



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0018795
(43) 공개일자 2016년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 7/00 (2006.01) F25B 30/00 (2006.01)
F25B 9/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
F25B 7/00 (2013.01)
F25B 30/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7000674
(22) 출원일자(국제) 2014년06월04일
심사청구일자 2016년01월11일
(85) 번역문제출일자 2016년01월11일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/061528
(87) 국제공개번호 WO 2014/198593
국제공개일자 2014년12월18일
(30) 우선권주장
10 2013 211 087.1 2013년06월14일 독일(DE)

(71) 출원인
지멘스 악티엔게젤샤프트
독일 뮌헨 80333 비텔스파허프라췌 2
(72) 발명자
그로물, 베른트
독일 91083 바이어스도르프 에거란트슈트라췌 34
카
라이스너, 플로리안
독일 90475 뉘른베르크 슈트로이부크 3에프
샤퍼, 요헨
독일 90408 뉘른베르크 코베르거슈트라췌 54
(74) 대리인
이시용, 정현주

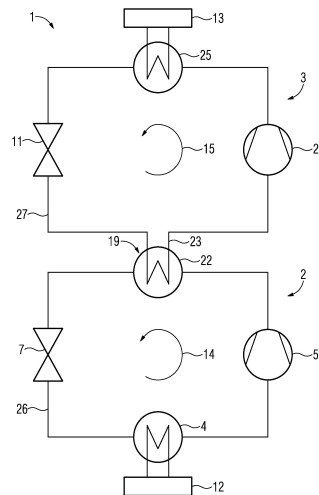
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법, 및 열 펌프 배열체

(57) 요약

본 발명은 열 펌프 배열체(heat pump arrangement; 1)를 작동시키기 위한 방법에 관한 것이고, 여기서 제 1 유체(26)는 제 1 열 펌프(2)를 통해 유동하며, 제 2 유체(27)는 제 2 열 펌프(3)를 통해 유동하고, 열은, 열 교환기(19)에 의해, 제 1 유체(26)로부터 제 2 유체(27)로 전달된다. 유용한 열은, 적어도 120℃의 유체 온도(21)에서 제 2 유체(27)로부터 추출되고, 제 2 유체(27)의 유용한 열은 적어도 500kJ/m³의 제 2 유체(27) 및 제 1 유체(26)의 용적 가열 용량(20)으로 분배된다. 본 발명은 또한, 그러한 열 펌프 배열체(1)에 관한 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
F25B 9/002 (2013.01)

특허청구의 범위

청구항 1

열 펌프 배열체(heat pump arrangement; 1)를 작동시키기 위한 방법으로서,

상기 열 펌프 배열체에서, 제 1 유체(26)가 제 1 열 펌프(2)를 통해 유동하고 제 2 유체(27)가 제 2 열 펌프(3)를 통해 유동하며, 열 교환기(19)를 사용하여 상기 제 1 유체(26)로부터 상기 제 2 유체(27)로 열이 전달되고,

유용한 열이, 적어도 120℃의 유체 온도(21)에서 상기 제 2 유체(27)로부터 추출되고, 상기 제 2 유체(27)의 유용한 열은, 적어도 500kJ/m³의 상기 제 2 유체(27)의 그리고 상기 제 1 유체(26)의 용적 가열 용량(20)으로 방출되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유용한 열은, 바람직하게, 적어도 150℃ 그리고, 특히 바람직하게는, 적어도 160℃의 유체 온도(21)에서 상기 제 2 유체(27)로부터 추출되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

적어도 하나의 플루오로케톤(fluoroketone)이, 상기 제 1 유체(26)로서, 상기 제 1 열 펌프(2)를 통해 유동하는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

물 또는 적어도 하나의 플루오로케톤이 상기 제 2 유체(27)로서 사용되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기한 유체들이 상기 제 1 유체(26) 및 상기 제 2 유체(27)로서 사용되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 유체(26)로부터 상기 제 2 유체(27)로의 열 방출은 대체로 등온적으로(isothermally) 진행되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 유체(27)의 유용한 열은, 적어도 1000kJ/m^3 , 바람직하게는, 적어도 1200kJ/m^3 , 그리고 특히 바람직하게는, 적어도 1500kJ/m^3 의 제 2 유체(27) 및 제 1 유체(26)의 용적 가열 용량(20)으로 방출되는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체를 작동시키기 위한 방법.

청구항 8

열 펌프 배열체(1)로서,

적어도 하나의 제 1 열 펌프(2) - 제 1 유체(26)는 상기 제 1 열 펌프(2)를 통해 유동함 -, 및 제 2 열 펌프(3) - 제 2 유체(27)는 상기 제 2 열 펌프(3)를 통해 유동함 - 를 가지며, 열 교환기(19)를 사용하여 상기 제 1 유체(26)로부터 상기 제 2 유체(27)로 열이 전달될 수 있고,

유용한 열은, 적어도 120°C 의 유체 온도(21)에서 상기 제 2 유체(27)를 사용하여 전달될 수 있으며, 상기 제 1 유체(26) 및 상기 제 2 유체(27)는 적어도 500kJ/m^3 의 용적 가열 용량(volumetric heating capacity; 20)을 갖는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 유체(26) 및/또는 상기 제 2 유체(27)의 적어도 하나의 온도 상승은 적어도 2단계 압축에 의해 증가될 수 있는 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체.

청구항 10

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 제 2 유체(27)는 액체 링(ring) 압축기(24)를 사용하여 대체로 등온적으로 압축 가능한 것을 특징으로 하는,

열 펌프 배열체.

명세서

기술분야

본 발명은, 특허 청구항 1항의 전제부에 따른, 열 펌프 배열체(heat pump arrangement)를 작동시키기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 특허 청구항 8항의 전제부에 따른, 열 펌프 배열체에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 그러한 열 펌프 배열체들은, 예를 들어, 산업적인 열을 공급하기 위해 사용된다. 열 펌프는, 기술적인 작업을 사용함으로써, 열원(heat source)으로부터 더 낮은 온도의 열의 형태로 열 에너지(thermal energy)를 흡수하고, 그리고 압축 기계의 구동 에너지와 함께, 열 에너지를 더 높은 온도의 폐열로서 히트 싱크(heat sink)에 방출하는 기계이다. 일시적인 저장을 위해 또는 열을 전달하기 위해, 유체가 사용되는데, 그러한 유체는 열 펌프 내에서, 압축 기계에 의한 순환 프로세스(cycle process)를 통해 전달된다. 이러한 순환 프로세스는 또한, 열역학적 증기 압축 순환(thermodynamic vapor compression cycle)으로서 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 고온 열 펌프(high temperature heat pump, HTHP)들을 위한 적합한 유체들 및 적합한 압축 기계들의 부재시, 현재 상업적으로 획득 가능한 열 펌프들로부터의 유용한 열은 고작 최대 100℃의 온도들로 제한된다.
- [0004] 따라서, 본 발명의 목적은, 특히 높은 온도들에서 유용한 열을 제공할 수 있는 열 펌프 배열체 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0005] 이러한 목적은, 특히 청구항 1항의 특징들을 갖는 방법에 의해, 그리고 특히 청구항 8항의 특징들을 갖는 열 펌프 배열체에 의해 달성된다. 본 발명의 편리한 추가적인 개량예들을 갖는 유리한 구성들은 특히 종속 청구항들에 나타난다.
- [0006] 특히 높은 온도들에서 유용한 열을 제공할 수 있는 상기-진술된 유형의 방법을 제공하기 위해, 본 발명에 따라, 적어도 120℃의 유체 온도에서 제 2 유체로부터 추출되는 유용한 열이 제공되고, 여기서 제 2 유체의 유용한 열은, 적어도 500kJ/m³의 제 2 유체 및 제 1 유체의 용적 가열 용량으로 방출된다. 용적 가열 용량(volumetric heating capacity, VHC)은 열 펌프들의 이론적으로 달성 가능한 성능 계수(coefficient of performance, COP)에 대해 매우 중요하다. 즉, VHC가 더 높을수록, 이에 따라 열 펌프가 더 효율적으로 작동한다. 그러므로, 용적 가열 용량이 상기 진술된 500kJ/m³보다 더 높을수록, 각각의 열 펌프의 성능 계수(COP)가 또한, 더 높다. 제 2 열 펌프에 의해, 특히 높은 유체 온도들이 달성될 수 있다. 결과적으로, 특히 높은 온도에서 유용한 열은, 제 1 유체에 의해 전달되는 열에 따라서, 제 2 유체로부터 추출될 수 있다.
- [0007] 유용한 열이, 적어도 150℃, 그리고 특히 바람직하게는 적어도 160℃의 유체 온도에서 제 2 유체로부터 추출되는 것이 유리하다는 점이 증명되었다. 제 2 열 펌프에 의해, 특히 높은 유체 온도들이 달성될 수 있다. 결과적으로, 특히 높은 온도에서 유용한 열이 제 2 유체로부터 추출될 수 있고, 이에 의해, 예를 들어, 산업적인 사용을 위해 더욱 효과적으로, 유용한 열이 제공될 수 있다.
- [0008] 본 발명의 유리한 구성에서, 적어도 하나의 플루오로케톤(fluoroketone)이 제 1 유체로서, 제 1 열 펌프를 통해 유동한다. 플루오로케톤들은 산업에서 사용하기에 특히 안전한데, 이는, 사고 시에 특별한 보호 조치를 취할 필요가 없기 때문이다. 플루오로케톤들의 사용이 환경적인 요건들에 의해 지배되지 않기 때문에, 플루오로케톤들의 사용은 특히 미래에도 경쟁력이 있다(future-proof). 게다가, 플루오로케톤들은 특히 낮은 지구 온난화 가능성을 갖고, 비-가연성이며, 무-독성이다. 이러한 이유 때문에, 플루오로케톤들은, 특히, 산업적인 프로세스 열, 특히, 120℃를 초과하는 온도에서, 이러한 열 펌프 배열체들을 사용하여 유용한 열이 제공되는 경우, 열 펌프 배열체들에서 유체들로서 사용하기에 특히 적합하다.
- [0009] 본 발명의 추가적인 유리한 구성에서, 물 또는 적어도 하나의 플루오로케톤이 제 2 유체로서 사용된다. 물 및 플루오로케톤들 양자 모두가 환경 친화적이고, 안전의 관점으로부터 이의가 없기 때문에, 물 및 플루오로케톤들 양자 모두는, 이들이 가연성도 아니고 독성도 아님을 고려하면, 높은 유체 온도들이 발생하는 어플리케이션들(applications)에서 특히 유체로서 적합하다.
- [0010] 제 1 유체 및 제 2 유체로서 상이한 유체들이 사용되는 것이 특히 유리하다. 각각의 열 펌프의 성능 계수(COP)는 각각의 온도 상승에 의존한다. 열 펌프의 온도 상승은, 열 펌프의 각각의 응축기(condenser)와 열 펌프의 각각의 증발기(evaporator) 사이에서 달성될 수 있는 온도 차이를 의미하는 것으로 이해된다. 제 1 열 펌프의 달성 가능한 온도 상승에 따라, 그러므로 특히 높은 온도의 폐열이 제공될 수 있고, 열 교환기에 의해, 제 2 열

펌프의 제 2 유체로 전달될 수 있다. 따라서, 제 2 열 펌프를 사용하여 도달될 수 있는 제 2 유체의 최대 온도는 제 1 유체에 의해 전달되는 열의 양에 직접적으로 의존한다. 각각의 열 펌프의 특히 큰 온도 상승들을 사용하여, 특히 높은 성능 계수들이 달성될 수 있고, 여기서 제 1 유체 및 제 2 유체를 위해 각각의 경우에 왜 상이한 조성의 유체들이 사용되는 것이 유리한지는, 예를 참조하여 이하에서 설명될 것이다. 예를 들어, 제 1 열 펌프를 사용하여 고작 140℃의 유체 온도들이 달성되는 경우, 플루오로케톤 NOVEC 524의 사용이 특히 권장된다. 플루오로케톤 NOVEC 524는 100℃ 내지 140℃ 범위에서 특히 높은 용적 가열 용량(VHC)을 갖는다. 그러나, NOVEC 524는 오직, 진술된 140℃의 최대 유체 온도까지만 적합하기 때문에, 예를 들어, 제 2 열 펌프를 사용하여 140℃에서 200℃까지의 온도 상승을 달성하기 위해서는, 제 2 유체로서 물을 사용하는 것이 권장되는데, 이는 물이 또한, 140℃ 초과 유체 온도들에 대해서 적합하기 때문이다.

[0011] 제 1 유체로부터 제 2 유체로의 열 방출이 대체로 등온적으로(isothermally) 진행되는 것이 특히 유리하다. 등온적인 열 방출을 통해, 방출된 양의 열의 온도가 특히 일정하게 유지되고, 이에 의해, 온도 변동들이 특히 대체로 배제되며, 따라서, 또한 대체로 일정한 온도 상승이, 제 2 열 펌프를 사용하여 달성될 수 있다. 열 교환기를 사용하여 등온적인 열 방출을 달성하기 위해, 제 1 유체는 임계치-미만으로(sub-critically) 작동되어야 하는데, 즉, 제 1 유체는 오직, 제 1 유체의 임계 온도 미만에서만 사용될 수 있다. 즉, 따라서, 제 1 유체는, 액체 물리 상태 및 기체 물리 상태 양자 모두가 존재할 수 있는 온도에서 작동되어야 한다.

[0012] 본 발명의 추가적인 유리한 구성에서, 유용한 열은, 제 2 유체의 적어도 1000kJ/m³, 바람직하게는 적어도 1200kJ/m³, 그리고 특히 바람직하게는 적어도 1500kJ/m³의 용적 가열 용량으로 방출된다. 이론적으로 달성 가능한 성능 계수(COP)는, 각각의 열 펌프의 각각의 유체를 압축하는 압축 장치의 설계에 의존하지만, 열 펌프 배열체의 유체는, 적어도 1000kJ/m³의 용적 가열 용량이 존재하는 지점에서 작동되어야 한다. 용적 가열 용량이, 상기 진술된 1000kJ/m³보다 더 높을수록, 각각의 열 펌프의 성능 계수(COP) 또한 더 크다. 각각의 유체의 용적 가열 용량에 대해 적어도 1000kJ/m³가 필요한 경우, 예를 들어, 150℃ 미만의 온도에서 물은 유체로서 유용하게(sensibly) 사용될 수 없다. 각각의 유체에 대해 적어도 1500kJ/m³의 용적 가열 용량이 존재하는 경우에, 각각의 열 펌프의 성능 계수(COP)가 특히 크다.

[0013] 적어도 하나의 제 1 열 펌프 — 제 1 유체가 제 1 열 펌프를 통해 유동함 —, 및 제 2 열 펌프 — 제 2 유체가 제 2 열 펌프를 통해 유동함 — 를 구비한, 본 발명에 따른 열 펌프 배열체에서, 열은, 열 교환기를 사용하여, 제 1 유체로부터 제 2 유체로 전달될 수 있다.

[0014] 이러한 경우에, 유용한 열은, 적어도 120℃의 유체 온도에서 제 2 유체를 사용하여 전달될 수 있고, 여기서 제 1 유체 및 제 2 유체는 적어도 500kJ/m³의 용적 가열 용량을 갖는다. 용적 가열 용량이 더 높을수록, 각각의 열 펌프의 달성 가능한 성능 계수(COP) 또한 더 높다. 이러한 경우, 특히 높은 온도에서 유용한 열은, 제 1 유체에 의해 전달되는 열에 따라서, 제 2 유체로부터 추출될 수 있다. 제 2 열 펌프가, 특히 높은 온도에서 유용한 열을 제공할 수 있는 열 펌프 배열체 — 열 펌프 배열체는 또한, 열 펌프 캐스케이드(cascade)로 알려진 — 를 제공하기 위해, 제 1 열 펌프의 제 1 유체의 최대로 높은 용적 가열 용량이 유리하며, 여기서 제 1 유체로부터 제 2 유체로 전달되는 열의 양이 특히 높은 온도로 전달된다면, 유리하다.

[0015] 본 발명에 따른 방법과 관련하여 상기 설명된 장점들은, 동일한 방식으로, 본 발명에 따른 열 펌프 배열체에 적용되고, 그 반대로도 마찬가지다.

[0016] 열 펌프 배열체의 하나의 유리한 구성에서, 제 1 유체 및/또는 제 2 유체의 상대적으로 높은 압력비로부터 비롯된 적어도 하나의 온도 상승은, 적어도 2단계 압축에 의해, 증가될 수 있다. 열 펌프의 유체를 이용하여 특히 큰 온도 상승들이 달성되는 경우, 2단계 또는 다단계 압축이 권장된다. 이러한 경우에, 각각의 압축 단계를 달성하는(effecting) 압축 장치들 사이에 중간 냉각이 끼워맞춤(fitted)될 수 있다. 이는, 특히, 물이 유체로서 사용되는 경우에 유용하다. 중간 냉각의 열은, 특히 에너지-효율적인 방식으로, 각각의 열 펌프의 증발 장치에 공급될 수 있다. 게다가, 매우 높은 온도 상승들을 달성하기 위해, 둘 초과의 열 펌프 회로들의 캐스케이드들이 또한 가능하다.

[0017] 열 펌프 배열체의 추가적인 유리한 구성에서, 액체 링(ring) 압축기를 사용하여, 제 2 유체가 대체로 등온적으로 압축 가능하다는 것이 입증되었다. 유체의 압축은, 액체 링 압축기를 사용하여, 대체로 등온적으로 진행될 수 있다. 그러면, 액체 링 압축기의 액체 링은 압축될 유체와 직접 접촉하고, 이에 의해, 압축열이, 유체로부터 링 액체 — 링 액체로부터 액체 링이 형성됨 — 로 특히 효과적으로 전달될 수 있다. 즉, 유체 및 링 액체가 벽에 의해 서로 분할되지 않기 때문에, 그러므로 열 전달 저항이 특히 낮다.

도면의 간단한 설명

[0018]

본 발명의 추가적인 장점들, 특징들, 및 세부 사항들은 청구항들에 의해, 바람직한 실시예들의 이하의 설명에 의해, 그리고 도면들을 참조함으로써 밝혀진다.

도 1은, 종래 기술에 따른 열 펌프 캐스케이드 - 본 경우에, 열 펌프 캐스케이드는, 2개의 열 펌프 회로들을 구비한 열 펌프 배열체에 대응함 - 의 개략도이고;

도 2는, 온도에 대하여 그려진, 열 펌프 배열체의 다양한 유체들의 용적 가열 용량들의 각각의 곡선들의 개략도이며; 그리고

도 3은, 2개의 열 펌프 회로들 - 열 펌프 회로들 중 하나는, 유체로서 플루오로케톤을 이용하여 작동됨 - 을 구비한 열 펌프 배열체에 대응하는 열 펌프 캐스케이드의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019]

도 1은, 종래 기술에 따라, 캐스케이드 열 펌프(1)로 알려지고, 2개의 열 펌프 회로들을 포함하는 열 펌프 배열체의 개략도이다. 캐스케이드 열 펌프(1)는, 제 1 열 펌프(2) - 제 1 유체가 제 1 열 펌프를 통해 유동함 -, 및 제 2 열 펌프(3) - 제 2 유체가 제 2 열 펌프를 통해 유동함 - 를 포함한다. 제 1 및 제 2 유체들은, 열 교환기(19)에 의한 열 전달을 위해, 서로 커플링된다(coupled). 이러한 경우, 열 교환기(19)는 제 1 열 펌프(2)의 응축기(6) 및 제 2 열 펌프(3)의 증발기(8)를 포함한다. 제 1 열 펌프(2)의 제 1 유체는 증발기(4)에 의해 증발되고, 여기서 증발기(4)에는 열원(12)에 의해 열 에너지가 공급된다. 증발기(4)에 의해 가열된 제 1 유체는, 제 1 열 펌프(2)에 의해, 상기 제 1 열 펌프(2)의 압축기(5)에 의해서, 화살표(14)의 방향으로 전달된다. 그런 다음에, 응축기(6)의 가열되고 압축된 제 1 유체는 열을 증발기(8)에 방출하고, 여기서 제 2 열 펌프(3)의 제 2 유체는 증발기(8)에 의해 증발된다. 이러한 열의 방출에 후속하여, 제 1 유체는 제 1 열 펌프(2)의 팽창 밸브(expansion valve; 7)에 의해 팽창되고, 그 후에 다시 한번, 증발기(4)를 통해 열을 흡수한다. 따라서, 제 1 열 펌프(2)의 회로는 폐쇄형(closed)이다. 열 교환기(19)에 의해 가열된, 즉, 제 1 열 펌프(2)의 응축기(6)에 의한 제 2 열 펌프(3)의 증발기(8)로의 열의 방출에 의해 가열된, 제 2 열 펌프(3)의 제 2 유체는 제 2 열 펌프(3)의 압축기(9)에 의해 압축되고, 제 2 열 펌프(3)의 응축기(10)에서 열을 히트 싱크(13)에 방출한다. 그런 후에, 제 2 유체는 화살표(15)의 방향으로 제 2 열 펌프(3)의 팽창 밸브(11)를 통해 유동하고, 팽창 밸브에서 팽창된다. 그런 후에, 제 2 유체는 다시, 열 교환기(19)에 의해 열을 흡수하며, 따라서, 제 2 열 펌프(3)의 회로는 폐쇄형이다.

[0020]

도 2는 용적 가열 용량들의 상이한 곡선들의 개략도이고, 여기서 도면의 y축은 용적 가열 용량(20)을 나타내고, x축은 유체의 응축 온도에 대응하는 유체 온도(21)를 나타낸다. 이러한 도면은, NOVEC 524로 알려진 플루오로케톤의 가열 용량 곡선에 대응하는 가열 용량 곡선(16)이, NOVEC 649로 알려진 플루오로케톤의 가열 용량 곡선에 대응하는 가열 용량 곡선(17)보다, 동일한 유체 온도들(21)에 대해서 각각의 경우에 더 높은 값들을 갖는 것을 도시한다. 도면으로부터 명백한 바와 같이, 가열 용량 곡선(16)도 가열 용량 곡선(17)도, 유체 온도(21)가 그려진 x축의 전체 길이에 걸쳐서 연장되지 않는다. 따라서, 플루오로케톤 NOVEC 524의 가열 용량 곡선(16)은 148℃의 임계점(28)에 도달함으로써 제한되고, 플루오로케톤 NOVEC 649의 가열 용량 곡선(17)은, 예를 들어, 169℃의 임계점(29)에 도달함으로써 제한된다. 그렇지만, 도면으로부터 명백한 바와 같이, 물의 가열 용량 곡선에 대응하는 가열 용량 곡선(18)은, 2개의 플루오로케톤들과 비교하여, 동일한 유체 온도들(21)에 대해서 각각의 경우에 가장 낮은 용적 가열 용량(20)을 가지며, 물의 임계점에 도달되는 것 없이, 특히 넓은 범위의 유체 온도들(21)에 걸쳐 물이 사용될 수 있다. 도 2로부터 부가적으로 명백한 바와 같이, 임계점(28) 및 임계점(29) 미만의 유체 온도들에서 물의 가열 용량 곡선(18)은, 각각, 가열 용량 곡선(16) 및 가열 용량 곡선(17) 아래에 있지만, 높은 유체 온도들(21)에서는, 물의 가열 용량 곡선(18)은, 각각의 임계점들(28 및 29)에 각각 도달된 결과로서 가열 용량 곡선(16) 및 가열 용량 곡선(17)에 의해 도달될 수 있는 것보다, 더 큰 값들로 상승한다. 게다가, 플루오로케톤 NOVEC 649가 제 1 열 펌프(2)의 제 1 유체로서 사용되는 경우, 작업 온도가 적어도 160℃인 다량의 열이, 캐스케이드 열 펌프(1)에 의해, 히트 싱크(13)에 방출될 수 있다는 것이 명백하다. 최대 160℃의 온도에서, 이러한 제 1 유체로부터 제 2 유체로 열 교환기(19)에 의해 전달되는 열의 양에 기초하여, 제 2 열 펌프(3)의 제 2 유체가 추가적으로 가열되기 때문에, 심지어 160℃보다 더 높은 유용한 열의 온도가 제 2 열 펌프(3)에 의해 도달될 수 있다.

[0021]

제 1 유체로부터 제 2 유체로의 열 방출은 열 교환기(19)에 의해 등온적으로 진행되어야 하기 때문에, 캐스케이드 열 펌프(1)의 제 1 열 펌프(2)를 위한 유체를 위해, 오직 임계치 미만으로 작동되는 유체들만이 선택 사항들

이다. 등온적인 열 방출을 허용하기 위해, 제 1 열 펌프(2)의 제 1 유체는, 각각의 임계점(28 또는 29)의 임계 온도 미만인 유체 온도(21)에서 작동된다. 열 펌프들(2, 3) 중 하나 의 열 펌프의 유체의 용적 가열 용량(20)이 더 높을수록, 각각의 열 펌프(2, 3)는 더 효율적으로 작동한다. 따라서, 각각의 더 높은 용적 가열 용량(20)에 의해, 등온적으로 달성 가능한 열 펌프의 성능 계수가 또한 증가한다.

[0022] 도 2 및 도 3을 함께 살펴볼 때 명백한 바와 같이, 예를 들어, NOVEC 524와 같은 플루오로케톤(26)이 제 1 열 펌프(2)의 제 1 유체로서 사용되는 것이 특히 유리하다. 이러한 관점에서, 열 교환기(19)에 의한 제 2 열 펌프(3)의 제 2 유체로의 등온적인 열 방출을 허용하기 위해, 유체 온도(21) — 플루오로케톤(26)이 유체 온도(21)까지 가열됨 — 가 임계점(28)의 기초(fundamental) 임계 온도 미만에서 머무른다는 것이 주지되어야 한다. 예를 들어, 제 2 열 펌프(3)의 제 2 유체로서, 물(27)이 사용된다.

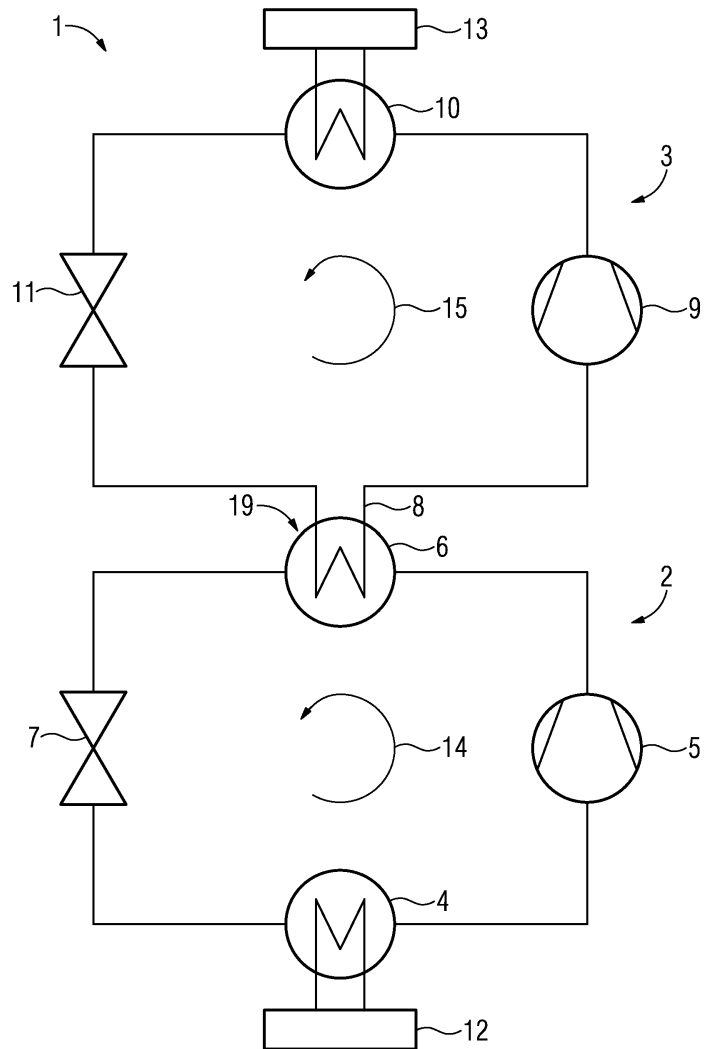
[0023] 도 3의 개략도에 예시된 케이스케이드 열 펌프(1)는 실질적으로, 도 1에서 이미 설명된 컴포넌트(component)들을 포함하고, 그러한 이유로, 오직 차이점들만 이하에서 설명될 것이다.

[0024] 도 3에 따른 열 교환기(19)는, 응축기(6) 및 증발기(8) 대신에, 제 1 열 펌프(2)의 고온 응축기(22) 및 제 2 열 펌프(3)의 고온 증발기(23)를 포함한다. 게다가, 도 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 물(27)을 전달하는 데에, 압축기(9) 대신에 액체 링 압축기(24)가 사용된다. 액체 링 압축기(24)에 의해서, 고온 증발기에 의한 열의 입력의 결과로서 앞서서 증발된 물(27)이 이제 압축되어 고온 응축기(25)에 공급된다.

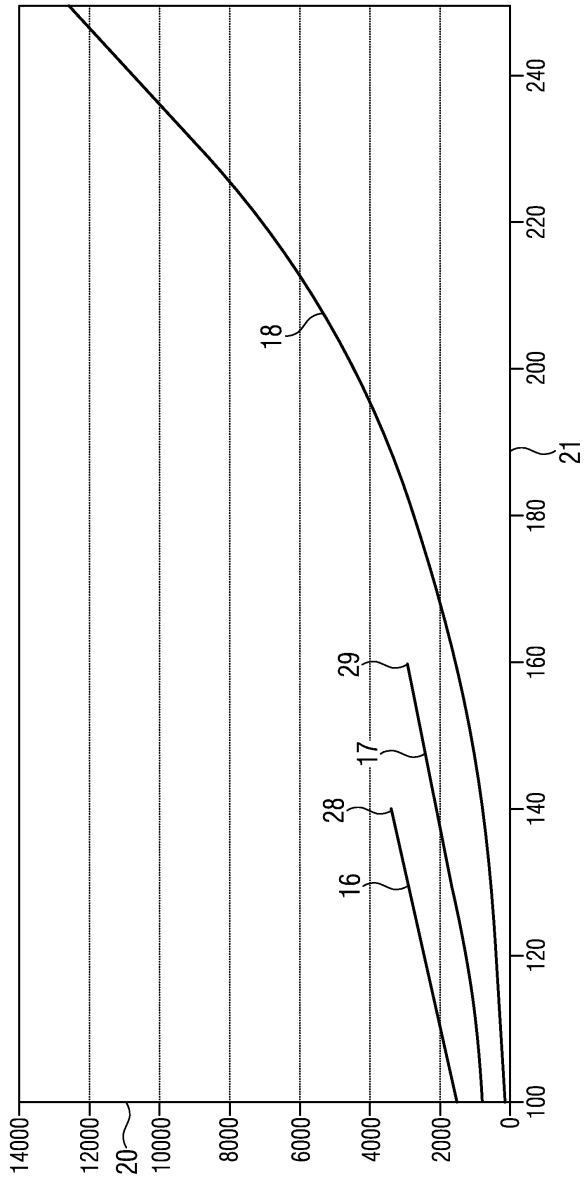
[0025] 플루오로케톤(26)의 $3000\text{kJ}/\text{m}^3$ 를 초과하는, 그리고 따라서 $1500\text{kJ}/\text{m}^3$ 를 현저하게 초과하는 특히 높은 용적 가열 용량에 기인하여, 임계점(28)의 임계 온도를 초과하지 않는, 플루오로케톤(26)의 140°C 의 유체 온도(21)에서, 제 1 열 펌프(2)의 고온 응축기(22)에 의해 다량의 열이 제 2 열 펌프(3)의 고온 증발기(23)로 전달된다. 따라서, 특히 높은 온도에서 다량의 열이, 고온 증발기(23)에 의해 물(27)에 방출될 수 있고, 여기서, 결과로서, 특히 높은 온도에서 다량의 유용한 열이, 고온 응축기(25)에 의해, 히트 싱크(13)에 방출될 수 있다. 제 2 열 펌프(3)에서 유체로서 운반되는 물(27)이, 열 교환기(19)에 의해 플루오로케톤(26)으로부터 물(27)로 전달되는 140°C 의 열의 양에 의해, 예를 들어, 200°C 의 온도까지 가열되는 경우, 이는, 물(27)의 60°C 의 온도의 상승에 대응한다. 200°C 에서, 물(27)의 용적 발열량(20)은 합계가 $4000\text{kJ}/\text{m}^3$, 즉, $1500\text{kJ}/\text{m}^3$ 보다 현저하게 더 높은 값을 초과한다.

도면

도면1



도면2



도면3

