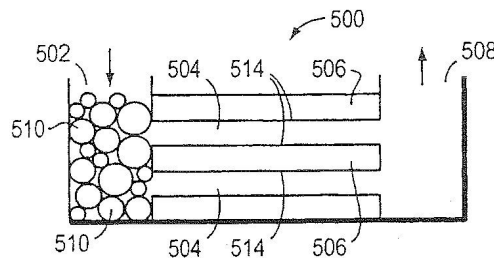
심사관 : 황동율

(54) 발명의 명칭 **냉각 프로세스를 위한 효율적인 열 교환기**

(57) 요약

열 교환기(500)는 유체 유입 매니폴드(502), 유체 배출 매니폴드(508), 유체 유입 매니폴드(502) 및 유체 배출 매니폴드(508)와 연통하도록 구성된 복수의 열전달 채널(504), 및 유체 유입 매니폴드(502) 내에 위치한 충전재(510)를 포함한다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

플레이트형 열 교환기로서,

유체 유입 매니폴드로서, 상기 유체 유입 매니폴드에 들어가는 혼합 냉매 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖는, 유체 유입 매니폴드;

유체 배출 매니폴드;

상기 유체 유입 매니폴드 및 상기 유체 배출 매니폴드와 연통하도록 구성되는 복수의 열전달 채널; 및

상기 유체 유입 매니폴드 내에 위치되는 충전재를 포함하고,

상기 혼합 냉매 유체가 상기 복수의 열전달 채널에서 유동하고,

상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,

플레이트형 열 교환기.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트형 열 교환기가 대향류 열 교환기인

플레이트형 열 교환기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트형 열 교환기가 짧은 경로(short pass) 열 교환기인

플레이트형 열 교환기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 충전재가 충전재 요소를 포함하는

플레이트형 열 교환기.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 충전재 요소가 불규칙한 충전재 요소를 포함하는

플레이트형 열 교환기.

청구항 9

제 7 항에 있어서,
 상기 충전재 요소가 구형 볼을 포함하는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 10

제 7 항에 있어서,
 상기 충전재 요소가 구형 요소, 타원형 요소, 고리형 요소, 원통형 요소, 새들형 요소, 회전 타원체형 요소, 리본형 요소 및 거즈형 요소로 이루어진 그룹으로부터 선택되는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 11

제 7 항에 있어서,
 상기 충전재 요소가 둘 이상의 크기 모드를 포함하며, 제 1 크기 모드를 갖는 하나 이상의 제 1 충전재 요소 세트 및 상기 제 1 크기 모드와 상이한 제 2 크기 모드를 갖는 제 2 충전재 요소 세트를 포함하는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 12

제 7 항에 있어서,
 상기 충전재 요소의 크기가 상기 복수의 열전달 채널 중 하나의 폭보다 더 큰
 플레이트형 열 교환기.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
 상기 유체 유입 매니폴드 내에 위치되는 구조화된 요소를 더 포함하는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 14

제 13 항에 있어서,
 상기 구조화된 요소가 상기 충전재를 고정시키는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 15

제 13 항에 있어서,
 상기 구조화된 요소가 원통형인
 플레이트형 열 교환기.

청구항 16

제 13 항에 있어서,
 상기 구조화된 요소가 제 1 단부 및 제 2 단부를 갖는 원뿔형이며, 상기 제 1 단부가 상기 제 2 단부보다 더 큰 횡단면을 갖는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
 상기 제 2 단부가 상기 유입 매니폴드의 비-유동 단부에 근접하여 위치되는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 18

제 13 항에 있어서,
 상기 구조화된 요소가 길이의 일부를 따라 변하는 횡단면적을 갖는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 19

삭제

청구항 20

제 1 항에 있어서,
 상기 플레이트형 열 교환기의 전체 열전달 계수가 헤더에 충전재 재료를 사용함으로써 2% 이상만큼 향상되는
 플레이트형 열 교환기.

청구항 21

플레이트형 열 교환기로서,
 제 1 유체 채널 세트와 적어도 제 2 유체 채널 세트를 형성하는 평행한 복수의 열전달 플레이트;
 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 유입 포트;
 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 배출 포트;
 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 유입 포트;
 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 배출 포트; 및
 상기 제 1 유체 유입 포트와 제 2 유체 유입 포트 중 하나 이상의 내부에 위치되는 충전재가 충전된 분배기
 (packed distributor)를 포함하고,
 상기 제 1 유체 유입 포트 및 상기 제 2 유체 유입 포트 중 하나 이상으로 들어가는 혼합 냉매 유체가 둘 이상
 의 상(phase)을 포함하고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온
 (very low temperature) 범위의 온도를 갖고 상기 제 1 유체 채널 세트 및 상기 제 2 유체 채널 세트 중 하나
 이상에서 유동하고,
 상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,
 플레이트형 열 교환기.

청구항 22

압축기; 및
 상기 압축기에 연결되는 하나 이상의 플레이트형 열 교환기를 포함하며,
 상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 헤더, 상기 헤더내에 위치되는 충전재, 및 열전달 채널을 포함하며,
 상기 열전달 채널이 상기 헤더 및 충전재를 통과하는 혼합 냉매 유체를 수용하도록 구성되고, 상기 혼합 냉매
 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유
 체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,

상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은, 냉각 시스템.

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 과열 저감기, 응축기, 둘 이상의 냉매 흐름 사이에서 열을 교환하는 열 교환기, 및 증발기로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 열 교환기로서 작동하는

냉각 시스템.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 냉각 섹션 내에 존재하는

냉각 시스템.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 냉각 섹션이 분리기를 포함하는

냉각 시스템.

청구항 28

삭제

청구항 29

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 수평으로 배향되는

냉각 시스템.

청구항 30

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 수직으로 배향되는

냉각 시스템.

청구항 31

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기는 온난한(warm) 단부가 상부로 향하도록 수직 배향되는

냉각 시스템.

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

플레이트형 열 교환기를 통하여 제 1 유체를 유동시키는 단계로서, 상기 플레이트형 열 교환기가:

제 1 유체 채널 세트와 적어도 제 2 유체 채널 세트를 형성하는 평행한 복수의 열전달 플레이트;

상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 유입 포트;

상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 배출 포트;

상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 유입 포트;

상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 배출 포트; 및

상기 제 1 유체 유입 포트와 제 2 유체 유입 포트 중 하나 이상의 내부에 위치되는 충전제가 충전된 분배기를 포함하며, 상기 제 1 유체가 상기 제 1 유체 유입 포트, 상기 제 1 유체 채널 세트, 및 상기 제 1 유체 배출 포트를 통해 유동하는, 제 1 유체를 유동시키는 단계, 및

상기 제 2 유체 채널 세트를 통해 제 2 유체를 유동시킴으로써 평행한 복수의 열전달 플레이트를 통해 상기 제 1 유체와 제 2 유체 사이에서 열이 교환되는 단계를 포함하고,

상기 제 1 유체 및 상기 제 2 유체 중 하나 이상이 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,

상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,

열 교환 방법.

청구항 36

제 35 항에 있어서,

열전달 매체를 생각하는 것,

방열기(heat sink)를 생각하는 것,

물품을 생각하는 것,

가스 흐름을 생각하는 것,

진공 펌핑 시스템 내의 크라이오 코일(cryocoil)을 생각하는 것,

생물의학 냉동기를 생각하는 것,

검출기를 생각하는 것,

산업 프로세스와 열을 교환하는 것,

화학 프로세스와 열을 교환하는 것, 및

제약 물질을 조제하는 것으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 프로세스에 사용되는

열 교환 방법.

청구항 37

제 36 항에 있어서,
반도체 웨이퍼를 냉각하는데 사용되는
열 교환 방법.

청구항 38

제 36 항에 있어서,
열전달 매체 또는 방열기를 사용하여 물품을 간접 냉각하는 것을 더 포함하는
열 교환 방법.

청구항 39

제 36 항에 있어서,
수증기를 응축시키도록 가스 흐름을 냉각시키는 것을 더 포함하는
열 교환 방법.

청구항 40

제 36 항에 있어서,
극저온(cryogenic) 분리에 사용하기 위해 가스 흐름을 냉각하는 것을 더 포함하는
열 교환 방법.

청구항 41

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 보수(sevicing) 방법으로서,
상기 냉각 시스템과 결합된 플레이트형 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함하며,
상기 플레이트형 열 교환기가 상기 매니폴드 및 열전달 채널을 포함하고,
상기 열전달 채널이 상기 매니폴드 및 충전재를 통과하는 유체를 수용하도록 구성되고, 상기 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,
상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,
냉각 시스템 보수 방법.

청구항 42

제 41 항에 있어서,
상기 충전재가 불규칙한 충전재인
냉각 시스템 보수 방법.

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법으로서,
 상기 냉각 시스템과 결합된 플레이트형 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함하며,
 상기 플레이트형 열 교환기가 상기 매니폴드 및 열전달 채널을 포함하고,
 상기 열전달 채널이 상기 충전재 주위에서 상기 매니폴드를 통과하는 유체를 수용하도록 구성되고, 상기 유체가
 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기
 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,
 상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,
 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 46

제 45 항에 있어서,
 상기 충전재가 불규칙한 충전재를 포함하는
 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

제 22 항에 있어서,
 상기 냉각 시스템이 상기 헤더 내로 삽입되는 카트리지를 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 50

제 49 항에 있어서,
 상기 카트리지가 구조화된 충전재를 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 51

제49항에 있어서,
 상기 카트리지가 변하는 크기의 충전재 요소를 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 52

제22항에 있어서,
 상기 냉각 시스템이 상기 충전재를 제 위치에 고정하는데 사용되는 구조물을 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 53

제52항에 있어서,

상기 구조물이 냉매 유체의 유동을 허용할 만큼 투과성인

냉각 시스템.

청구항 54

제52항에 있어서,

상기 구조물이 망사, 스크린 또는 다공성 호일로 구성되는 그룹으로부터 선택되는

냉각 시스템.

청구항 55

제52항에 있어서,

상기 구조물이 와이어 망사, 폴리머 망사, 금속 호일 및 플라스틱 호일로 구성되는 그룹으로부터 선택되는

냉각 시스템.

청구항 56

제52항에 있어서,

상기 구조물은 매니폴드의 유입 단부로부터 매니폴드의 비-유동 단부까지 매니폴드를 따라 가변성 형상 구조물, 원통형 구조물, 대칭 구조물, 비대칭 구조물, 및 변하는 횡단면적의 구조물로 구성되는 그룹으로부터 선택된 구조물을 포함하는

냉각 시스템.

청구항 57

제56항에 있어서,

상기 구조물이 매끄러운 연속 방식(smooth continuous fashion), 파형 방식, 및 계단식 연속 방식 중 하나 이상으로 변화하는 형상을 포함하는 가변 형상을 갖는 중실형 요소를 포함하는

냉각 시스템.

청구항 58

압축기; 및

상기 압축기에 연결되는 하나 이상의 플레이트형 열 교환기를 포함하며,

상기 하나 이상의 플레이트형 열 교환기가 헤더, 상기 헤더 내에 위치되는 충전재, 및 열전달 채널을 포함하며,

상기 충전재가 중실형 요소를 포함하고, 상기 열전달 채널이 상기 헤더를 통과하는 유체를 수용하도록 구성되고, 상기 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,

상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,

냉각 시스템.

청구항 59

제58항에 있어서,

상기 충전재가 상기 헤더에 설치되는 카트리지를 포함하는

냉각 시스템.

청구항 60

제58항에 있어서,
 상기 충전재가 유동 채널을 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 61

제58항에 있어서,
 다른 충전재가 상기 증실형 요소를 둘러싸는
 냉각 시스템.

청구항 62

제61항에 있어서,
 상기 다른 충전재가 리본형 요소를 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 63

제61항에 있어서,
 상기 다른 충전재가 유동 채널을 포함하는
 냉각 시스템.

청구항 64

제58항에 있어서,
 상기 증실형 요소는 매끄러운 연속 방식, 파형 방식 및 계단식 연속 방식 중 하나 이상으로 변화하는 형상을 포함하는 가변 형상을 갖는
 냉각 시스템.

청구항 65

삭제

청구항 66

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 보수(sevicing) 방법으로서,
 상기 냉각 시스템과 결합된 플레이트형 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함하며,
 상기 충전재가 증실형 요소를 포함하고, 상기 플레이트형 열 교환기가 상기 매니폴드 및 상기 매니폴드를 통과하는 유체를 수용하도록 구성된 열전달 채널을 포함하고, 상기 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,
 상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 67

제66항에 있어서,
 상기 충전재가 카트리지를 포함하는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 68

제66항에 있어서,
 상기 충전재가 유동 채널을 포함하는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 69

제66항에 있어서,
 다른 충전재가 상기 중실형 요소를 둘러싸는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 70

제69항에 있어서,
 상기 다른 충전재가 리본형 요소를 포함하는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 71

제69항에 있어서,
 상기 다른 충전재가 유동 채널을 포함하는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 72

제66항에 있어서,
 상기 중실형 요소는 매끄러운 연속 방식, 파형 방식 및 계단식 연속 방식 중 하나 이상으로 변화하는 형상을 포함하는 가변 형상을 갖는
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템을 보수하는 방법.

청구항 73

삭제

청구항 74

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법으로서,
 상기 냉각 시스템과 결합된 플레이트형 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함하는
 상기 충전재가 중실형 요소를 포함하고, 상기 플레이트형 열 교환기가 상기 매니폴드 및 상기 매니폴드를 통과하는 유체를 수용하도록 구성된 열전달 채널을 포함하고, 상기 유체가 둘 이상의 상(phase)을 포함하는 혼합 냉매 유체이고, 상기 둘 이상의 상이 증기 및 액체 상을 포함하며, 상기 혼합 냉매 유체가 극저온(very low temperature) 범위의 온도를 갖고,
 상기 플레이트형 열 교환기에서의 압력 강하가 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi 보다 크지 않은,
 극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 75

제74항에 있어서,
 상기 충전재가 카트리지를 포함하는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 76

제74항에 있어서,

상기 충전제가 유동 채널을 포함하는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 77

제74항에 있어서,

다른 충전제가 상기 증실형 요소를 둘러싸는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 78

제77항에 있어서,

상기 다른 충전제가 리본형 요소를 포함하는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 79

제77항에 있어서,

상기 다른 충전제가 유동 채널을 포함하는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 80

제74항에 있어서,

상기 증실형 요소는 매끄러운 연속 방식, 파형 방식 및 계단식 연속 방식 중 하나 이상으로 변화하는 형상을 포함하는 가변 형상을 갖는

극저온 혼합 냉매 냉각 시스템 제조 방법.

청구항 81

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 여기에 전체로서 참조되는 2004년 10월 7일에 제출된 미합중국 가출원 제60/616,873호의 특징을 청구한다.

배경기술

[0002] 통상적으로 저온 및 극저온(cryogenic) 냉각은 극저온 분리를 위하여 유체 흐름을 냉각하고, 수증기를 증류하여 진공 프로세스시 낮은 증기압을 발생시키며, 반도체 웨이퍼 프로세스, 영상 검출기와 방사 검출기, 산업용 열전달 및 생물 약제와 생물 의학적 적용 그리고 생물 의학적 저장기, 및 화학 프로세스와 같은 제조 프로세스 시 물품을 냉각하는데 사용된다. 일반적으로, 냉각 사이클은 냉매 가스를 압축하고, 냉각제에 의한 열교환을 통해 가스를 응축하며, 추가의 냉각을 달성하도록 감압되거나 팽창된 가스를 회수하여 열을 더 교환할 수 있다. 종종 냉각 사이클의 일부는 2상 액체/가스 유동을 갖는다.

[0003] 통상적인 냉각 사이클은 하나 이상의 열 교환기를 가질 수 있다. 이들 열 교환기는 압축 가스를 응축하고, 팽

창후에 열을 흡수하며, 또는 압축된 유체와 회수된 팽창 가스 사이의 열을 교환하도록 작동할 수 있다. 통상적으로는 다관형(shell and tube), 이중 관형(tube in tube), 또는 비틀림 관형 열교환 시스템을 사용한다.

[0004] 다관형, 이중 관형 또는 비틀림 관형 열교환기는 가격이 저렴하며, 2상 유동 환경에서조차 낮은 압력 강하를 나타낸다. 그러나 관형 교환기는 교환기의 단위 체적 또는 길이당 작은 표면적을 갖는다. 희망 열전달 표면적을 얻기 위해서는 길게 연장된 배관이 사용된다. 이들 열 교환기는 제한된 공간에서 감기고 구부러져서 비용을 상승시킨다.

[0005] 플레이트형 열 교환기는 용적비에 비해 표면적이 더 크며 더 소형이다. 그러나 통상적인 플레이트형 열 교환기는 값이 더 비싸며, 2상 유동 환경에서 효율적이지 못하여 종종 채널들 사이에서 각 상에 대한 열악한 분배를 나타낸다. 열악한 분배는 안정성, 열 교환기 효과, 열전달 계수 및 시스템 효율을 감소시키고 압력 강하를 증가시키며, 초저온 및 극저온인 경우에는 냉동 상태를 초래할 수 있다. 반면, 플레이트형 열 교환기에 사용되는 통상적인 2상 유동 분배기는 (18 psi보다 더 큰) 높은 압력 강하를 나타낸다.

[0006] 따라서, 개선된 열 교환기가 요구될 것이다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명의 양태는 열 교환기이다. 열 교환기는 유체 유입 매니폴드, 유체 배출 매니폴드, 상기 유체 유입 매니폴드 및 상기 유체 배출 매니폴드와 연통하도록 구성되는 복수의 열전달 채널, 및 상기 유체 유입 매니폴드 내에 위치되는 충전재(packing)를 포함한다.

[0008] 또한, 관련 실시예에서, 상기 유체 유입 매니폴드에 들어가는 유체는 둘 이상의 상을 포함하며, 상기 상은 증기 및 액체를 포함할 수 있다. 상기 열 교환기는 대향류 열 교환기(counter-flow heat exchanger) 또는 짧은 경로 플레이트형 열 교환기(short pass plate type heat exchanger)와 같은 플레이트형 열 교환기일 수 있다. 충전재는 불규칙한(random) 충전재 요소 또는 구형 볼과 같은 충전재 요소를 포함할 수 있으며; 또는 구형 요소, 타원형 요소, 고리형 요소, 원통형 요소, 새들형 요소, 회전 타원체형 요소, 리본형 요소 및 거즈형 요소로 이루어진 그룹으로부터 선택될 수 있다. 상기 충전재 요소는 둘 이상의 크기 모드를 포함할 수 있으며, 제 1 크기 모드를 갖는 하나 이상의 제 1 충전재 요소 세트 및 상기 제 1 크기 모드와 상이한 제 2 크기 모드를 갖는 제 2 충전재 요소 세트를 포함한다. 상기 충전재 요소의 (최단 크기와 같은) 크기는 상기 복수의 열전달 채널 중 하나의 폭보다 더 클 수 있다. 상기 열 교환기는 상기 유체 유입 매니폴드 내에 위치한 구조화된 요소를 포함하며, 상기 구조화된 요소는 상기 충전재를 고정시킬 수 있다. 상기 구조화된 요소는 원통형일 수 있으며; 또는 제 1 단부와 제 2 단부를 가지며 상기 제 1 단부가 상기 제 2 단부보다 더 큰 횡단면을 갖는 원뿔형일 수 있다. 제 2 단부는 상기 유입 매니폴드의 비-유동 단부에 근접하여 위치될 수 있으며, 또는 상기 유입 매니폴드의 유동 단부에 근접하여 위치될 수 있다. 구조화된 요소는 길이의 일부를 따라 변하는 횡단면적을 가질 수 있다. 상기 열 교환기에 걸친 압력 강하는 초당 3 m의 유속에 대해 5 psi보다 크지 않을 수 있다. 상기 열 교환기의 전체 열전달 계수는 헤더에 충전재 재료를 사용함으로써 2% 이상만큼 향상될 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 양태는 열 교환기이다. 열 교환기는 제 1 유체 채널 세트와 하나 이상의 제 2 유체 채널 세트를 형성하는 평행한 복수의 열전달 플레이트, 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 유입 포트, 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 배출 포트, 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 유입 포트, 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 배출 포트, 및 상기 제 1 유체 유입 포트와 제 2 유체 유입 포트 중 하나 이상의 내부에 위치되는 충전재가 충전된 분배기(packed distributor)를 포함한다. 일부 대안적인 구성에서는 3개 이상의 유체 흐름이 내장된다.

[0010] 본 발명의 또 다른 양태는 냉각 시스템이다. 상기 냉각 시스템은 압축기 및 상기 압축기에 연결되는 하나 이상의 열 교환기를 포함한다. 상기 하나 이상의 열 교환기는 헤더, 상기 헤더내에 위치되는 충전재, 및 열전달 채널을 포함한다. 상기 열전달 채널은 상기 헤더 및 충전재를 통과하는 유체를 수용하도록 구성된다.

[0011] 또한, 관련 실시예에서, 냉각 시스템은 혼합 냉매를 포함할 수 있다. 헤더는 2상 유체를 수용하도록 구성될 수 있다. 상기 냉각 시스템은 200 K 이하의 온도에 도달하도록 구성될 수 있다. 하나 이상의 열 교환기는 과열 저장기, 응축기, 둘 이상의 냉매 흐름 사이에서 열을 교환하는 열 교환기, 및 증발기로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 열 교환기로서 작동할 수 있다. 상기 하나 이상의 열 교환기는 냉각 섹션에 부품을 포함할 수 있다. 상기 냉각 섹션은 분리기를 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 열 교환기는 플레이트형 열 교환기일 수 있고, 수평 또는 수직으로 배향될 수 있으며; 온난한 단부가 상부로 향하며 수직 배향될 수도 있다. 상기 냉각 시스템은 단일 성분 냉매를 포함할 수 있다. 냉각 시스템은 극저온 냉각 시스템(very low temperature system)일

수도 있으며; 혼합 냉매를 포함할 수 있다. 냉각 시스템은 냉각 모드 및 대기 모드 중 어느 하나 이상; 또는 냉각 모드, 대기 모드, 및 제상 모드(defrost mode) 중 어느 하나 이상에서 작동할 수 있다.

- [0012] 또한, 본 발명의 양태는 열교환 방법이다. 상기 방법은 열 교환기를 통해 제 1 유체를 유동시키는 단계 및 열 교환기를 통해 제 2 유체를 유동시키는 단계를 포함한다. 상기 열 교환기는 제 1 유체 채널 세트와 하나 이상의 제 2 유체 채널 세트를 형성하는 평행한 복수의 열전달 플레이트, 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 유입 포트, 상기 제 1 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 1 유체 배출 포트, 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 유입 포트, 상기 제 2 유체 채널 세트와 연통하도록 구성되는 제 2 유체 배출 포트, 및 상기 제 1 유체 유입 포트와 제 2 유체 유입 포트 중 하나 이상의 내부에 위치되는 충전재가 충전된 분배기를 포함한다. 상기 제 1 유체는 상기 제 1 유체 유입 포트, 상기 제 1 유체 채널 세트, 및 상기 제 1 유체 배출 포트를 통해 유동한다. 상기 제 2 유체는 상기 제 2 유체 채널 세트를 통해 유동한다. 열은 평행한 복수의 열전달 플레이트를 통해 상기 제 1 유체와 제 2 유체 사이에서 교환된다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 양태는 냉각 시스템을 제공하는 방법이다. 상기 방법은 냉각 시스템과 결합된 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함한다. 상기 열 교환기는 매니폴드 및 열전달 채널을 포함한다. 상기 열전달 채널은 상기 매니폴드 및 충전재를 통과하는 유체를 수용하도록 구성된다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 양태는 냉각 시스템을 제조하는 방법이다. 상기 방법은 냉각 시스템과 결합된 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전재를 삽입하는 단계를 포함한다. 상기 열 교환기는 매니폴드 및 열전달 채널을 포함한다. 상기 열전달 채널은 상기 충전재 주위에서 상기 매니폴드를 통과하는 유체를 수용하도록 구성된다.
- [0015] 본 발명의 진술한 여타 목적, 특징 및 이점은, 동일한 참조 부호가 상이한 도면에 걸쳐서 동일한 부분을 지칭하는 첨부 도면에 도시되어 있는 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 하기의 보다 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 도면은 반드시 비율에 맞춰질 필요가 없는 대신 강조되어 본 발명의 원리를 나타낸다.

실시예

- [0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.
- [0026] 냉각 시스템은 다양한 적용에서 냉각을 제공한다. 일부 적용은 230 K 이하, 183 K 이하 또는 108 K 이하와 같이, 통상적으로 230 K보다 낮은 초저온 및 극저온을 활용한다. 캐스케이드 장치 및 자동 캐스케이드 사이클과 같은 냉각 장치가 낮은 희망 온도를 얻기 위해 사용될 수 있다. 이들 냉각 시스템은 하나 이상의 열 교환기를 활용하여 냉각 사이클의 일부분으로부터 열을 배출하며 냉각 사이클의 다른 부분에서 열을 흡수한다.
- [0027] 도 1은 제 1 냉각 사이클(116) 및 제 2 냉각 사이클(118)을 갖는 예시적인 냉각 시스템을 도시한다. 제 1 냉각 사이클(116) 및 제 2 냉각 사이클(118)은 열 교환기 또는 응축기(108)를 통해서 제 1 냉각 사이클(116)이 제 2 냉각 사이클을 냉각시키는 캐스케이드 형태로 배치된다.
- [0028] 냉매는 제 1 냉각 사이클(116)에서 압축기(102)에 의해 압축된다. 압축된 냉매는 열 교환기(104) 또는 응축기에서 냉각되어 냉매를 응축시킨다. 응축된 냉매는 팽창기(106)를 통해 팽창되며 열 교환기(108)에서 가열되어 냉매를 증발시킨다. 증발된 냉매는 압축기(102)로 반환된다.
- [0029] 제 2 냉각 사이클(118)에서 제 2 냉매는 압축기(114)에 의해 압축된다. 압축된 제 2 냉매는 과열 저장기(120)에 의해 실온으로 냉각된 후, 열 교환기(108)에서 응축된다. 제 1 냉매를 열 교환기(108)에서 실질적으로 증발 시킴으로써, 제 2 냉매가 응축된다. 응축된 제 2 냉매는 팽창기(110)에서 팽창되고 열 교환기(112)에서 가열되어 제 2 냉매를 증발시킨다. 팽창기(106, 110)는 밸브, 모세관, 터빈 팽창기 또는 압력 강하 플레이트일 수 있다. 증발된 제 2 냉매는 압축기(114)로 반환된다.
- [0030] 열 교환기(112)는 프로세스 또는 물품을 냉각하는데 사용될 수 있다. 열 교환기(112)는 예를 들면, 열전달 매체, 방열기 또는 물품을 냉각시킬 수 있다. 물품은 열전달 매체 또는 방열기를 사용하여 간접적으로 냉각될 수 있다. 일 실시예에서, 물품은 반도체 웨이퍼이다. 다른 예시적 실시예에서, 열 교환기(112)는 가스 흐름을 냉각시켜 예를 들면 수증기를 응축시킬 수 있다. 또 다른 예시적 실시예에서, 열 교환기(112)는 극저온 분리에 사용하기 위한 흐름을 냉각하는데 사용될 수 있다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 열 교환기(112)는 진공 펌핑 시스템 내의 크라이오 코일을 냉각하는데 사용된다. 또 다른 예시적 실시예에서, 열 교환기(112)는 생물 의학 적 냉동기를 냉각하는데 사용되고, 검출기를 냉각하는데 사용되며, 또는 산업 프로세스, 화학 프로세스 또는 제약 물질의 조제와 열을 교환하는데 사용된다.

- [0031] 열 교환기(104, 108, 112, 120)는 예를 들면 플레이트형 열 교환기, 이중 관형 열 교환기, 또는 다관형 열 교환기일 수 있다. 열 교환기는 예를 들면 열 교환기에 공급되는 하나 이상의 매니폴드에 충전재 또는 충전재가 충전된 분배기를 포함할 수 있다.
- [0032] 제 1 냉매는 단일 성분일 수 있거나, 염화불화탄소(chlorofluorocarbons), 염화불화탄화수소(hydrochlorofluorocarbons), 탄화불소(fluorocarbons), 수소화불화탄소(hydrofluorocarbons), 플루오로에테르(fluoroethers), 탄화수소(hydrocarbons), 대기가스, 불활성기체, 저반응 성분, 극저온 가스, 및 이들의 조합으로부터 선택된 하나 이상의 성분을 포함하는 혼합 냉매일 수 있다. 유사하게, 제 2 냉매는 단일 성분일 수 있거나, 염화불화탄소, 염화불화탄화수소, 탄화불소, 수소화불화탄소, 플루오로에테르, 탄화수소, 대기가스, 불활성기체, 저반응 성분, 극저온 가스, 및 이들의 조합으로부터 선택된 하나 이상의 성분을 포함하는 혼합 냉매일 수 있다. 이러한 혼합물에서 냉각 프로세스에 걸쳐서 2상(액상과 기상)의 존재는 매우 일반적인데, 이는 광범위하게 분산된 비등점(통상적으로 최고 비등 성분으로부터 최저 비등 성분까지의 차가 50 K 또는 100 K)을 갖는 성분을 함유하는 혼합물을 응축하거나 완전히 증발시키는 것이 어렵기 때문이다. 따라서, 이러한 혼합물은 충전재가 충전된 매니폴드로부터 크게 이익을 얻을 것이다. 그러나 이러한 충전재가 충전된 매니폴드는 여기 개시된 유형의 열 교환기에 들어가는 2상 혼합물을 갖는 임의의 프로세스로부터 이익을 얻을 것이다.
- [0033] 제 1 냉매의 예시적 실시예는 전체로서 여기 포함되는, 미합중국 특허 제6,502,410호, 제5,337,572호 및 PCT 특허 공개번호 제W002/095308A2호에 설명되어 있는 바와 같은 냉매를 포함할 수 있다.
- [0034] 도 1의 제 1 및 제 2 냉각 사이클 중 하나 이상은 자동 캐스케이드 사이클일 수 있다. 도 2는 제상 능력을 갖는 예시적인 자동 캐스케이드 사이클을 도시한다. 냉매는 압축기(202)에서 압축된다. 압축된 냉매는 임의의 오일 분리기(224)를 통과하여 압축된 냉매 흐름으로부터 윤활유를 제거한다. 오일 분리기(224)에 의해 분리된 오일은 전달 라인(230)을 통해 압축기(202)의 흡입 라인(222)으로 반환될 수 있다. 오일 분리기(224)의 사용은 방출 흐름으로 배출된 오일의 양 및 오일에 대한 냉각 프로세스의 오차 허용도에 따라 선택된다. 대안적인 장치에서, 오일 분리기(224)는 제상 분기 라인(228)과 직렬(inline)로 위치된다.
- [0035] 압축된 냉매는, 오일 분리기(224)로부터 라인(206)을 통하여, 압축된 냉매가 적어도 부분적으로 응축되는 응축기(204)까지 통과되어 2상 액체/증기 유동이 된다. 압축된 냉매를 응축하는데 냉각 매체가 사용될 수 있다. 캐스케이드 형태의 경우, 제 1 냉매는 응축기(204)에서 제 2 냉매를 응축하는데 사용될 수 있다.
- [0036] 응축되거나 부분적으로 응축된 냉매는 응축기(204)로부터 라인(210)을 통해 냉각 프로세스(208)로 전달된다. 냉각 프로세스(208)는 하나 이상의 열 교환기, 상 분리기, 및 유동 계량 장치를 포함할 수 있다. 냉각 프로세스(208)의 냉각된 배출구(214)는 증발기(212)를 향하며, 프로세스 또는 물품으로부터 열을 흡수함으로써 프로세스 또는 물품을 냉각시킨다. 가열된 냉매는 라인(220)을 통해 냉각 프로세스(208)로 반환된다. 캐스케이드 장치에서 증발기(212)는 후속 냉각 스테이지에서 냉매를 냉각하는데 사용된다. 본 발명에 따른 대안적인 실시예에서, 당업자에게 이해되는 바와 같이, 도 2의 실시예에는 다양한 서비스 밸브(미도시)가 포함될 수 있다.
- [0037] 도 2의 예시적인 실시예에서, 냉각 프로세스(208)는 자동 냉각 캐스케이드 시스템으로서 도시되어 있으며, 열 교환기(232), 상 분리기(234), 열 교환기(236), 상 분리기(238), 열 교환기(240), 상 분리기(242), 열 교환기(244), 및 유동 계량 장치(FMD; 246, 248, 250)를 포함한다. 열 교환기는 고압 냉매로부터 저압 냉매로 열전달을 제공한다. 유동 계량 장치(FMDs)는 고압 냉매를 저압으로 스로틀링하며, 이러한 스로틀링 프로세스의 결과로서 냉각 효과를 일으킨다.
- [0038] 열 교환기(232, 236, 240), 증발기(212) 및 응축기(204)는 예를 들면 플레이트형 열 교환기, 이중 관형 열 교환기 또는 다관형 열 교환기일 수 있다. 열 교환기는 예를 들면 열 교환기에 공급되는 하나 이상의 매니폴드에 충전재 또는 충전재가 충전된 분배기를 포함할 수 있다.
- [0039] 냉각 시스템(200)은 냉각, 제상 및 대기의 3가지 모드 중 하나에서 작동할 수 있다. 기술된 냉매 혼합물은 각각의 이들 3가지 모드에서 작동을 가능하게 한다. 솔레노이드 밸브(260, 218)가 모두 폐쇄 위치에 있을 경우, 시스템은 대기중이라고 한다. 어떠한 냉매도 증발기로 흐르지 않는다. 냉매는 내부 유동 계량 장치(즉, FMD(246), FMD(248), FMD(250))에 의해 냉각 프로세스(208) 내에서만 유동하며, 고압 냉매가 프로세스의 저압측으로 전달되도록 한다. 이로 인해 냉각 프로세스(208)의 연속 작동이 가능해진다. 단일 스로틀 냉각 프로세스가 사용되는 경우, 작동의 대기 모드는, 스로틀을 관통하도록 유동을 일으키는 수단이 대기 모드중에 이용 가능하여 냉각 프로세스(208)의 고압측으로부터 저압측으로 냉매를 유동하게 하는 경우에만 가능하다. 일부 장치에서, 대기 모드는 한 쌍의 솔레노이드 밸브에 의해 냉매의 유동을 증발기까지 또는 다시 냉각 프로세스까지 제어

하게 될 수 있다. 다른 장치에서, 추가의 스로틀 및 솔레노이드 밸브는 대기상태에서 이러한 내부 유동을 가능하게 하는데 사용된다.

- [0040] 대안적인 장치에서, (예를 들면, 하기에 도 3의 보조 냉각기와 같이) 보조 냉각기로 지칭되는 열 교환기는 냉각 프로세스에 포함된다. 보조 냉각기는 소량의 고압 냉매를 증발기로부터 전환하여 저압으로 팽창시켜서 냉매 온도를 낮춘다. 그 후, 이러한 흐름은 증발기 및 이러한 전환된 유동에 모두 공급되는 전체 유동을 예비냉각하는데 사용된다. 따라서, 증발기로의 유동이 정지되는 경우, 내부 유동 및 열전달은 계속 고압 냉매가 점진적으로 냉각되도록 한다. 또한, 이로 인해 저온의 팽창된 냉매가 보조 냉각기로 들어가게 된다.
- [0041] 도 3에 도시되어 있는 바와 같이, 열 교환기(312)는 보조 냉각기로 공지되어 있다. 일부 냉각 프로세스는 보조 냉각기를 필요로 하지 않으므로 보조 냉각기는 선택적 요소이다. 열 교환기(312)가 사용되지 않으면, 열 교환기(308)를 빠져나가는 고압 유동은 냉매 공급 라인(320)으로 직접 공급된다. 반환 유동 경로에서, 냉매 반환 라인(348)은 열 교환기(308)에 공급된다. 보조 냉각기를 갖는 시스템에서, 보조 냉각기를 빠져나오는 저압 냉매는 마디(H)에서 냉매 반환 유동과 혼합되며, 합성된 혼합 유동은 열 교환기(308)에 공급된다. 열 교환기(308)를 빠져나오는 저압 냉매는 열 교환기(306)로 공급된다. 상 분리기(304)에 의해 제거된 액체량은 유동 계량 장치 FMD(310)에 의해 저압으로 팽창된다. 냉매는 유동 계량 장치 FMD(310)로부터 유동한 후, 열 교환기(308)로부터 열 교환기(306)로 유동하는 저압 냉매와 혼합된다. 이러한 혼합된 유동은 또한 열 교환기(302)에 공급되는 열 교환기(306)로 공급되며 그 후, 압축기 흡입 라인(364)에 공급된다. 열 교환기는 고압 냉매와 저압 냉매 사이에서 열을 교환한다.
- [0042] 도 2로 돌아가서, 솔레노이드 밸브(218)를 개방하면, 시스템은 냉각 모드로 된다. 이러한 작동 모드에서, 솔레노이드 밸브(260)는 폐쇄 위치에 있다. 냉각 프로세스(208)로부터의 극저온 냉매는 유동 계량 장치 FMD(216)에 의해 팽창되고, 밸브(218)를 통해 흘러나와 증발기(212)로 유동한 후, 냉매 반환 라인(220)을 통해 냉매 프로세스(208)로 반환된다.
- [0043] 냉각 시스템(200)은 솔레노이드 밸브(260)를 개방함으로써 제상 모드로 된다. 이러한 작동 모드에서, 솔레노이드 밸브(218)는 폐쇄 위치에 있다. 제상 모드에서 고온의 가스는 압축기(202)로부터 증발기(212)로 공급된다. 통상적으로 제상(defrost)은 증발기(212)의 표면을 가온함에 따라 시작된다. 고온의 냉매는 오일 분리기(224)를 통해 솔레노이드 밸브(260)까지 제상 라인(228)을 통해 유동하고, 솔레노이드 밸브(218)와 증발기(212) 사이의 마디로 공급되며, 증발기(212)로 유동한다. 제상을 시작할 때, 증발기(212)는 극저온에 있으며, 고온의 냉매 가스가 냉각되어 완전히 또는 부분적으로 응축되도록 한다. 그 후, 냉매는 냉매 반환 라인(220)을 통해 냉각 프로세스(208)로 반환된다. 반환되는 제상 냉매는 초기에 일반적으로 냉각 모드에 제공되는 온도와 매우 유사한 극저온이다. 제상 프로세스가 진행됨에 따라, 증발기(212)는 가온된다. 결국, 반환되는 제상 가스의 온도는 냉각 모드에서 제공되는 것보다 매우 고온이다. 이로 인해 냉각 프로세스(208)상에 큰 열 하중이 초래된다. 이러한 열 하중은 통상적으로 2 내지 7분인 단시간 동안 허용될 수 있으며, 이러한 시간은 통상적으로는 증발기(212)의 전체 표면을 가온하는데 충분하다. 명확성을 위해 도시되지 않은 온도 센서는 냉매 반환 라인(220)에 열 접촉될 수 있다. 희망 온도가 냉매 반환 라인(220)에서 도달되는 경우, 온도 센서는 제어 시스템(명확성을 위해 미도시)이 제상을 종결하게 하여, 솔레노이드 밸브(260)를 폐쇄하며 냉각 시스템(200)을 대기 상태에 오게 한다. 제상을 완결한 후, 냉각 모드로 전환되기 전에 냉각 프로세스(208)가 온도를 낮출 수 있도록, 통상적으로 5분인 짧은 대기 시간이 요구된다.
- [0044] 도시를 위하여, 본 출원에서는 냉각 시스템(200)의 냉각 프로세스(208)가 자동 냉각 캐스케이드 사이클의 일례로서 도 2에 도시된다. 그러나 극저온 냉각 시스템(200)의 냉각 프로세스(208)는 혼합 냉매를 사용하는 임의의 극저온 냉각 시스템이다. 보다 일반적으로, 본 발명에 따른 실시예는 233 K와 53 K(-40℃와 -220℃) 사이의 온도 범위에서 냉각을 제공하는 냉각 시스템에 관한 것이다. 이러한 범위에 포함되는 온도는 저온, 초저온 및 극저온으로 다양하게 지칭된다. 이러한 적용을 위해, 용어 "매우 저온" 또는 "극저온"은 233 K와 53 K(-40℃와 -220℃) 사이의 온도 범위를 의미하는데 사용될 것이다. 또한, 이러한 적용을 위해, 용어 "혼합 냉매"는 일반적인 비등점이 최고 비등 성분으로부터 최저 비등 성분까지 50℃ 이상만큼 변화하는 둘 이상의 성분을 포함하는 냉매 혼합물을 의미하는데 사용될 것이다. 따라서, 정의된 용어를 이용하여, 본 발명에 따른 실시예는 혼합 냉매를 사용하는 극저온 냉각 시스템 및 이러한 냉각 시스템에 사용되는 열 교환기에 관한 것이다.
- [0045] 보다 상세하게, 냉각 프로세스(208)는 다상 분리기 또는 단상 분리기를 갖거나 상 분리기를 갖지 않는 시스템일 수 있다.

- [0046] 본 발명의 실시예에 사용될 수 있으며 다상 분리기를 갖는 시스템의 예시는 Missimer타입의 사이클 시스템(즉, Missimer의 미합중국 특허 제3,768,273호에 설명되어 있는 바와 같은 자동-냉각 캐스케이드 시스템)이며, 또한, Polycold[®] 크라이오 냉각기 시스템 또는 고속 사이클 크라이오 시스템(즉, 자동-냉각 캐스케이드 프로세스)로 공지되어 있다. Polycold 시스템 및 관련 변형예의 예시는 Forrest의 미합중국 특허 제4,597,267호 및 Missimer의 미합중국 특허 제4,535,597호에 설명되어 있다. 대안적으로, 0개, 1개, 또는 하나 이상의 상 분리 스테이지를 갖는 임의의 극저온 냉각 프로세스가 사용될 수도 있다.
- [0047] 하나의 상 분리기를 갖는 시스템의 예시가 또한 사용될 수 있으며, Kleemenko에 의해 먼저 설명되었다.
- [0048] 상 분리기를 갖지 않는 시스템의 예시가 또한 사용될 수 있으며, CryoTiger 또는 PCC 시스템(캘리포니아, 페달루마에 소재한 Helix Polycold Systems Inc.에 의해 제조됨)일 수 있으며, 상 분리기를 갖지 않는 단일 스테이지 크라이오 냉각기로서도 공지되어 있다. 이러한 장치는 Longsworth의 미합중국 특허 제5,441,658호에 설명되어 있다.
- [0049] 저온 및 극저온 냉각에 대한 다른 참고문헌은 미합중국 가열, 냉각, 및 공조 공학회에 의해 제작된 1998년 ASHRAE 냉각 편람의 39장에서 볼 수 있다. 사용된 상 분리기의 개수 외에도, 특정한 적용에 해당되는 다양한 장치에서 열 교환기의 개수 및 내부 스톱 장치의 개수가 증가되거나 감소될 수 있다. 상기 열거된 모든 참조 문헌은 여기 참조된다.
- [0050] 냉각 사이클의 다른 변형예는 가스 흐름을 냉각 또는 액화하는데 사용되는 냉각 프로세스를 포함한다. 일부 장치에서, 증발기는 가스를 냉각 또는 액화하는데 사용된다. 다른 장치에서, 가스 흐름은 반환되는 저압 냉매가 고압 냉매 및 하나 이상의 가스 흐름을 냉각시키는 3개 이상의 유동 경로를 갖는 열 교환기를 사용함으로써 예비 냉각된다. 일부 경우, 증발기의 기능과 이렇게 예비 냉각되는 열 교환기가 결합된다. 이러한 장치에서, 고압 냉매는 팽창된 후 3개의 유동 열 교환기로 직접 반환된다. 또 다른 변형예에서, 복수의 가스 흐름이 냉각되거나 액화된다. 냉각 사이클의 다른 변형예는 액체 흐름(또는 복수의 액체 흐름들)을 냉각 또는 액화하는데 사용되는 냉각 프로세스를 포함할 수 있다.
- [0051] 도 2에 도시되어 있는 냉각 프로세스(208)에 대한 몇 가지 기본적인 변형예가 가능하다. 도 2에 도시되어 있는 냉각 시스템(200)은 단일 압축기와 결합한다. 그러나 이러한 동일한 압축 효과는 두 개의 평행한 압축기들을 사용하여 얻어질 수 있으며, 또한 압축 프로세스는 직렬 압축기 또는 2단 압축기를 거친 스테이지로 바뀌게 될 수 있음을 알게 된다. 이들 가능한 모든 변형예는 본 명세서의 범주 내에 있는 것으로 간주된다. 도시된 실시예는, 신뢰성에 향상을 제공하므로 단일 압축기를 사용한다. 평행한 2개의 압축기의 사용은 냉각 시스템에 약간의 하중이 걸릴 때, 에너지 소비를 감소시키는데 유리하다. 이러한 방법의 단점은 추가적인 부품, 제어장치, 필요 바닥 공간, 비용 및 신뢰성 감소이다. 연속한 두 개의 압축기의 사용은 압축의 각 스테이지에 대한 압축비를 감소시키는 수단을 제공한다. 이는 압축된 냉매 가스가 도달하는 최대 배출 온도를 감소시키는 이점을 제공한다. 그러나 이는 또한 추가의 부품, 제어장치 및 비용을 요구하며 시스템 신뢰도를 낮춘다. 도시된 실시예는 단일 압축기를 사용한다. 단일 압축기를 이용하면, 혼합 냉매의 압축은 압축기의 단일 스테이지에서 과도한 압축비 또는 배출 온도 없이 사용될 수 있다. 다중 스테이지 압축을 제공하도록 설계되며 압축 스테이지들 사이에서 냉매를 냉각시킬 수 있는 압축기의 사용은, 단일 압축기가 여전히 사용되기 때문에, 복잡성이 증가되는 단점을 최소화하면서 분리된 압축 스테이지들의 이점을 유지한다.
- [0052] 상 분리기는 융합식(coalescent-type), 와류식(vortex-type), 제상식(demister-type), 또는 이들 형태의 조합을 포함한 다양한 형태를 취할 수 있다. 상 분리기는 융합 필터(coalescent filters), 편물망(knitted mesh), 철망(wire gauze), 및 구조화된 재료를 포함할 수 있다. 디자인, 유속, 및 액체 성분에 따라, 상 분리기는 30%보다 큰 효율에서 작동할 수 있으며, 효율은 85%보다 크거나 99%를 초과할 수도 있다.
- [0053] 도 2에 도시되어 있는 냉각 시스템(200)은 단일 증발기와 결합한다. 공통적인 변형예는 제상에 대한 독립적인 제어 및 다중 증발기에 대한 냉각 제어를 제공하는 것이다. 이러한 장치에서, 증발기는 병렬식이며, 각각의 증발기는 저온 냉매 또는 고온 제상 가스의 유동 및 연결 라인을 제어하도록 솔레노이드 밸브(260, 218)와 같은 밸브 세트를 갖는다. 이러한 장치는 예를 들면 다른 증발기가 냉각, 제상 또는 대기 모드에 독립적으로 배치될 수 있는 동안, 하나 이상의 증발기가 냉각, 제상 또는 대기 모드에 있을 수 있게 한다.
- [0054] 냉각 시스템(200)은 상 분리기(234)의 제 1 배출구로부터의 분지(branch)에 의해 공급된 임의의 솔레노이드 밸브(252)를 더 포함한다. 솔레노이드 밸브(252)의 배출구는 제 2 팽창 탱크(256)와 직렬(도시) 또는 병렬(미도시)로 연결된 임의의 팽창 탱크(254)에 공급된다. 또한, 임의의 유동 계량 장치 FMD(258)의 유입구는 솔레노이드

드 밸브(252)와 팽창 탱크(254) 사이의 마디에서 냉매 반환 경로로 공급된다. 시스템 부품에 속하는 다양한 장치가 사용될 수도 있다. 이들 장치는, 미합중국 특허 제4,763,486호 및 미합중국 특허 제6,644,067호에 개시되어 있는 바와 같이, 수동 팽창 탱크, 시동중에 팽창 탱크 내에 가스를 저장하도록 솔레노이드 밸브가 개방되는 시스템, 및 시동중에 시스템 성능을 조종하도록 사용되는 바이패스 밸브를 갖는 시스템을 포함한다. Longsworth에 의해 미합중국 특허 제5,441,658호에 개시되어 있는 바와 같이, 팽창 탱크 및 특별한 시동 장치를 포함하지 않는 또 다른 장치가 사용될 수도 있다.

[0055] 시동시, 통상적으로 대부분의 냉매는 냉각 시스템(200)에 걸쳐서 가스 상태인데, 이는 전체 시스템이 상온에 있기 때문이다. 냉각 시간이 감소되도록 냉매 가스를 처리하는 것이 중요하다. 시동중에 냉각 시스템(200)의 순환으로부터 가스를 선택적으로 제거하면 이러한 냉각 시간 감소에 유리하다. 또한, 가스가 다시 냉각 시스템(200)으로 흘러가게 되는 속도도 냉각 속도에 영향을 미친다.

[0056] 시스템 제어기(미도시)는 시동시 솔레노이드 밸브(252)를 일시적으로, 통상적으로는 10 내지 20분 동안 개방한다. 솔레노이드 밸브(252)는 예를 들면, 솔레노이드 모델 B6 밸브이다. 그 결과, 시동중에 냉매 가스는 상 분리기(234)로부터 빠져나오며 직렬 연결된 팽창 탱크(254)와 팽창 탱크(256)로 공급된다. 유동 계량 장치 FMD(258)는 팽창 탱크(254, 256)로 들어오고 나가는 냉매 가스의 유동을 조절한다. 유동 계량 장치 FMD(258)를 통과하는 유동을 설정하는 두 가지 고려사항은 다음과 같다: 유동은 충분히 느려야 하며, 임의의 소정 시간에 어떠한 작동 조건이 존재하든지 냉각 시스템(200)으로 반환되는 가스가 응축 가능하여, 신속한 냉각을 보장한다. 시동중에 이러한 액체의 초기 형성은 약 15 내지 60분 정도의 냉각 시간을 가능하게 하는 프로세스이다. 그러나 동시에 유동 계량 장치 FMD(258)를 통과하는 유속은 낮은 흡입 압력으로 인하여 가능한 중단이 방지되도록, 냉각 시스템(200)에서 충분한 냉매가 유동하도록 보장할 수 있을 만큼 빨라야 한다. 팽창 탱크(254, 256)로 오고 가는 가스의 유동은 도 2에 도시되어 있는 바와 같이 유동 계량 장치 FMD(258)를 이용하여 수동으로 제어된다. 대안적으로, 제어기는 센서와 함께 사용되어 능동 유동 제어를 제공한다. 팽창 탱크 장치는 하나 이상의 압력 용기를 포함하며, 직렬 또는 병렬 중 어느 하나 이상으로 배치된 임의의 개수 또는 조합의 팽창 탱크를 가질 수 있다. 대안적인 장치에서는 응축기 내에서의 액체의 형성이 시스템 냉각중 또는 연속 작동중에 요구되지 않는다. 이들 경우, 저속의 가스 재도입은 허용 가능하지 않도록 낮은 흡입 압력이 발달하지 않는다면 충분하다.

[0057] 도 4는 2단 냉각 시스템을 도시하고 있다. 제 1 스테이지는 제 2 스테이지 또는 냉각 스테이지를 냉각시키는 온난 스테이지이다. 또한, 제 2 스테이지는 증발기 또는 열 교환기(444)를 통해서 프로세스 또는 물품을 냉각한다.

[0058] 제 1 스테이지에서, 압축기(402)는 제 1 냉매를 압축한다. 압축된 냉매는 비말 동반된 오일이 제거되어 압축기로 반환될 수 있는 임의의 오일 분리기(404)를 통과한다. 압축된 냉매는, 압축된 냉매가 액체 형태로 응축되는 응축기(406)로 전달된다. 응축된 냉매는 냉각 섹션(408)으로 넘어간다.

[0059] 이러한 냉각 섹션(408)은 하나 이상의 열 교환기를 포함할 수 있다. 또한, 냉각 섹션(408)은 하나 이상의 상 분리기 및 유동 계량 장치(FMDs) 또는 팽창기를 포함할 수 있다. 도시된 예시에서, 냉각 섹션(408)은 3개의 열 교환기(410, 414, 416), 상 분리기(412), 및 유동 계량 장치 FMD(420)를 포함한다. 팽창된 냉매는 열 교환기(430)로부터 열을 제거하는데 사용되고, 그 후 냉각 섹션(408)으로 반환된 후, 압축기(402)로 반환되는 저압 냉매로 압축 또는 응축되는 냉매로부터 열이 교환되는 열 교환기(410, 414, 416)를 통과한다. 상 분리기(412) 및 유동 계량 장치 FMD(420)가 사용되어 압력 강하 또는 팽창, 및 반환 유동을 갖는 상이한 성분의 혼합의 결과로서 추가의 냉각 효과를 생성할 수 있다.

[0060] 유동 계량 장치 FMD(418)는 냉매 유동을 제어하도록 냉각 섹션의 배출구에 사용될 수 있다. 유동 계량 장치 FMD(418)는 폐쇄되어 사이클에 대한 냉각 사이클을 독립적으로 가능하게 할 수 있다. 대안적으로, 유동 계량 장치 FMD(418)는 개방되어 응축된 냉매가 열 교환기(430)로 팽창되게 할 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 제 1 냉매는 열 교환기(430)에서 증발하는 반면, 제2 냉매는 응축할 수 있다.

[0061] 제 2 스테이지 또는 냉각 스테이지에서, 제 2 냉매는 압축기(422)에서 압축된다. 압축된 냉매는 임의의 오일 분리기(424)를 통과하여 비말 동반된 오일을 제거할 수 있다. 압축된 냉매는 후단 냉각기(426)를 통과하여 압축된 냉매를 부분적으로 냉각할 수 있다. 대안적인 실시예에서, 후단 냉각기(426) 장치 및 오일 분리기는 반대로 놓일 수 있다. 또한, 압축된 냉매는 열 교환기(428)를 통과하여 압축된 냉매를 더 냉각하고 압축기 섹션 라인으로 반환되는 저압 냉매를 부분적으로 가열할 수 있다. 그 후, 압축된 냉매는 응축기 또는 열 교환기(430)를 통과할 수 있으며, 이때, 열은 제 1 냉각 사이클과 교환된다. 그 후, 응축되거나 부분적으로 응축된 냉매는

추가 냉각을 위해 냉각 섹션(432)으로 보내질 수 있다. 냉각된 냉매는 유동 계량 장치 FMD(442)를 통과하여 증발기(444)로 팽창되어 프로세스 또는 물품을 냉각한다.

[0062] 열 교환기(434, 438, 440), 상 분리기(436), 유동 계량 장치 FMD(446)를 포함하는 냉각 섹션(432)은 냉각 섹션(408)과 유사하게 작동할 수 있다. 대안적으로, 냉각 섹션(432)에 다양한 형태가 사용될 수 있다.

[0063] 열 교환기(406, 410, 414, 416, 426, 428, 430, 434, 438, 440, 444)는 예를 들면 플레이트형 열 교환기, 이중관형 열 교환기, 또는 다관형 열 교환기일 수 있다. 열 교환기는 예를 들면 열 교환기에 공급되는 하나 이상의 매니폴드에 충전재 또는 충전재가 충전된 분배기를 포함할 수 있다.

[0064] 또한, 냉각 섹션은 냉각 시스템(208)에 대해 논의된 임의의 시스템 변형예를 포함할 수 있다.

[0065] 도 5는 예시적인 열 교환기(500)를 도시하고 있다. 열 교환기는 제 1 유체를 수용하기 위한 입력 매니폴드(502) 또는 헤더를 포함한다. 입력 매니폴드(502)는 하나 이상의 제 1 채널(504) 세트에 공급된다. 채널(504)은 열전달 표면(514)에 의해 제 2 유체를 운반하는 제 2 채널(506) 세트로부터 분리될 수 있다. 채널(504)은 제 1 유체를 배출 매니폴드 또는 헤더(508)로 전달할 수 있다. 도 5는 2개의 흐름 열 교환기를 도시하고 있다. 그러나 본 발명은 2개 이상의 유동 흐름을 갖는 열 교환기에 적용할 수도 있다.

[0066] 예시적인 일 실시예에서, 열 교환기(500)는 플레이트형 열 교환기이다. 예시적인 일 실시예에서, 플레이트형 열 교환기는 2개의 채널 세트를 형성하는 방법으로 4개의 매니폴드에 결합된 평행한 플레이트 세트를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 플레이트형 열 교환기는 짧은 경로 플레이트형 열 교환기(short pass plate type heat exchanger); 예를 들면, 플레이트형 열 교환기의 폭대 길이 비는 8.0 또는 6.0보다 크지 않은 플레이트형 열 교환기, 또는 임의의 다른 짧은 경로형 열 교환기일 수 있다. 희망 열전달 표면적을 얻기 위해, 하나보다 많은 열 교환기가 직렬로 또는 직렬 작동에 대해 차례로 연결될 수 있다. 또한, 하나보다 많은 열 교환기는 산재된 액체 분리기와 직렬로 연결되어 냉각 섹션을 형성할 수 있다. 다른 예시적 실시예에서, 플레이트형 열 교환기는 열교환기 유체가 반대 방향으로 유동하는 대향류 플레이트형 열 교환기(counter-flow plate type heat exchanger)일 수 있다. 플레이트형 열 교환기의 예시적 실시예는 Swep, Inc.사의 B15와 평균 FP2x8-40 플레이트형 열교환기를 포함한다. 대안적인 실시예에서, 열 교환기(500)는 다관형 열 교환기 또는 복수의 관을 갖는 이중관형 열 교환기일 수 있다.

[0067] 도 5의 예시적인 열 교환기는 입력 매니폴드(502)에 충전재(510)를 포함한다. 충전재는 유동 분배기를 형성한다. 충전재(510)는 불규칙하거나 구조화된 충전재일 수 있다. 예를 들면, 불규칙한 충전재는 매니폴드 내에 배치될 때 불규칙하게 배치되는 충전재일 수 있다. 도시된 충전재는 구형 볼을 포함한다. 대안적으로, 불규칙한 충전재는 고리, 원통, 새들, 중공 회전 타원체, 거즈 또는 망사 조각, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 단일한 매니폴드에서 상이한 크기 및 형상의 충전재가 함께 사용될 수 있다. 대체로, 운반 또는 작업중에 이동하지 않도록 충전재를 안전하게 고정하는 것이 바람직하다. 특정 실시예에서, 불규칙한 충전재의 크기는 채널(504)의 폭보다 더 클 수 있으며, 헤더 또는 헤더에 연결하는 개구의 폭의 99%를 초과하지 않아야 한다. 예를 들면, 구형 또는 원통형 충전재의 직경은 플레이트형 열 교환기 채널의 폭보다 더 클 수 있다. 소형 충전재가 요구되는 경우, 철망 또는 스크린과 같은 유지 구조물이 사용되어 충전재 재료가 유동 통로로 들어가거나 유동 통로를 차단하는 것을 방지할 수 있다.

[0068] 도 6은 플레이트형 열 교환기(602)를 도시하고 있다. 플레이트형 열 교환기(602)는 두 개의 채널 세트를 형성하는 하나 이상의 플레이트(604)를 포함한다. 유입 매니폴드(A) 및 배출 매니폴드(B)는 하나의 채널 세트와 연통한다. 유입 매니폴드(D)와 배출 매니폴드(C)는 제 2 채널 세트와 연통한다. 충전재는 하나 이상의 유입 매니폴드(A 또는 D) 내에 배치되어 매니폴드(A 또는 D)에 유동 분배기를 형성할 수 있다. 선택적으로, 충전재는 하나 이상의 유동 흐름의 배출구에 사용될 수도 있다. 배출구에 충전재를 사용하면 요구되는 냉매 방출을 감소시켜서 액체 냉매 저장기를 최소화하거나 제거할 수 있다.

[0069] 도 5는 채널(504)을 통해 매니폴드(A)로부터 매니폴드(B)까지의 유동(도 6 참조, 도 5의 매니폴드(502)의 유입구로부터 배출구(508)까지의 유동에 대응함)만을 도시하는 개략적 횡단면도이다. 매니폴드(D)로부터 매니폴드(C)까지 채널(506)을 통과하는 역방향에서의 유동은 유사할 것이다. 필요한 유동을 제공하도록 복잡한 형상의 플레이트를 갖는 플레이트형 열 교환기는 널리 공지되어 있으며, 상용 제품의 예시는 상기에 열거되었다. 도 6의 개략적 도면으로부터 볼 수 있는 바와 같이, 이러한 도 5의 열 교환기는 하나의 유동이 도 5의 채널(504)에서 좌측으로부터 우측으로(도 6의 유입구(A)로부터 배출구(B)까지) 나아가는 대향류 열교환; 및 채널(506)에서 우측으로부터 좌측으로(도 6의 유입구(D)로부터 배출구(C)까지) 나아가는 반대 유동을 실행한다. 또한, 도 5

및 도 6의 대향류 실시예는 제한으로서 고려되지 않아야 하며; 병류(parallel flow), 교차 유동(cross flow), 또는 다른 종류의 열 교환이 본 발명에 따른 실시예에 사용될 수도 있음이 이해되어야 한다.

[0070] 도 6에 예시된 열 교환기(602)는 압축된 냉매와 냉각 섹션에 존재하며 반환되는 팽창된 냉매 사이에서 열을 교환하는 과열 저감 교환기로서 사용될 수 있다. 또한, 열 교환기(602)는 응축기 또는 증발기로서 사용될 수 있다. 대안적으로, 열 교환기(602)는 압축된 냉매로부터 다른 냉각 사이클의 팽창된 냉매로 열을 전달하는 열 교환기로서 사용될 수도 있다. 다른 예시적 적용예에서, 열 교환기(602)는 냉각 섹션에서 응축하는 압축 냉매와 반환되는 팽창 냉매 사이의 열을 교환하는 냉각 섹션에서 사용될 수도 있다. 예를 들면, 하나 이상의 열 교환기(602)는, 도 2에 도시되어 있는 냉각 프로세스(207)의 열 교환기(232, 236, 240), 도 3의 냉각 섹션(318)의 열 교환기(302, 306, 308, 312), 도 4의 냉각 섹션(408)의 열 교환기(410, 414, 416), 또는 도 4의 냉각 프로세스(432)의 열 교환기(434, 438, 440)와 같이 사용될 수 있다.

[0071] 예시적 실험예에서, SWEP Inc.사에 의해 제조된 플레이트가 4개인 PTHX B15/4가 통합된 단일 팽창 시스템이 테스트되었다. $CH_4/C_2H_4/C_3H_8/R142a$ 가 포함된 다성분 혼합 냉매가 사용되었다. 시스템은 3.6 cfm(6m³/h)의 왕복 밀폐형 압축기를 채용하였다. 시스템은 유동 분배기 없이 190 K(QR = 0 W)의 최소 온도에 도달하였다. 충전제가 충전된 유동 분배기를 설치한 후, 시스템은 170 K(QR = 0 W)의 더 낮아진 온도에 도달하였으며, 190 K에서 QR = 300 W의 냉각 능력을 가졌다. 본 테스트에서, 열 교환기는 냉매-대-냉매 열 교환기로서 사용되고, 대향류 장치에서 작동되어 후단 냉각기로부터 고압 유동을 수송하며; 고압 냉매를 단일한 팽창 장치로 전달하고; 저압 냉매를 증발기로부터 수송하며; 저압 냉매를 압축기로 전달한다.

[0072] 도 7A 내지 도 7E는 열 교환기 매니폴드에 사용하기 위한 예시적인 충전재를 도시하고 있다. 도 7A는 예시적인 구형 볼을 도시하고 있다. 대안적으로, 타원체의 불규칙한 충전재가 사용될 수도 있다. 도 7B는 예시적인 고리 또는 라시히 링(Raschig ring), 라시히 슈퍼 링(Raschig Super ring), 캐스케이드 미니-링(Cascade mini-rings) 또는 폴링(PALL ring)과 같은 원통형 충전재를 도시하고 있다. 도 7C는 버얼 새들(Berl saddles), 인타록스 세라믹 새들(Intaloxceramic saddles), 인타록스 금속 새들(Intalox metal saddles), 또는 코크-글리쉬 플렉시맥스(Koch-Glitsch Fleximax)와 같은 예시적인 새들 충전재를 도시하고 있다. 도 7D는 VFF 헤케텐(VFF Hacketten) 또는 VFF 탑-팩(VFF Top-Pak)과 같은 예시적인 중공 회전 타원체형 충전재를 도시하고 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 도 7E는 거즈 구조물을 도시하고 있다. 대안적으로, 망사 조각 또는 다공성 금속 리본이 사용될 수도 있다. 불규칙한 충전재는 중실형 또는 다공성일 수 있으며, 선택된 재료가 프로세스 유체 및 온도에 적합한 경우, 금속, 세라믹, 플라스틱 또는 유사한 해당 재료로 될 수 있다. 다른 실시예에서, 구조화된 충전재가 사용될 수 있다. 구조화된 충전재는 성형 채널을 포함할 수 있으며, 망 또는 다공성 호일로 구성될 수도 있다. 추가의 예시적 실시예에서, 구조화되거나 불규칙한 충전재를 포함하는 카트리지가 매니폴드, 헤더 또는 분배기 내에 배치될 수 있다.

[0073] 본 발명의 실시예에 사용된 충전재의 예상되는 이익은 열 교환기의 평행한 플레이트 사이에서 유동을 보다 고르게 분배한다는 점이다. 이러한 이익은 헤더 영역에 걸쳐서 보다 균일한 유동을 생성함으로써 얻어진다. 이 경우, 균일한 유동은 액체 및 가스 유동의 균일한 분배를 지칭한다. 이러한 프로세스에서 중요한 것으로 생각되는 메커니즘은 헤더 속도의 증가, 수력 직경(hydraulic diameter)의 감소, 및 속도 유동장의 교란이다. 충전재 재료가 실제로 존재함으로써 유효 횡단면 유동 영역(available cross-sectional flow area)이 감소된다. 또한, 충전재 재료는 유동 통로를 감소시키고 수력 직경을 감소시킨다. 또한, 충전재 재료가 존재함으로써 유동이 저해되며 일그러진 경로가 생성된다. 이로 인해 액상과 기상 사이의 혼합이 더 우수해진다. 또한, 충전재가 차지하는 혼합 체적 및 물리적 체적은 헤더에서 액상의 "풀링(pooling)"에 대한 포텐셜(potential)을 떨어뜨린다. 유동은 헤더의 유입구(또는 배출구)로부터 헤더의 비유동 단부까지 이동함에 따라 감소되기 때문에, 충분한 속도를 유지하도록 헤더의 길이를 따라 횡단면적을 감소시켜 충분한 액체-기체 균일성을 보장하는 것이 필요할 수 있다. 그러나 헤더의 길이를 따라 동일한 크기 및 충전재 밀도로 된 볼로 이루어진 충전재를 이용하여 우수한 결과가 얻어진다.

[0074] 바람직하게, 충전재는 예를 들면 약 4 psi, 또는 약 2 psi보다 크지 않은 것과 같이, 열 교환기에서 약 5 psi보다 크지 않은 압력 강하 및 약 3m/s보다 크지 않은 유동 속도를 제공하는 크기일 수 있다. 대체로, 열 교환기에 걸친 압력 강하는 속도 및 액체량의 증가에 따라 증가할 것이다. 특정 디자인에서는 보다 점진적인 크기가 허용될 수 있다. 이러한 상황에서, 최대 20m/s 이상까지의 속도 또는 최대 50 psi 이상까지의 압력 강하가 일어날 수 있다. 일반적으로 이러한 높은 속도 및 압력 강하는 바람직하지 않지만; (주어진 것을 포함하여) 광범위한 속도 및 압력 강하는 본 발명의 범주 내에 있다. 헤더에 걸친 압력 강하가 열 교환기에 걸친 압력 강하에

비해 상당하게 되는 경우, 유입구에 가장 가까운 유동이 제 1 플레이트 세트를 가로질러 유동하기 더 쉽기 때문에, 일반적으로 열 교환기를 가로질러 유동 불균형이 존재한다. 이러한 이유로, 각 플레이트를 가로질러 거의 동일한 분배를 구현하기 위해서 헤더에서의 낮은 압력 강하가 바람직하다. 또한, 불규칙한 충전재의 효율적인 크기 또는 직경이 채널의 폭 또는 직경보다 더 크거나 더 작도록 불규칙한 충전재가 만들어질 수 있다.

[0075] 도 8A 내지 도 8F는 매니폴드 및 헤더의 예시적인 실시예를 도시하고 있다. 도 8A는 불규칙한 충전재(804)로 충전재가 충전된 매니폴드(802)를 도시하고 있다. 충전재(804)는 예를 들면 매니폴드에 의해 채널의 직경 또는 크기보다 큰 직경 또는 크기를 가질 수 있다. 구조물(806)은 불규칙한 충전재를 제 위치에 고정할 수 있다. 구조물(806)은 예를 들면 망사(mesh), 스크린 또는 다공성 호일로 형성될 수 있다. 예를 들면, 망사는 와이어 또는 폴리머 망사일 수 있다. 호일은 금속 또는 플라스틱 호일일 수 있다. 이러한 구조물(806)은 구조물(806)을 통한 냉매 유체의 유동을 허용하도록 다공성 또는 투과성일 수 있다. 도 8A 내지 도 8F에서, 유동 화살표(807)는, 구조물(806)을 통과해; 비-유동 단부(811)를 향하여 매니폴드(802)의 유동 단부(809) 안으로; 열 교환기 채널을 향하여 헤더의 외부로(813), 냉매 유체의 일반적인 유동 방향을 지시한다. 경계선(815, 817)은 매니폴드와 헤더의 비-유동 경계선인 반면, 구조물(806)과 경계선(819)은 유동이 투과할 수 있다. 또한, 여러 가지 다른 유동 방향 및 유동 경계 장치가 사용될 수도 있다. 예를 들면, 도 8A 내지 도 8F는, (화살표(807)로 지시되어 있는 바와 같이) 유동이 헤더의 상부로 들어가고 우측을 향해 채널(504) 내부로 나아가는 도 5의 매니폴드(502)의 유입구와 같이 헤더 내부로의 유동의 예시를 도시하고 있다. 그러나 다른 예시에서, 유동은, 유동이 헤더의 상부로 들어가 좌측을 향하여 채널(506) 내부로 나아가는 열 교환기(500)의 우측 상의 유입구(도 5에 미도시)를 향할 수도 있다. 대안적으로, 배출구(508)에 대하여, 예를 들면 유동은 좌측으로부터 유입되어 헤더 상부의 외부로 빠져나갈 수 있다. 구조물(806)과 다른 투과성 경계선의 배치 및 비-유동 경계선은 매니폴드 또는 헤더를 통과하는 유동의 방향에 따라 변화할 것이다. 전술된 것과 다른 유동 방향도 가능하다. 일반적으로 도 8A 내지 도 8F에서 유동 방향은 화살표로 지시되어 있지만, 실제 유동은 헤더 또는 매니폴드의 대부분 또는 모든 투과성 경계선을 통과할 것이다.

[0076] 도 8B는 헤더 또는 매니폴드(802)가 가변성 형상 구조물(806)을 포함하는 대안적인 실시예를 도시한다. 가변성 형상 구조물(806)은 충전재(804)를 고정할 수 있다. 도 8B의 특정 실시예에서, 구조물(806)은 매니폴드의 깊이를 따라 변하는 횡단면적을 가질 수 있다. 가변성 형상을 갖는 목적은 유효 유동 영역을 조정하여 헤더 길이를 따라 감소하는 유동에 맞추기 위한 것일 수 있다. 일반적으로, 유입구(또는 배출구)에서, 유동 영역 및 질량 유동률은 최대이며 헤더의 단부에서 유동 영역 및 질량 유동률은 최소이다. 예시적인 일 실시예에서, 구조물(806)의 횡단면적은 역 원뿔과 같이 유입구로부터 비-유동 단부까지 매니폴드를 따라 감소(그에 비해 충전재(804)의 전체 횡단면적은 유입구로부터 비-유동 단부까지 매니폴드를 따라 증가함)한다. 예시적인 일 실시예에서, 원뿔은 비대칭이어서 원뿔의 끝부분은 매니폴드 또는 헤더의 중심선으로부터 및 채널로부터 편향될 수 있다. 다른 실시예에서, 변하는 길이 및 동일하거나 변하는 직경으로 된 일련의 유동 채널이 헤더 내부에 삽입되어 헤더 섹션에 복수의 유입구를 제공하며, 이 실시예에서 헤더 섹션은 충전재 재료를 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 구조물(806)은 실린더 형태를 취할 수 있다. 실린더형 요소의 경우, 횡단면적은 변화하지 않지만 실린더형 요소의 존재로 인해 헤더의 전체에 걸쳐서 속도가 더 높아진다. 구조물(806)은 천공, 기공성 요소, 망사, 또는 직물을 갖는 중실형(solid) 요소일 수 있다. 구조물은 금속 또는 폴리머 구조로 형성될 수 있다.

[0077] 도 8C는 매니폴드가 매니폴드의 길이를 따라 변하는 횡단면을 갖는 변형예를 도시한다. 이러한 예시적인 실시예에서, 전체 충전재 횡단면은 유입 단부로부터 비-유동 단부까지 매니폴드를 따라 감소한다. 구조물(806)은 충전재(804)를 고정시킨다. 도시되어 있는 바와 같이, 구조물(806)은 대칭이다. 그러나 대안적인 실시예에서, 비대칭인 구조물이 사용될 수 있다.

[0078] 도 8D는 다양한 크기의 충전재(810, 812, 814)가 사용되는 매니폴드 또는 헤더(802)를 도시한다. 충전재는 구조물(806)에 의해 고정된다. 이러한 예시적인 실시예에서, 충전재의 크기는 매니폴드(802)의 비-유동 단부를 향해 감소한다. 그러나 상이한 크기의 충전재가 고르게 분배되거나 배치되어 더 큰 충전재가 매니폴드(802)의 비-유동 단부에 근접하여 위치될 수 있다. 특정한 일 실시예에서, 충전재는 제 1 크기 및 제 2 크기의 충전재를 포함하는 바이모달형(bimodal)이다. 일 변형예에서, 2개보다 많은 크기로 된 충전재가 사용되며, 일부 변형예에서는 2개, 3개 또는 그보다 많은 충전재 형상이 사용된다. 상이한 크기의 충전재가 사용되는 경우, 이들 충전재는 점진적인 방식(예를 들면, 더 큰 충전재로부터 더 작은 충전재로), 또는 불규칙한 방식으로 분배될 수 있다. 또한, 충전재는 복수의 상이한 크기 및 형상의 충전재 세트를 포함할 수 있다. 또한, (헤더 또는 매니폴드를 가로질러 이산 집합적으로 분배되거나 연속 또는 불규칙하게 변화될 수 있는 2개, 3개 또는 그보다 많은

상이한 충전재의 형상을 가짐으로써 실행될 수 있는) 충전재 형상의 변형예가 사용될 수 있다.

[0079] 도 8E는 구조물(806)이 매니폴드의 비-유동 단부를 향해 증가하는(그에 비해, 충전재의 전체 횡단면적은 매니폴드(802)의 비-유동 단부를 향해 감소됨) 횡단면적을 갖는 다른 예시적인 실시예를 도시한다. (도 8F의 배치는 매니폴드의 비-유동 단부를 향해 감소하는 유동 영역의 바람직한 관계를 갖지 않지만; 도시되어 있는 변형예를 위해 제공되었음에 주의해야 한다.) 도 8E의 대안적인 실시예에서, 도 8E에 공백 영역으로서 도시되어 있는 두 측면 사이의 영역은 중실형 배리어로 채워질 수 있다. 이 경우, 유동은 구조물(806)을 통과하며, 따라서 충전재 재료(804)를 통과하는 유동의 횡단면적은 매니폴드의 비-유동 단부를 향하여 감소된다. 도 8F는 매니폴드(802) 내부로 카트리지가(816)가 삽입되는 예시적인 실시예를 도시한다. 카트리지가(816)는 예를 들면 불규칙한 충전재를 포함하거나 수용할 수 있다. 대안적으로, 카트리지가(816)는 구조화된 충전재로 형성될 수 있다.

[0080] 도 8A 내지 도 8F에 도시되어 있는 것과 다른 변형예가 사용될 수도 있다. 예를 들면, 충전재는 다른 충전재 재료로 둘러싸인 중실형(solid) 요소 또는 다공성 요소를 포함할 수 있다. 또한, 충전재 또는 충전재 내의 중실형 또는 다공성 요소, 또는 기본 충전재 자체의 형상은 매끄러운 연속 방식(smooth continuous fashion), 파형 방식, 또는 계단식으로 변화할 수 있으며; 대칭 또는 비대칭일 수 있다. 구조물에 의한 유동 횡단면적의 유효한 감소는 유동 영역에 선형 또는 비선형 변화를 초래할 수 있다.

[0081] 도 9A, 도 9B 및 도 9C는 열 교환기의 예시적인 배향을 도시한다. 도 9A는 수평 열 교환기를 도시한다. 도 9B는 온난한 단부가 상부로 향하는 열 교환기를 도시한다. 예시적인 냉각 섹션에서, 압축된 냉매 유입 매니폴드는 압축된 냉매 배출구 매니폴드 상부에 위치되고, 팽창된 냉매 유입 매니폴드는 대향류 열 교환기에서 팽창된 냉매 배출구 매니폴드 하부에 위치된다. 도 9C는 온난한 단부가 열 교환기의 바닥에 근접하여 위치되며 매니폴드가 그에 따라 배치되는 대안적인 실시예를 도시한다.

[0082] 열 교환기는 상이한 배향으로 작동될 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 테스트된 열 교환기는 "온난한 단부"가 상부쪽으로 설치된 후, 그 위치에 대해 "온난한 단부"가 하부쪽으로 180° 회전된다. 이러한 상태는 각각 3번 및 4번과 같이 표 1에 제공된다. 시스템은 우수한 작동 안정성을 나타낸다.

표 1

[0083] Swep Inc.사의 PTHX B15/4용 유동 분배기가 없고 있는 시스템의 비교 성능

번호	P _H , at	P _L , at	Q _R , W	T _R , K-out 증발기	MR 유속 Mole/s	MR 성분 Mole% CH ₄ /C ₂ H ₄ /C ₃ H ₈ /R-142b
1-1-유동 분배기 無	21.2	2.7	310	216	0.077	29/31/21/19
1-2-유동 분배기 有	22.7	2.9	297	205	0.090	30/30/22/17
1-3-가온된 단부 가 상부쪽	23.0	2.9	287	200	0.090	30/33/23/14
1-4-가온된 단부 가 하부쪽	22.9	3.2	289	203	0.100	35/33/21/11

[0084] 표 1을 참조하면, 유동 분배기를 갖는 열 교환기(2, 3, 4열)를 이용하는 냉각 사이클은 유동 분배기가 없는 열 교환기(1열)가 이용된 냉각 사이클보다 낮은 증발기 온도를 나타내었다. "온난한 단부"가 상부쪽인 열 교환기(3열)를 갖는 냉각 사이클은 "온난한 단부"가 하부쪽인 열 교환기(4열)를 갖는 냉각 사이클보다 증발기에서 더 낮은 온도를 나타내었다.

[0085] 본 발명의 실시예에 따라 충전재가 충전된 유동 분배기의 효율은 도 10에서 볼 수 있으며, 도 10은 탄화수소 혼합물과 작동하는 플레이트형 열 교환기에 유동 분배기를 구비하고 구비하지 않는 전체 열전달 계수(HTC 또는 k, W/m²-K)를 나타낸다. 결과는 190 K의 냉각 온도에서 작동하는 단일 스테이지 냉각 시스템을 이용하는 추가의 실험으로부터 계산되었다. 열 교환기의 열 하중은 혼합 냉매의 측정된 유속 및 열 교환기 유입구 및 배출구에서의 온도 및 압력값을 기초로 결정되었다. 열 교환기 유동의 유입구 및 배출구에서의 엔탈피를 결정하는데 Soave의 상태 방정식이 사용되었다. 평균 온도차가 계산되었다.

[0086] 각각 41/32/20 및 7이 되는 성분 함유량(mole%)을 갖는 혼합 냉매 탄화수소(HC): CH₄/C₂H₄/C₃H₈ 및 R-142b를 기초로 한 탄화 수소로 작동하는 플레이트가 4개인 플레이트형 열 교환기의 효율은 표 2에 제공된다. 또한, 표 2

는 Ar 및 할로카본(AR/R) R14, R23, R134a 및 R142b에 기초한 혼합 냉매에 대한 데이터를 포함한다. mole% 성분은 1%의 정밀도로 7/41/30/12/10와 같이 측정되었다. 데이터는 상이한 혼합 냉매에 따라 제안된 유동 분배기를 갖는 플레이트형 열 교환기의 고효율을 나타낸다. 또한, 표 2는 각각 34/33/17/14(mole %)가 되는 성분 함유량을 가지며 CH₄/C₂H₄/C₃H₈/C₄H₁₀을 포함하는 탄화 수소(HC)가 혼합 냉매 혼합물로 작동하는 플레이트가 6개인 열 교환기에 대한 테스트 데이터를 나타낸다. 결과는 약 20 내지 30%의 효율 개선을 나타낸다. 실제 성능은 변화할 것이다. 그러나 본 발명의 이용에 따른 2% 또는 그 미만의 열 교환기 효율의 개선일지라도 본 발명의 범주 내에 있는 것으로 생각될 것이다. 또한, 특정한 냉매 혼합물 및 냉매의 유형이 여기 언급될지라도 본 발명에 따른 실시예는 2상 냉매 및 냉매-오일 혼합물과 사용될 수 있음이 이해되어야 한다. 또한, 대부분의 냉각 시스템은 냉매와 함께 압축기 오일을 순환시키므로, 본 발명은 오일 상태 및 오일 농후 액상으로 이용할 수 있을 것이다.

표 2

[0087] 본 발명에 따른 유동 분배기를 포함하는 플레이트가 4개와 6개인 열 교환기 - 3.6 cfm의 압축기에 기초한 단일 스테이지 시스템의 성능.

번호	Q _R , W	T _R , K	G _{MR} , Mole/s	HTC, W/m ² /K	DT _{AV} ,K	P _H , at	P _L , at	MR	플레이트 개수
2-1	156	223	0.090	514	15.5	21.3	3.0	HC	4
2-2	100	209	0.096	547	20.5	19.5	3.0	HC	4
2-3	51	182	0.103	621	27.6	18.1	3.0	HC	4
2-4	0	173	0.106	721	28.9	16.0	3.0	HC	4
2-5	186	197	0.130	947	24.4	21.3	4.3	AR/R	4
2-6	173	193	0.102	889	25.4	21.0	4.0	AR/R	4
2-7	231	194	0.156	671	21.2	23.8	3.0	AR/R	4
2-8	184	190	0.125	442	19.4	19.0	3.4	HC	6
2-9	219	190	0.095	370	17.5	20.2	2.9	HC	6
2-10	202	192	0.06	295	16.2	22.7	2.3	HC	6

[0088] 직렬 작동(tandem operation)의 효율은 표 3에 도시되어 있다. 이 테스트에서, 2개의 플레이트형 열 교환기는 직렬로 연결되어 단일 열 교환기의 기능적 등가물을 제공하였다. 본 발명의 실시예에 따른 유동 분배기는 유입구에서 혼합 냉매의 2상 기체-액체 유동을 이용하여 효율적인 플레이트형 열 교환기의 작동을 가능하게 한다. 3.6 cfm의 압축기를 기초로 한 소형 냉각기의 약 0.10보다 큰 비교적 높은 카르노 효율(CEF)이 표 3에 표시된 바와 같이 나타내어졌다. 비교적 높은 온도 범위에서 작동되도록 짧은 경로 플레이트형 열 교환기(B15/6)가 설치되었다.

표 3

[0089] 직렬형 플레이트형 열 교환기로 작동하는 시스템의 성능.

MR-HC 성분, %	Q _R , W	P _{CM} , W	T _R , K	P _D , at	P _{SC} , at	카르노 효율 CEF
50/22/17/15	63.5	670	131	16.4	1.50	0.12
57/19/14/10	60.7	627	139	24.4	1.70	0.11

[0090] 다른 테스트열은 24 cfm의 변위 압축기를 갖는 2단(단상 분리기)자동 캐스케이드 저온 내각 시스템에서 실행되었다. 다음 성분들을 포함하는 혼합 냉매가 사용되었다: Ar/R14/R23/R125/R236fa. 초기에는 FlatPlate, Inc.사에 의해 제조되며 "오리피스"형 분배기를 갖는 SC-125"x12"(플레이트가 50개인 보조 냉각기) 플레이트형 열 교환기가 선택되었다. 고압(280 내지 300 psig) 유동의 유입구에 위치한 분배기의 압력 강하는 8 내지 10 psi였다. 분배기가 플레이트형 열 교환기의 흡입측(30 내지 50 psig)에 재위치되었을 경우, 열 교환기는 16 내지 18 psi의 압력 강하를 일으켰다.

[0091] SC-12는 유사한 크기의 C4A 5"x12"(플레이트가 44개인 응축기) 플레이트형 열 교환기와 재배치되었다. C4A의 유입 헤더는 제조시 설치된 헤더를 구비하지 않았다. 대신, 유입 헤더는 3/8" 스테인리스 스틸 볼로 이루어진

충전제를 설치함으로써 변형되었다. 디스크 형상 내에 형성된 다공성 금속 시트는 헤더에 볼 베어링을 유지하도록 헤더의 상부에 배치되었다. 디스크의 직경은 연결 배관의 내경보다 더 크고 헤더의 스로트(throat)보다 더 컸다. 이로 인해 배관에 의해 제 위치에 유지되도록, 배관은 다공성 금속 디스크를 고정시킬 수 있게 된다. 열 교환기의 공급측에서 측정된 전체 압력 강하는 2 내지 3psi이고, 반환측에서는 3 내지 5 psi였다. 전체 열 전달 계수는 $200 \text{ W(m}^2\text{K)}$ 내지 $300 \text{ W(m}^2\text{K)}$ 로 증가되었다.

[0092] 하나 이상의 유입 매니폴드 내에 위치한 충전제가 충전된 분배기를 갖는 본 발명의 실시예에 따른 열 교환기는 냉각 시스템을 구성하는데 사용될 수 있다. 냉각 시스템을 제조하는 방법은 냉각 시스템과 결합된 열 교환기의 매니폴드 내부로 충전제가 충전된 분배기 또는 충전제를 삽입하는 단계를 포함할 수 있다. 기존의 냉각 시스템은 냉각 시스템과 결합된 열 교환기의 유입 매니폴드 내부로 충전제 또는 충전제가 충전된 분배기를 삽입함으로써 개조, 보수 또는 개장될 수도 있다. 이들 냉각 시스템은 단일 성분 또는 혼합 냉매 시스템일 수 있다. 또한, 냉각 시스템은 소형 또는 작은 용기 크기의 유닛일 수 있다.

[0093] 본 발명에 따른 실시예는 열 교환기의 헤더에 액체 냉매의 축적을 방지함으로써 특정한 모드에서 냉각 시스템의 장기간 작동에 대한 안정성 및 신뢰성을 개선하는 이점을 제공한다. 또한, 본 발명의 실시예는, 변하는 열 하중 및 다른 조건하에서 시동중, 냉각 모드, 대기 모드, 및 제상 모드를 포함하여 다양한 작동 조건에서 작동하는 경우 개선된 안정성을 제공한다.

[0094] 전술한 관점에서, 일반적으로 기술분야에 열 교환기, 열 교환기를 일체화한 냉각 시스템, 냉각 시스템을 작동시키는 방법, 기존의 열 교환기를 지정하는 방법, 및 바람직한 성능을 제공하는 관련 기술을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

[0095] 상기 개시된 주제는 예시적이나 제한적이지 않은 것으로 간주되어야 하며, 첨부된 특허청구범위는 본 발명의 범주에 속하는 이러한 모든 변형예, 개선예 및 여타 실시예를 보호하기 위함이다. 따라서, 본원 발명의 범주는, 하기의 특허청구범위 및 균등물의 가장 넓은 허용 가능한 해석에 의해 법률이 허용하는 최대 범위까지로 결정될 것이며, 전술한 상세한 설명에 의해 제한 또는 한정되지 않아야 한다.

[0096] 본 발명은 냉각 프로세스에 적용되는 바와 같이 열 교환기 효율을 개선하기 위하여 개발되었다. 본 발명은 산업용 열전달, 발전소, 열 회수 유닛, 태양열 및 다른 대안적 에너지 시스템, 및 화학 석유 작동과 같은 다른 열 교환 적용에 효과적으로 사용될 수 있음이 이해된다.

[0097] 본 발명은 바람직한 실시예를 참조로 상세히 도시되고 설명되었지만, 형상은 다양하게 변화할 수 있으며, 첨부된 특허청구범위에 의해 포함된 본 발명의 범주를 벗어나지 않고 세부 사항이 제조될 수 있음이 당업자에게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 캐스케이드 냉각 시스템(cascade refrigeration system)의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0017] 도 2는 자동 캐스케이드 냉각 사이클의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0018] 도 3은 냉각 시스템의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0019] 도 4는 냉각 섹션의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0020] 도 5 및 도 6은 열 교환기의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0021] 도 7A 내지 도 7E는 충전제의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

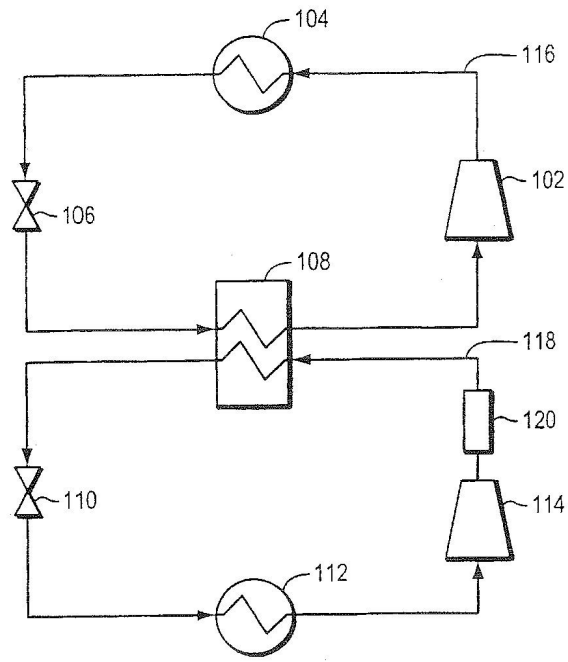
[0022] 도 8A 내지 도 8E는 열 교환기 매니폴드의 예시적 실시예를 나타낸 도면,

[0023] 도 9A 내지 도 9C는 열 교환기의 예시적 배향을 나타낸 도면, 및

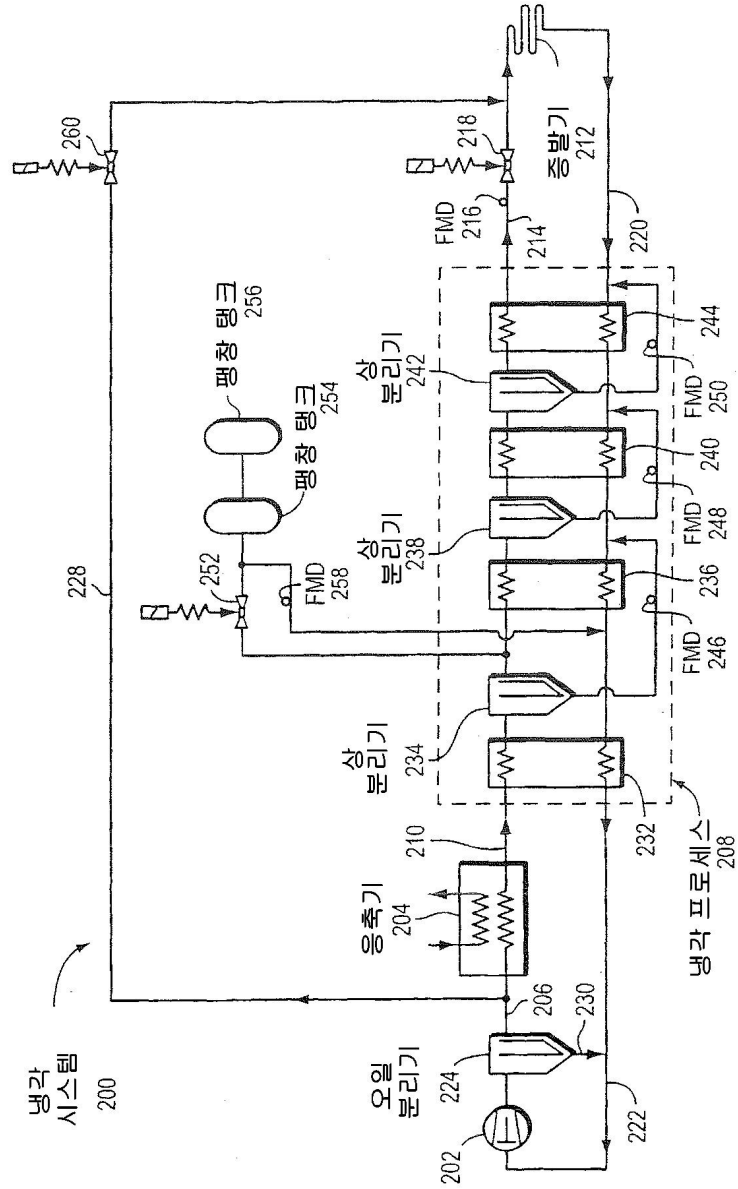
[0024] 도 10은 충전제가 충전된 분배기가 있고 없는 열 교환기에 대한 성능 특성을 나타낸 도면이다.

도면

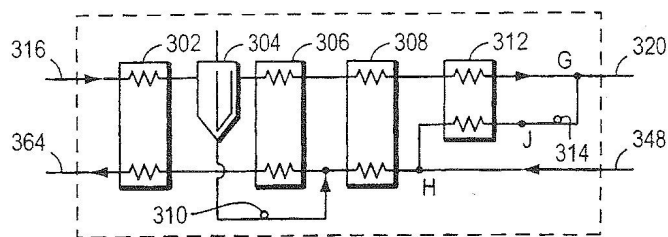
도면1



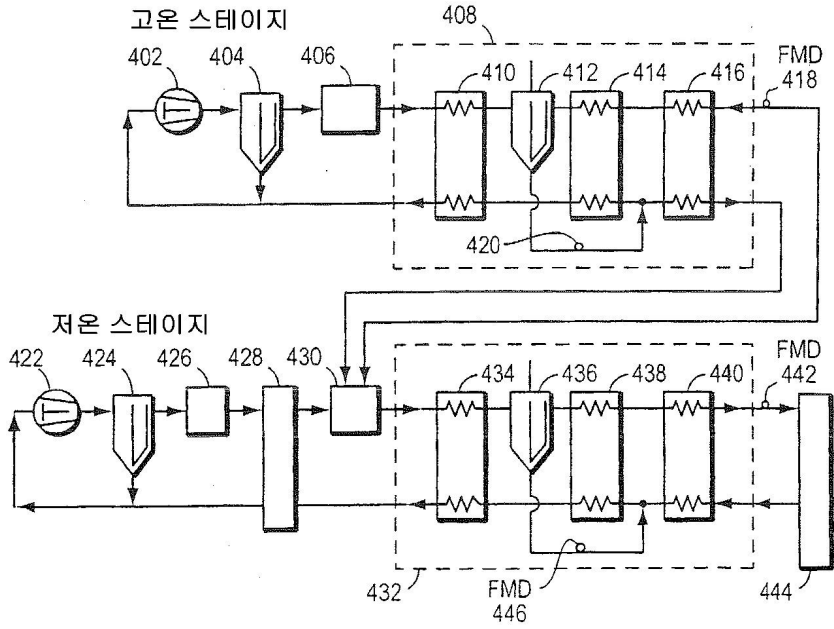
도면2



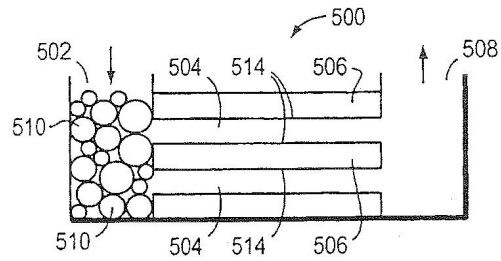
도면3



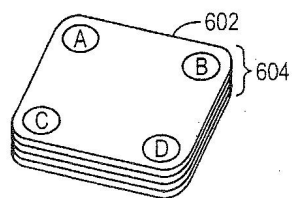
도면4



도면5



도면6



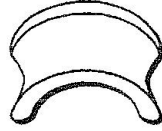
도면7A



도면7B



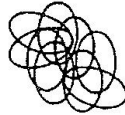
도면7C



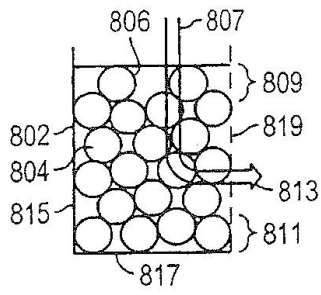
도면7D



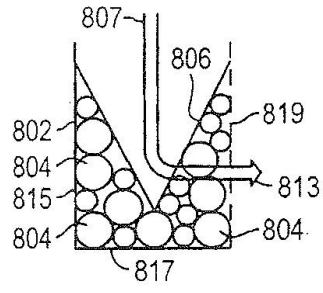
도면7E



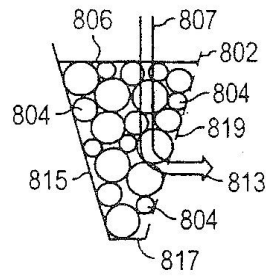
도면8A



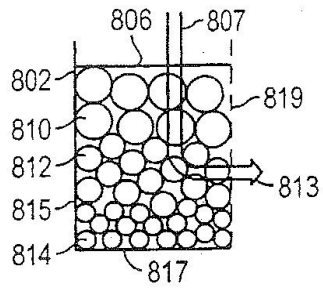
도면8B



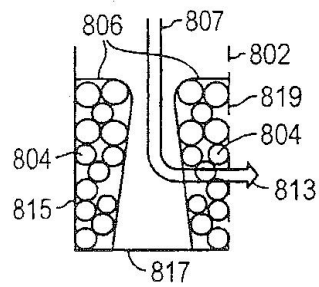
도면8C



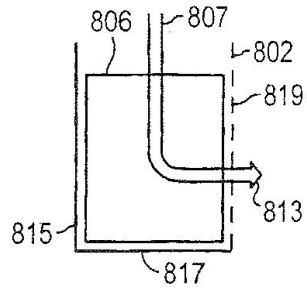
도면8D



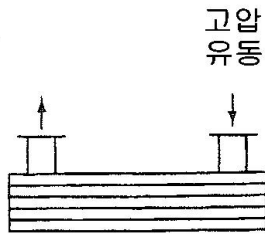
도면8E



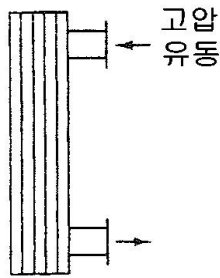
도면8F



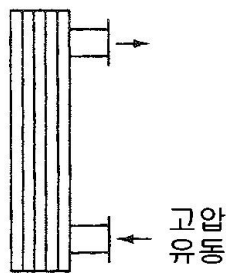
도면9A



도면9B



도면9C



도면10

