



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0025411  
(43) 공개일자 2008년03월20일

(51) Int. Cl.

F25B 13/00 (2006.01) F28F 27/00 (2006.01)  
G05D 16/00 (2006.01) G05D 23/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7001932

(22) 출원일자 2008년01월24일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년01월24일

(86) 국제출원번호 PCT/US2006/024633

국제출원일자 2006년06월23일

(87) 국제공개번호 WO 2007/002496

국제공개일자 2007년01월04일

(30) 우선권주장

60/693,934 2005년06월24일 미국(US)

(71) 출원인

윌리엄 아씨

미국, 메샤츄세츠 01520, 홀든, 윈드히스트 드라  
이브 42

아고스타 찰스

미국, 메샤츄세츠 01451, 하바드, 볼턴 로드 124

(72) 발명자

윌리엄 아씨

미국, 메샤츄세츠 01520, 홀든, 윈드히스트 드라  
이브 42

아고스타 찰스

미국, 메샤츄세츠 01451, 하바드, 볼턴 로드 124

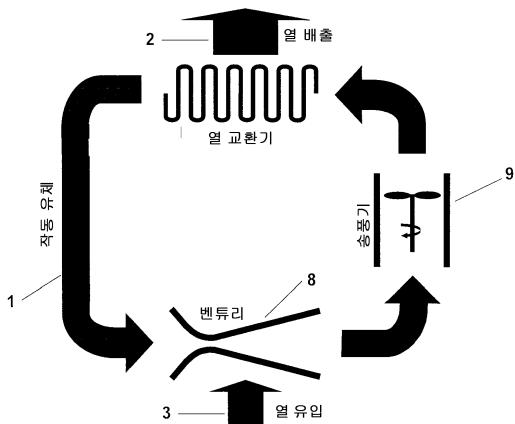
(74) 대리인

성낙훈

전체 청구항 수 : 총 17 항

**(54) 열전달용 벤튜리 덕트****(57) 요 약**

열펌프는 열원으로부터 더 고온인 열싱크에 열을 전달하기 위해 동력을 소비한다. 본 발명은 열원으로부터 일반적으로 온도가 더 높은 작동유체에서 베르누이 효과에 의해 열원의 온도 보다 낮은 온도로 국부적으로 냉각되는 작은 부분에 열이 자발적으로 전달되도록 한다. 베르누이 효과는 부속 유동을 유지하도록 형성된 벤튜리형 덕트에서 발생한다. 벤튜리에서 유동 온도, 속도, 압력구배 및 너셀 효과가 열전달을 증대시키는 작은 부분에 열전달을 제한시켜 열전달 효율을 개선한다. 이 부분에서 벤튜리 목부를 가로질러 연장하는 열전도성 그리드에 의해 열전달이 최대화 된다.

**대표도**

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

유체 유동을 안내할 수 있는 솔리드 열전달 벤튜리 덕트 구조로서,  
 상기 덕트의 단면적은 그 축선을 따라 변하며,  
 상기 단면적이 변하는 중에 하나 이상의 최소 국부 단면적이 존재하며,  
 상기 덕트의 벽은 이 덕트의 하나 이상의 단면부(슬라이스)를 제외하고는 단열되어 있으며 상기 단면부에서 유체 유동의 특성(온도와 경계층 두께)은 덕트벽으로부터 유체 유동으로의 열전달에 기여하고,  
 상기 덕트의 열전도성 부분은 열전도체를 통해 열원에 연결되어 있는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 덕트벽의 열전도성 부분으로부터 상기 덕트 구조의 내부안으로 연장하는 하나 이상의 열전도성 핀을 포함하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 핀은 상기 덕트를 가로질러 연장하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 다수의 열전도성 핀은 상기 덕트의 열전도성 단면 부내에서 열전도성 그리드를 형성하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 핀은 상기 열전달 덕트 구조를 통해 흐르는 상기 유체에 대한 공기역학적 항력이 최소화되도록 형성되어 있는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 유체에 대한 항력을 줄이기 위해 상기 핀은 상기 열전달 덕트 구조를 통해 흐르는 상기 유체의 유선에 정렬되어 있는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 7

제 2 항에 있어서, 상기 핀의 단면적은 상기 벤튜리 벽에서 멀어짐에 따라 감소하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 열전달 속도는 상기 열전달 덕트 구조에서의 압력강하의 변화에 의해 제어되는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서, 디퓨저를 포함하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 디퓨저는 부속 유동을 유지하도록 충분히 서서히 확대되는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 덕트는 유동을 그의 국부 주변 환경으로 배출하는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 12

베르누이 열펌프 시스템으로서,

열원,

청구항 1에 따른 열전달 벤튜리 덕트 구조,

상기 열원과 상기 열전달 벤튜리 덕트 구조의 열전도성 구역 사이에 있는 열적 연결부,

상기 열전달 덕트 구조에 흐르는 작동 유체,

상기 덕트 구조를 통한 작동유체 유동을 유지시키는 송풍기 기구, 및

상기 열전달 벤튜리 덕트 구조와 상기 송풍기 기구를 연결시키는 덕트 구조를 포함하는 베르누이 열펌프 시스템.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 열원의 온도는 작동유체의 온도 보다 높은 베르누이 열펌프 시스템.

### 청구항 14

제 12 항에 있어서,

열싱크,

상기 작동유체 유동에서 상기 열싱크로 열을 전달하는 열교환 기구,

상기 송풍기 기구를 상기 열교환 기구에 연결하는 덕트 구조, 및

상기 열교환 기구를 상기 열전달 벤튜리 덕트 구조의 입구에 연결하는 덕트 구조를 더 포함하는 베르누이 열펌프 시스템.

### 청구항 15

유체 유동에 열을 전달하는 방법으로서,

청구항 1에 따른 열전달 벤튜리 덕트 구조를 통한 유체 유동을 유지하는 압력 강하를 유지시키는 단계와,

상기 열전달 벤튜리 덕트 구조의 열전달 슬라이스의 하나 이상의 열전도성 단면부로의 열흐름을 유지시키는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 16

제 1 항에 있어서, 상기 덕트벽과 유체 유동 사이의 열전달 속도는 압력 강하의 변화로 제어되는 열전달 벤튜리 덕트 구조.

### 청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 열전도체는 상기 유체 유동에 노출되는 경우 보다 두배 이상 큰 표면적으로 상기 열원에 노출되는 열전달 벤튜리 덕트 구조,

## 명세서

### 기술 분야

<1>

본 발명은 열원으로부터 더 온도가 높은 열싱크로 열을 이동시키는 열펌프, 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로 본 발명은 베르누이 열펌프에 관한 것이다.

### 배경 기술

<2>

열기관은 열원으로부터 열싱크 쪽으로 열을 이동시키는 장치이다. 열기관은 열이 이동하는 방향에 따라 두 개의 기본적인 종류로 분류될 수 있다. 열은 자발적으로 "하향"으로 흐르는데 즉 저온 측으로 흐르게 된다. 물의 유동처럼 이러한 "하향" 열 흐름은 내연기관 등에 의해 기계적인 일을 얻는데 이용될 수 있다. 열을 "상향"으로 즉 고온측으로 이동시키는 장치를 열펌프라고 한다. 이 열펌프는 필연적으로 동력을 소비하게 된다. 냉동기와

공기 조화기가 이러한 열펌프의 예이다. 대부분의 열펌프는 열원과 열싱크의 온도를 포함하는 범위에서 작동 유체 (1) 의 온도를 변화시켜서 작동하게 된다. 이렇게 해서 열은 자발적으로 열원으로부터 작동유체내에서 온도가 그 열원보다 낮은 부분으로 흐를 수 있게 된다. 유사하게 열은 자발적으로 작동유체 내에서 열싱크보다 온도가 높은 부분으로부터 그 열싱크로 흐르게 된다. 작동유체의 요구되는 온도 변화는 일반적으로 작동유체의 압축과 팽창에 영향을 받는다.

<3> 이와 대조적으로 베르누이 열펌프에서는 무작위 문자 운동(유체의 온도와 압력에서 반영됨)을 방향성 운동(거시적 유체운동에서 반영됨)으로 전환시켜서 필요한 작동유체 온도 변화를 얻게 된다 (무작위 운동과 방향성 운동 간의 구별은 문자 속도의 통계학적 분포에서 특히 명확하게 나타난다. 무작위 운동은 분포의 폭이며 방향성 운동은 동일 분포의 평균이다). 유동이 노즐 또는 벤튜리를 통과할 때처럼 유동의 단면적이 감소하면 유체는 자발적으로 무작위 문자 운동에서 방향성 운동으로 전환된다. 단면적과 함께 온도 밀도 및 압력의 연결 변화를 베르누이 원리라고 한다. 압축시에는 동력이 소비되지만 베르누이 전환에서는 그렇지 않다. 베르누이 전환의 에너지 보존 특성은 베르누이 열펌프에서 이용되는 기본적인 효율인 것이다.

<4> 종래의 열펌프와 베르누이 열펌프가 도 1a 와 도 1b 에 비교되어 있다. 도 1a 에서 보는 바와 같이 종래의 열펌프는 4개의 기본 구성요소, 즉 압축기 (4), 팽창밸브 (7), 저온 열교환기 (3) 및 고온 열교환기 (2) 로 이루어져 있다. 도 1b 는 베르누이 열펌프가 팽창밸브 (7) 와 저온 열교환기 (8) 가 하는 역할을 열전달 가능한 벤튜리 (8) 로 병합한 것을 보여준다. 종래의 시스템은 비교적 적은 작동유체 유량을 위해 큰 압력 변화를 필요로 하게 되지만 베르누이 열펌프는 큰 작동유체 유량에서 더 작은 압력 변화를 필요로 한다. 따라서 종래 시스템의 압축기 (4) 구성요소(도 1a 참고)는 베르누이 열펌프에서 팬 또는 송풍기 (9) 로 대체된다 (도 1b 참고). 종래의 열펌프, 베르누이 열펌프, 열교환기, 압축기, 송풍기 및 벤튜리 모두는 폭넓게 설명하였다. 본 발명은 벤튜리를 통해 흐르는 유체에 열 (3) 이 효율적으로 전달될 수 있는 새로운 구조를 설명한다. 본 발명의 중요성은 베르누이 열펌프에 제공하는 개선된 효율에 있다. 이하의 논의에서는 이와 관련하여 본 발명이 다루고 해결할 수 있는 종래 기술의 문제점들을 설명하고자 한다.

<5> 도 2 와 도 3 은 베르누이 열펌프를 포함한 종래기술과 본 발명의 비교를 위한 기초를 제공한다. 도 1 은 소위 1차원 유동을 하는 압축성 기체의 온도, 밀도, 압력, 유동속도 및 단면적의 연결 변화를 보여주고 있다. 잘 알려져 있고 많이 연구된 이 현상에 대해 새롭고 논란의 여지가 있는 것은 없다. 흐르는 압축성 유체의 이들 특성의 연결 변화는 베르누이 전환을 이용하고자 하는 초기의 노력들을 서로 비교해 보고 또한 본 발명과도 비교하기 위한 간결한 기초를 제공하므로 여기서 다시 나타내었다. 1차원 유동에서 함께 변하는 4개의 양들중 임의의 한 양의 상세는 나머지 세 양에 대한 값을 암시해준다. 도 2 는 유동속도(유동속도의 제곱)와 연관된 온도, 밀도, 압력 및 단면적을 보여준다. 유동속도에는 대응하는 무차원 마하수가 부여되어 있다. 유동속도의 제곱에 따라 온도가 선형적으로 감소하는 것은 에너지 보존, 즉 무작위 운동 에너지가 방향성 운동 에너지로 전환된 직접적인 결과이다. 베르누이 효과가 나타나는 유동속도 스케일이 마하수(두 속도의 비)라는 것은 놀라운 게 아니다. 도 1 에 나타난 양들은 정지 기체에서 그들의 값에 대해 정규화된 것이다.

<6> 도 2 는 미국특허 3,049,891 호와 다른 발명 및 본 발명의 관계를 바로 보여주고 있다. 미국특허 3,049,891 호에서는 유동이 초음속(마하수가 1 보다 크다)이어야 한다. 도 2 는 초음속 유동에서는 기체 온도가 정말 더 낮아짐을 보여준다. 그러나 도 2 는 또한 아음속 유동에 의한 온도 감소는 많은 실제적인 목적상 더 적절하다는 것도 보여준다. 이와 관련하여 언급해 두고자 할 바는 도 2 에서 온도 스케일은 절대값 이라는 것이다. 즉, 예컨대 마하 1 의 유동속도에서 기체 온도는 25% 감소했다. 예컨대 정지 기체의 온도가  $70^{\circ}\text{ F}$  라면 마하 1 이 되는 벤튜리의 목부 근처에서의 온도는 제로보다 낮은  $\sim 60^{\circ}\text{ F}$  이다. 도 2 에 나타난 수치값들은 단원자 기체의 비열비(즉, 5/3)가 특징인 완전 기체의 등엔트로피 유동을 가정한 것이다. 따라서 베르누이 열펌프에서 주어지는 과제는 충분히 낮은 온도의 발생이 아니라 벤튜리, 심지어 아음속 벤튜리의 목부 근처에서 나타나는 저온을 효율적으로 이용하는 것이다.

<7> 도 2 가 주는 두번째의 직접적인 암시는 벤튜리 목부에서 고속 유동을 유지하는데 필요한 동력이 상당할 수 있다는 것이다. 벤튜리 목부 근처에서의 압력은 벤튜리 입구에서의 압력의 대략 절반이다. 이 압력 강하가 디퓨저(벤튜리의 확대부)에 의해 회복되지 않으면 베르누이 열펌프의 잠재적인 효율이 떨어지게 된다. 디퓨저가 필요한 것 외에도 효율을 위해서는 디퓨저에서 비박리 유동을 유지해야 한다. 이러한 요건 때문에 매우 점진적으로 확대되는 디퓨저, 즉 매우 비대칭적인 벤튜리(아주 다른 축소부와 확대부를 갖는 벤튜리)가 필요하게 된다. 소위 넓은 의미의 "임계 유동 벤튜리" 와 관련된 많은 문헌은 예컨대 원추형 디퓨저의 반각(원추벽과 대칭축선 사이의 각도)이 10 도 미만이어야 함을 나타내고 있다. 비대칭 벤튜리의 효율 요건은 다루어지지 않고 있다. 미국 특허 2,325,036 호, 2,441,279, 및 3,200,607 호는 베르누이 열펌프에 대해 설명하고 있지만 디퓨저의 효율과

역할에 대해서는 언급하고 있지 않다. 기 특허문헌 중 처음 2건은 항공기 기술에 관한 것인데 항공기 기술에서는 짧은 디퓨저에서 소비되는 동력은 이용가능한 동력 중에서 무시할 수 있는 부분이다.

<8> 본 발명의 촍점은 상기 네 특허문헌 중 어느 것도 다루고 있지 않는 도 2 의 제 3 의 양태에 관한 것이다. 특히 마하 1 근처의 유동속도에 대해 유동속도와 유동 단면적간에 도 2 에 나타난 관계는 유동속도가 증가함에 따라 면적의 역수가 최대값을 지남을 보여준다. 이 최대값은 라발(Laval) 노즐의 기초가 된다. 이 최대값이 주는 다른 암시는 벤튜리 축선을 따르는 거리의 함수로 생각할 때 온도, 밀도 및 압력 모두는 벤튜리 목부(면적의 역수가 최대값이 되는 부분) 근처에서 좁은 급감소(dip) 영역을 나타낸다는 것이다. 즉, 도 2 에서 보는 바와 같이 마하 1 근처에서 온도, 밀도 및 유동속도 모두는 크게 변하지만 단면적은 그의 변하지 않는다. 따라서 벤튜리 축선을 따르는 거리의 함수로 생각할 때, 또는 등가적으로 단면적의 함수로 생각할 때, 온도, 밀도 및 압력 모두는 벤튜리의 목부에서 강한 급감소를 나타낸다. 많이 연구되고 있는 특정한 벤튜리 형상 (11) 에 대한 온도 변화가 도 3 에 나타나 있다 (벤튜리 축선을 따르는 온도, 밀도, 압력 및 유동속도의 변화는 벤튜리 축선을 따르는 거리의 함수로 단면적을 특정해서 도 2 에 (암시적으로) 주어져 있다. 도 3 은 단면적의 면적 변화를 소위 "환상체형 임계 유동 벤튜리" 의 것으로 하여 얻어진 것이다. 이들 장치에서 벤튜리의 축소부는 원환체형이고 확대부는 원추형이다). 벤튜리 벽이 도 3 에 도시된 급감소 영역 외부에서 열전도성이면 이 벤튜리 벽은 작동유체 유동의 다른 곳에서부터 동일 유동의 저온 목부로의 열전달을 위한 열경로를 제공한다. 즉, 작동유체 유동의 목부에 전달된 열은 동일한 작동유체 유동의 다른 곳에서 온 것이어서 순수 이득은 없다. 순수 이득은 없지만 희생이 따른다. 작동유체 유동에 전달된 열은 열원 유동으로부터 전달된 열(원하는 효과)과 작동유체 유동의 다른 곳에서 전달된 열의 합이기 때문에 급감소 영역 외부의 열전달에 의해 원하는 열전달이 직접 감소하게 됨을 알 수 있다. 작동유체와 벤튜리 벽 간의 열전달을 도 3 에 도시된 급감소 영역에 제한하는 것이 본 발명의 촍점이다. 이러한 제한은 이전의 특허문헌에서는 다루고 있지 않다.

<9> 이러한 효과의 중요성은 4개의 추가적인 효과, 즉 소위 너셀(Nusselt) 효과 및 경계층과 관련된 세 효과에 의해 수정 및 증대된다. 너셀 효과는 유체 유동으로 주어지는 대류에 의해 유체-고체 계면에서 열전달이 증대되는 것이다. 유동속도는 계면에서 사라지기 때문에 고체에서 작동유체로의 열전달은 열전도에 의존하게 된다. 그러나 경계층을 넘어선 작동유체의 유동은 전도에 의해 경계층에 전달된 열을 휩쓸고 지나가게 된다(대류). 일반적으로 대류는 전도 보다 더욱더 효과적이다. 마하 1 근처의 유동속도에서 너셀 효과는 크게 된다. 예컨대 열원이 저속으로 흐르는 유체이면 작동유체에 열이 전달되는 영역은 열원 유동으로부터 열이 전달되는 영역 보다 훨씬 작을 수 있다.

<10> 두개의 추가적인 효과는 벤튜리 벽을 따른 경계층 두께의 변화에 관계된 것이다. 벤튜리 벽에서 작동유체에 전달되는 열은 작동유체 유동의 경계층을 통과해야 한다. 경계층은 고체-유체 계면에 인접하여 흐르는 유체의 영역이다. 이 계면에서 유동속도가 사라지기 때문에 작동유체 유동의 속도는 계면 근처에서 급격하게 변하게 된다. 이러한 변화가 일어나는 좁은 영역을 경계층이라고 한다. 온도 구배 및 따라서 전도 열전달은 경계층이 짧은 곳에서 크게 증대된다. 경계층의 두께는 작동유체 유동의 방향을 따르는 압력 구배에 크게 영향을 받는다.

<11> 두 경계층 효과중 첫번째 것은 압력 구배의 방향에 관계된다. 잘 알려져 있는 바와 같이, 소위 "역"(즉, 양의) 압력 구배는 경계층을 두껍게 만든다. 벤튜리의 확대부(디퓨저)에서 "역" 압력 구배가 생기게 된다.

<12> 벤튜리의 축소부(여기서 축방향 압력 구배는 순방향이다)에서 내비어-스톡스 방정식을 직접 따르는 일반적인 의견에 의하면 경계층의 두께는 축방향 압력구배의 제곱근에 반비례하게 된다. 축방향 압력구배는 온도 급감소 영역에서 급격히 증가하게 된다. 온도 급감소 영역에서 이렇게 경계층이 추가로 얇아짐으로 해서 열전달을 이 영역에 제한하기 위한 네번째 동기가 생기게 된다.

<13> 베르누이 열펌프의 효율에 영향을 주는 다섯번째 및 마지막 고려 사항은 본 발명에서 다루고 있다. 도 3 에서 벤튜리에서 "열전달 슬라이스" 가 표시된 부분은 벤튜리 축선에서 열전달 조건이 좋은 부분을 나타낸다. 이들은 모두 대부분 작동유체 유동의 특성이다. 즉, 온도와 축방향 압력구배는 단면 둘레에 있는 짧은 경계층은 제외한 작동유체 유동의 전체 단면의 특성이다. 온도 급감소 영역의 외부에서 발생하는 점성 손실은 이득이 없는 손해를 의미한다. 본 발명의 촍점은 벤튜리에서 도 3 의 급감소 영역 외부에 있는 부분과 관련된 점성 손실을 유발하지 않고 도 3 에서 벤튜리 축선에서 "열전달" 이 표시된 짧은 부분 (10) 의 특성을 이용하는데 있다. 따라서 종래기술에서 다루고 있지 않는 도 3 의 급감소 영역과 관련하여 아래와 같은 5개의 이슈가 있다.

<14> 1. 벤튜리 경계층의 목부를 통한 열전달의 너셀 증대,

- <15> 2. 작동유체 유동의 다른 곳에서부터 급감소 영역으로의 바람직하지 않은 열전달.
- <16> 3. 디퓨저에서 축방향 압력구배가 순방향이 아니라는 점.
- <17> 4. 급감소 영역에서 벤튜리의 축소부내에 있는 부분에서 순방향 압력구배의 크기.
- <18> 5. 경계층에서 도 3 의 온도 급감소 영역 외부에 있는 부분에서의 점성 손실로 인한 효율 저하.
- <19> 상기 5개의 도전 과제중 어느 것도 종래기술에서는 다루고 있지 않다.
- <20> 관련 기술에 대한 논의를 마침에 있어 베르누이 전환은 에너지 보존적(동력 소비가 없음)이지만 베르누이 열펌프는 영구운동 장치가 아니라는 것도 말해두고자 한다. 먼저 열역학 제 2 법칙에 따르면 열이 추가(3) 되어 다른 온도의 작동유체 유동에서 제거(2) 될 때 가역적인 일로 보상되어야 하는 순수 엔트로피 증가가 있게 된다. 이러한 제 2 법칙의 효과 때문에 도 1a, 1b에서 "열배출" 화살표를 대응하는 "열유입" 화살표보다 크게 한 것이다. 이 엔트로피 발생을 보상하는데 필요한 동력은 열이 추가되고 제거되는 온도차에 비례하게 된다. 두번째로 더욱 양적으로 중요한 경계층에서의 유동속도 변화는 역시 가역적인 일로 보상되어야 하는 점성 소산(viscous dissipation)을 암시한다. 첫 번째 효과가 주 과제라면 카르노 효율이 가까이하기 쉬울 것이다. 더 큰 과제는 경계층에서의 점성 소산으로 인한 것이다.

### 발명의 상세한 설명

- <21> 본 발명은 도 3 에 도시된 "열전달" 구역을 이용하는 구조 및 이 구조를 이용하는 시스템에 관한 것이다. 이 구조는 특히 벤튜리를 통해 흐르는 유체에 열이 효과적으로 전달되도록 설계된 벤튜리이다. 본 발명은 "열전달" 구역을 두 가지 유형으로 이용한다. 첫째, 열전달은 열전달 구역에 제한된다. 둘째, 열전달 구역 내의 열전달은 그 열전달 구역내에 있는 특별한 핀(fin)의 사용으로 최대화된다.
- <22> 본 발명의 다른 양태에 따르면 작동유체에 전달되는 열원은 흐르는 유체, 기체 또는 액체일 수 있거나 또는 열 발생 전기 부품의 경우처럼 비유체일 수 있다. 유체원과 비유체원 모두에 대해 중요한 요건은 도 3 에서 "열전달" 구역으로 지정된 벤튜리 축선의 좁은 부분에 열원을 연결해주는 열전도체가 있어야 한다는 것이다.
- <23> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 소비되는 동력은 부속 유동(attached flow)을 유지하기 위해 디퓨저가 매우 점진적으로 확대되게 하면 줄어든다.
- <24> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 더 큰 용량 또는 더 큰 온도차를 얻기 위해 벤튜리를 다단화할 수 있다.
- <25> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 벤튜리 벽을 파형으로 만들면 단일 벤튜리내에서 다수의 "열전달 슬라이스" 가 얻어진다.
- <26> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 작동유체로의 열전달 속도는 벤튜리를 통과하는 유동속도를 변화시켜서 연속적으로 변화시킬 수 있다.
- <27> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 열전달 벤튜리에 기초한 시스템은 개방형 또는 폐쇄형일 수 있다. 즉, 이 시스템은 열이 추가된 작동유체를 배출시킬 수 있거나 또는 열전달 또는 다른 특성을 위해 최적화된 작동유체를 순환시킬 수 있다.
- <28> 본 발명의 또 다른 양태에 따르면 열전달 벤튜리에 기초한 시스템은 열을 "하향"으로 펌핑하는데 사용될 수 있다. 즉, 정지되어 있을 때 작동유체 보다 온도가 높은 열원은 전도에 의해 냉각된다. 작동유체를 유동시킴으로써 너셀 효과와 대류를 이용할 수 있다. 작동유체가 벤튜리를 통해 흐르면 냉각이 더욱 향상된다. 작동유체가 열전달 벤튜리를 통해 흐르면 냉각이 더욱 향상된다.
- <29> 다른 열펌프 기술에서와 같이, 베르누이 열펌프는 가열 또는 냉각의 목적으로 사용될 수 있다.

### 실시예

- <60> 본 발명은 베르누이 열펌프에 사용되는 개선된 열전달 구조를 제공한다. 이 열전달 구조의 실시형태들이 도 4 ~7 에 제시되어 있다. 모든 실시형태는 도 3 에 표시된 벤튜리의 "열전달" 구역을 이용한다. 이 열전달 구역은 두 가지의 기본적인 방식으로 이용된다. 첫째, 벤튜리를 관류하는 작동유체로의 열전달은 "열전달" 구역 (10)에 제한된다. 둘째, "열전달" 구역 (10) 내에서의 열전달은, 벤튜리의 "열전달" 구역 내에서의 열전달에 이용될 수 있는 표면적을 증대시키는 역할을 하는 열전도성 핀을 제공함으로써 최대화된다.

- <61> 도 4 는 열전달 구조가 비대칭 벤튜리 (16) (축소부와 확대부가 서로 다른 형상으로 된 벤튜리)의 형태로 된 제 1 실시형태를 보여준다. 작동유체는 베르누이 전환을 겪게 된다. 화살표 길이는 유동속도를 나타내기 위한 것으로 긴 화살표는 더 높은 속도를 나타낸다. 작동유체가 벤튜리 (12)에 들어가면 기체는 느리게 이동하고 비교적 고온이며 또한 비교적 밀도가 높다. 단면적이 감소함에 따라 일정한 질량 유량을 유지하기 위해 유동속도는 증가되어야 한다. 이러한 유동속도의 증가에 필요한 에너지는 도 2에서 보는 바와 같이 온도에 반영되는 무작위 운동 에너지로부터 얻어진다 (온도는 유동속도의 제곱의 변화에 비례하여 낮아지게 되는데 이를 베르누이 효과라 한다). 그래서 기체가 벤튜리를 통해 흐름에 따라 유동속도는 최소 단면적에서 최대 (13)에 이를 때까지 증가하게 된다 (유동속도의 축선방향 변화는 도 3에 도시된 온도의 변화와 거울상 관계에 있다). 벤튜리의 디퓨저 부분에서 단면적이 증가하기 시작함에 따라 기체가 벤튜리 출구 (15) 쪽으로 흐름에 따라 유동속도는 감소하고(14), 벤튜리 출구에서 열전도성 재료 (18)를 통해 열원 유동 (17)으로부터 열이 전달된 정도로 기체의 온도가 올라게 된다. 본 발명에서 중요한 점은 작동유체에 열전도체 (18)가 노출되는 것은 도 3에 표시된 "열전달" 구역 (10)에 제한된다는 것이다. 벤튜리 벽 (16)은 "열전달" 구역 (10)의 외부 모든 곳에서 절연되어 있다. 특히 이러한 구조에 의해 작동유체의 다른 영역으로 부터 작동유체의 "열전달" 구역 (10)으로 원치 않는 열전달이 일어나는 것을 막을 수 있다.
- <62> 도 4에 도시된 열원은 흐르는 유체이며 이는 실례로 선택된 것이다. 열원의 특성과 열전도체 (18)에 대한 그의 열적 커플링은 상당히 임의적이다. 본 발명에서 특이한 점은 작동유체로의 열전달이 "열전달" 구역 (10)에 제한된다는 것이다.
- <63> 본 발명의 제 2 기본 구성요소는 도 5에 있는 벤튜리의 "열전달" 구역의 확대 단면도로 도시된 추가적인 구조이다. 도 4와 비교하여 도 5에서는 벤튜리의 "열전달" 구역은 도면의 평면내에 있다. 여기서 작동유체로의 열전달은 벤튜리 벽 (20)으로부터 작동유체 유동내로 연장된 열전도성 핀 (19)에 의해 증대된다. 열교환을 증가시키기 위해 핀을 사용하는 것은 일반적이다. 이러한 점 외에 본 발명 특유의 점은 유동방향 즉 벤튜리의 축선에 평행한 방향으로 핀의 범위가 제한되어 있다는 것이다. 여기서 핀은 "열전달" 구역 (10)에 국한된다. 사용되는 핀의 패턴은 상당히 임의적이다. 도 5a와 5b는 "열전달" 구역 (10) 내에서 벤튜리를 가로질러 연장해 교차하여 그리드 (19)를 형성하는 핀을 보여준다. 이러한 그리드 구조의 유용한 시각화는 테니스 라켓, 사과 응어리 채취 기구(corer) 및 (평면) 차여과기로 주어질 수 있다. 도 5a와 5b는 또한 벤튜리의 단면 형상의 임의성을 강조하는 역할도 한다. 많은 벤튜리는 원통 대칭형을 갖지만 이는 필수적인 요건은 아니다.
- <64> 본 발명의 다른 양태는 열전도성 핀의 단면 형상에 관한 것이다. 이 핀의 단면 형상은 에어포일형이며 핀에 의해 작동유체 유동에 가해지는 공기역학적 항력(drag)이 최소화되도록 설계된다. 항력의 일반적으로 큰 성분, 소위 "압력" 성분은 핀의 공기역학적 단면 형상에 의해 무시할만하게 작게 된다. 더 일반적인 에어포일과는 다르게 본 발명의 열전도성 핀은 양력(lift)을 제공할 필요가 없으며 또한 반음각(angle of attack)을 변화시킬 필요도 없다. 따라서 본 발명의 핀은 얇아질 수 있고 또한 작동유체 유동의 유선을 따라 배향될 수 있어 항력을 더욱 줄일 수 있다. 이와 관련하여 고정 에어포일 배열이 덕트 유동에서 난류를 억제하기 위해 종종 사용된다.
- <65> 그리드 요소에 관한 다른 설계 자유도는 벤튜리 벽으로부터 멀어짐에 따라 그리드 요소의 단면을 변화시킬 수 있다는 것이다. 이러한 설계 자유도에서는 열전도성과 구조적 강도 사이에 트레이드오프(tradeoff)가 있게 된다. 구조적 강도를 확보하기 위해서는 벤튜리 벽으로부터의 거리가 증가함에 따라 면적을 증가시켜야 한다. 열전도성의 경우에는 그 반대이다. 적절한 균형은 그리드 요소에 사용되는 재료에 달려 있다.
- <66> "열전달" 구역을 이용하지 않는 베르누이 열펌프에서처럼 본 발명의 다수의 열전달 벤튜리는 더 큰 용량을 얻기 위해 병렬로 또는 더 높거나 더 낮은 온도를 얻기 위해 직렬로 구성될 수 있다. 이러한 구성은 도 6a와 6b에 도시되어 있다.
- <67> 열전달 구역의 스케일에서 난류와 항력을 최소화하기 위해 핀-그리드의 단면을 최적화할 수 있는 것과 같이 항력을 줄이고 따라서 작동유체 유동을 유지하기 위해 송풍기/팬 기구 (9)에 요구되는 동력을 줄이기 위해 전체 벤튜리, 특히 디퓨저의 형상을 독립적으로 최적화할 수 있다. 이와 관련한 일반적인 요건은 부속 유동을 유지하기 위해 벤튜리의 디퓨저 부분에서의 단면적을 아주 점진적으로 확대시켜야 한다는 것이다. 부속 유동은 공기역학적 항력의 최대 성분, 즉 소위 압력항력을 최소화시켜 점성 손실과 관련된 더 작은 성분만 남게 하는 역할을 한다. 마하 1의 유동을 얻는데 필요한 압력강하의 95%가 회복된 것으로 보고되어 있다.
- <68> 다른 설계 방안은 본 발명이 작동하는 유동속도에 관계된다. 작동유체의 상변화에 기초하는 전통적인 열펌프와는 대조적으로 베르누이 열펌프의 작동조건은 쉽고 연속적으로 변화될 수 있다. 특히 열싱크 유동의 유동속도

및 따라서 온도는 열싱크 유동을 유지하는 송풍기에 제공되는 동력을 변화시켜 변할 수 있다. 이러한 자유도와 관련한 중요한 암시는 종래 시스템은 시동시 비효율적이다 라는 것이다. 본 발명을 포함하여 베르누이 열펌프에서는 염펌핑 속도는 연속적으로 변할 수 있어 시동 과도기와 그의 비효율성을 효과적으로 제거할 수 있다. 예컨대 작동유체 유동을 유지시키는 송풍기는 온도조절 장치에 의해 제어될 수 있다. 연속적인 변화와 제어의 두 번째 이득은 더 작은 온도차에서도 열역학적으로 허용된 효율의 증가이다(카르노 효율은 열이 펌핑되는 온도차에 반비례한다. 따라서 본 발명은 더 작은 온도차에 대해 더 긴 작동과 관련된 효율 이득을 준다.

<69> 마지막으로 도 7 은 단일 벤튜리내에서 다수의 "열전달" 구역을 만들기 위해 설계된 파형 벤튜리 벽을 나타낸다. 즉, 이 벤튜리 벽은 "열전달" 구역 외부에서 단열되어 있지만 도 7 에서 보는 바와 같이 다수의 "열전달" 구역이 존재한다.

#### \*용어 정의\*

<71> **벤튜리:** 축선을 따라 단면적이 변하는 유체유동 덕트 또는 채널을 말한다. 덕트 축선을 따라 단면적이 변할 때 하나 이상의 최소 국부 단면적이 존재한다. 대부분의 벤튜리는 단면적이 축선을 따라 증가하는 디퓨저 구역을 갖고 있지만 벤튜리에 대한 본 발명의 정의에서는 디퓨저 구역이 짧거나 존재하지 않는 노즐도 포함한다. 이러한 확장으로 본 발명을 동력 소비가 중요하지 않은 분야에도 적용시킬 수 있다.

<72> **작동유체:** 온도가 국부적으로 변하여 작동유체 내외로 열이 자발적으로 흐를 수 있게 되는 유체.

<73> **작동유체 유동:** 벤튜리 구조를 통한 작동유체의 유동.

<74> **단면적:** 벤튜리 축선에 수직인 면과 벤튜리 표면이 교차하여 생긴 폐곡선내의 면적.

<75> **열전달 구역:** 벤튜리 축선에 수직인 두 평면 사이에서 벤튜리 목부 근처에 있는 부분으로, 저온과 빠른 유속이 특징이다 (도 3 참고)

<76> **핀(fin):** 열전도성 표면으로부터 이 표면에 인접한 유체유동내로 연장해 있으며 높은 열전도성 재료로 이루어진 구조로서 이의 목적은 유동 저항을 최소화하면서 상기 표면과 유체유동 사이의 열전달에 이용가능한 표면적을 증대시키는 것이다.

<77> **디퓨저:** 벤튜리에서 축선과 유동 방향을 따라 단면적이 단조적으로 증가하는 부분.

### 도면의 간단한 설명

<30> 도 1a 은 종래의 열펌프의 구성요소를 보여준다.

<31> 도 1b 는 베르누이 열펌프의 구성요소를 보여준다.

<32> 도 2 는 압축성 기체의 층류 유동의 유동속도, 온도, 밀도, 압력 및 단면적의 연결 변화를 보여준다.

<33> 도 3 은 벤튜리내에서 축선방향 온도변화를 나타내는 그래프와 벤튜리의 "열전달" 구역을 보여주며, 점선 곡선은 상응하는 벤튜리의 형상을 나타낸다.

<34> 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 열전달 벤튜리의 단면도이다.

<35> 도 5a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 벤튜리의 열전달 구역을 가로지르는 열전도성 핀의 그리드를 포함하는 "열전달" 구역에서 취한 직사각형 벤튜리의 단면도이다.

<36> 도 5b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 벤튜리의 열전달 구역을 가로지르는 열전도성 핀의 그리드를 포함하는 "열전달" 구역에서 취한 비직사각형 벤튜리의 단면도이다.

<37> 도 6a 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 증가된 용량을 얻기 위해 병렬로 단을 이룬 다수의 열전달 벤튜리의 단면도이다.

<38> 도 6b 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 증가된 용량을 얻기 위해 직렬로 단을 이룬 다수의 열전달 벤튜리의 개략도이다.

<39> 도 7 은 본 발명의 일 실시형태에 따라 파형 벽과 다수의 "열전달" 구역을 포함하는 벤튜리의 단면도이다.

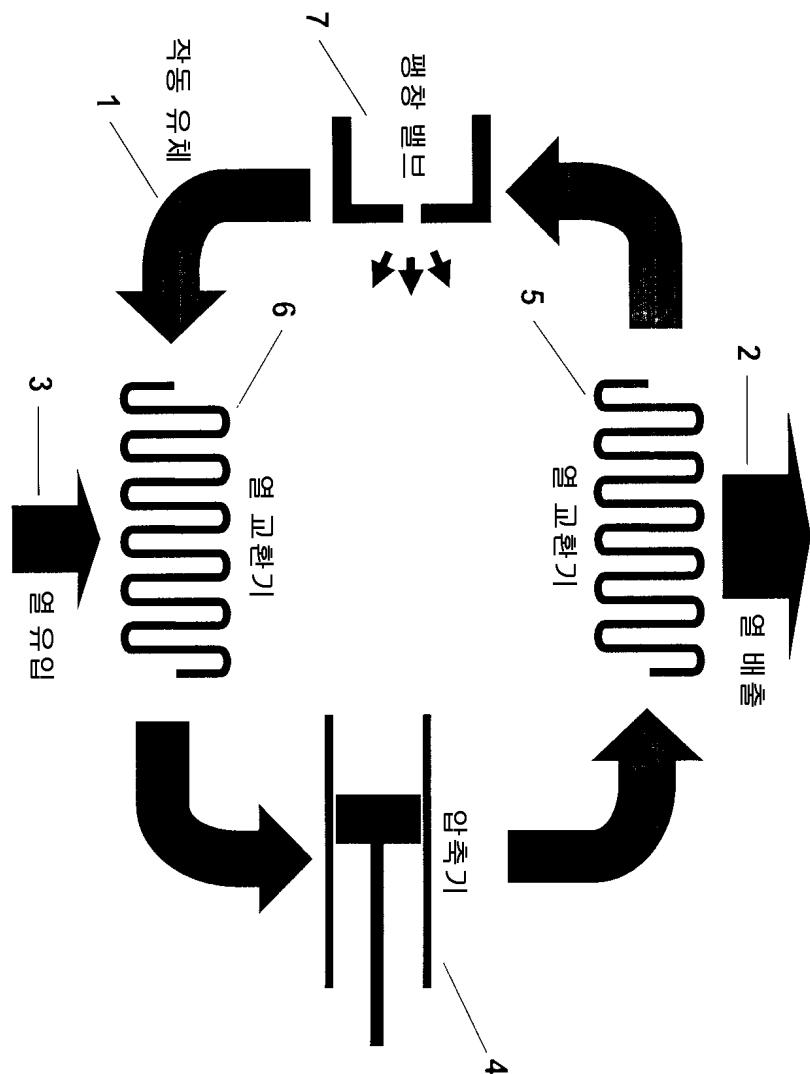
#### \*도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명\*

<41> 1: 작동유체, 열전달 벤튜리에 의해 열이 추가되는 유체

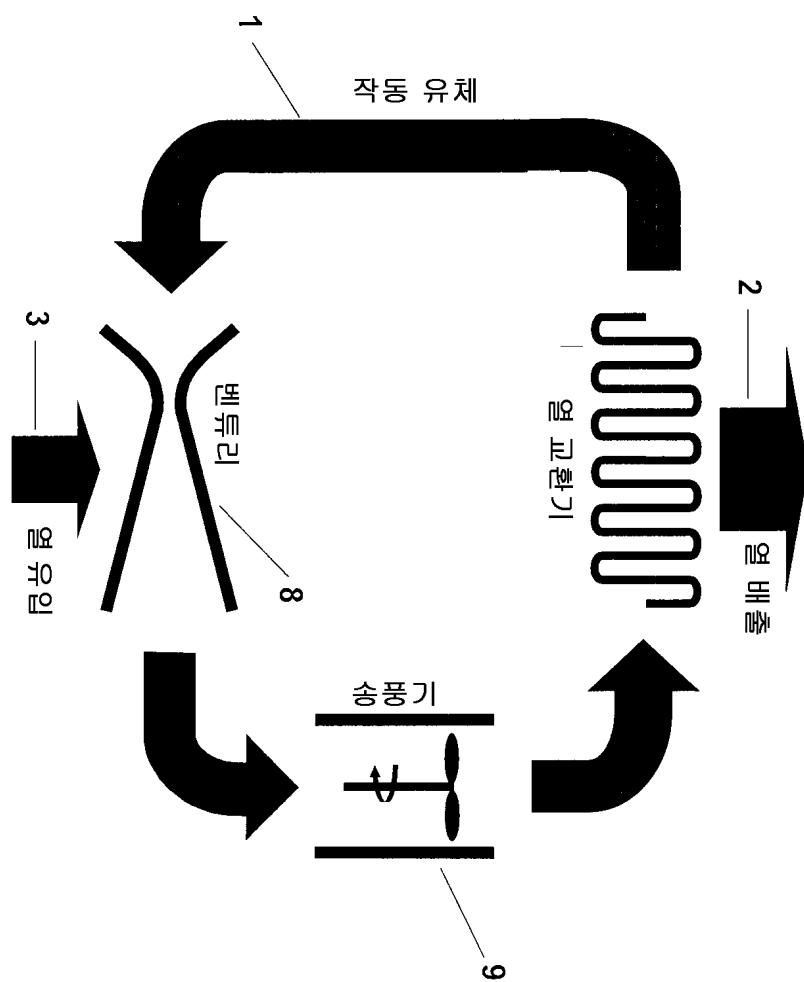
- <42> 2: (더 높은) 열싱크 온도에서 작동유체로부터 제거되는 열
- <43> 3: (더 낮은) 열원 온도에서 작동유체에 추가되는 열
- <44> 4: 작동유체의 온도와 압력을 높이는 압축기
- <45> 5: 작동유체로부터 열싱크에 열을 전달하는 고온 열교환기
- <46> 6: 열원으로부터 작동유체에 열을 전달하는 저온 열교환기
- <47> 7: 작동유체의 압력을 감소시키는 팽창 밸브
- <48> 8: 벤튜리, 단면적이 변하는 덕트
- <49> 9: 작동유체 유동을 유지시키는 팬/송풍기
- <50> 10: 벤튜리에서 압력, 온도 및 밀도가 낮고 속도와 압력구배는 큰 단면부
- <51> 11: 일반적인 "임계 유동 벤튜리"의 단면적
- <52> 12: 작동유체 유동에서 느리게 이동하고 비교적 고온인 부분
- <53> 13: 작동유체 유동에서 빠르게 이동하고 비교적 저온인 부분
- <54> 14: 작동유체 유동에서 압력구배가 "비순방향" 인 가속부
- <55> 15: 벤튜리의 "열전달" 구역에서 추가된 열을 가지고 작동유체 유동이 벤튜리를 빠져 나갈 때의 부분
- <56> 16: 벤튜리 벽
- <57> 17: 도면의 평면안으로 또는 밖으로 흐르는 열원 유체
- <58> 18: 열원 유동으로부터 작동유체 유동에 열을 전달하는 열전도체
- <59> 18: 벤튜리로부터 작동유체 유동에 열을 전달하는 열전도성 펀

도면

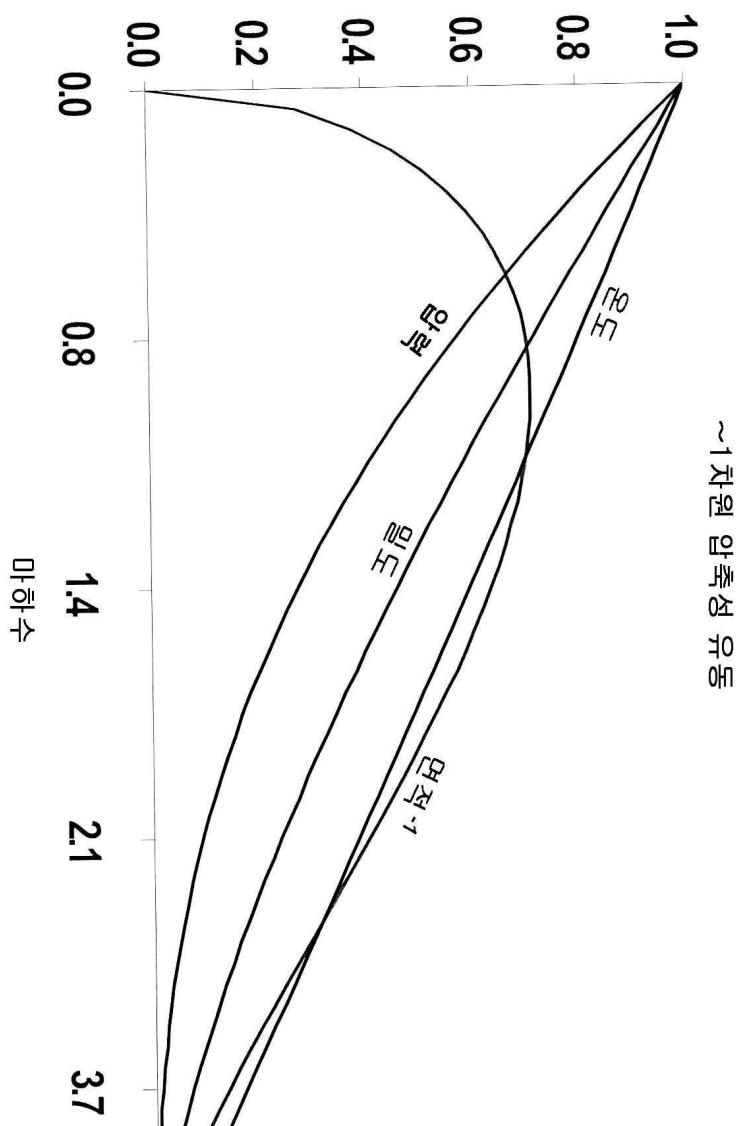
도면 1a



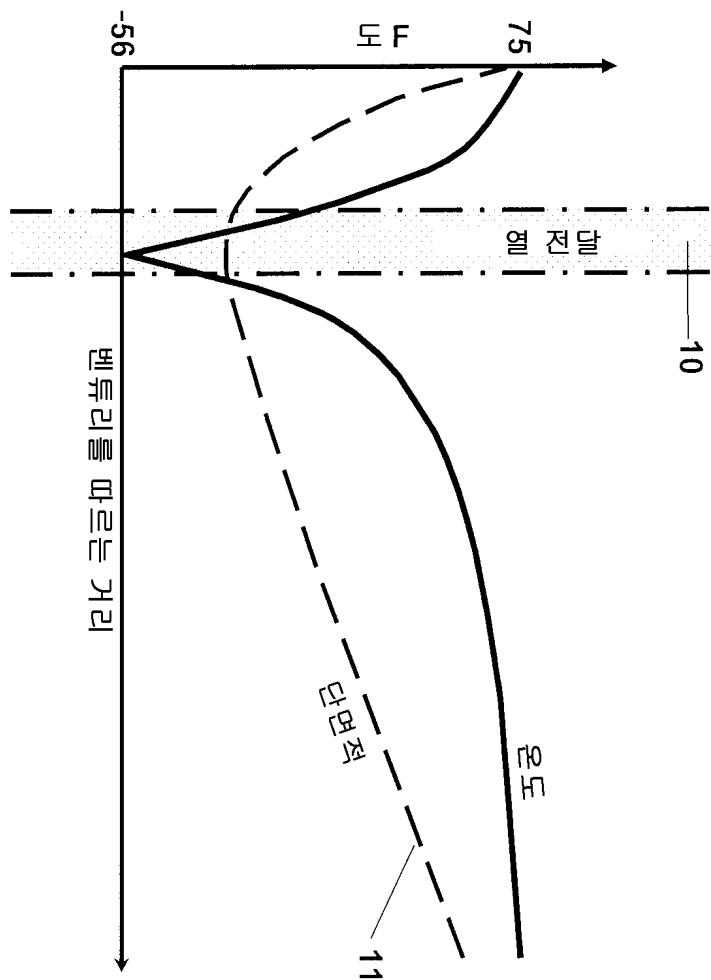
도면1b



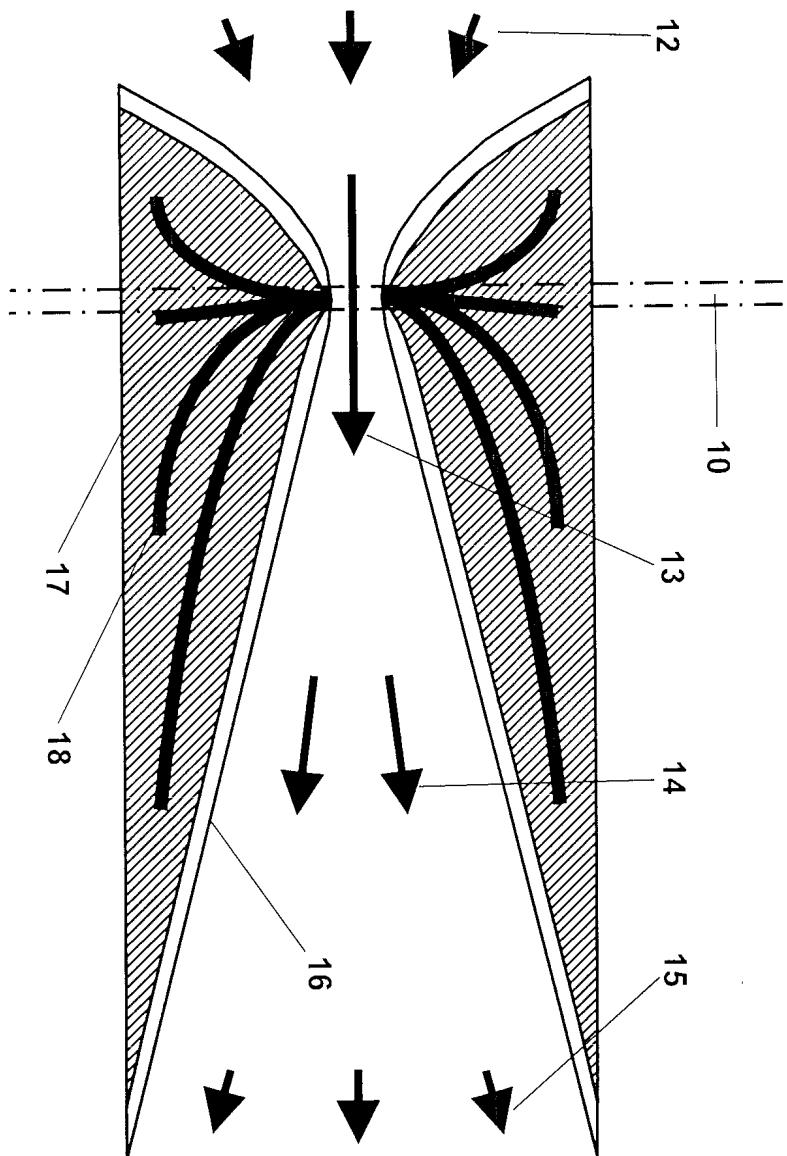
도면2



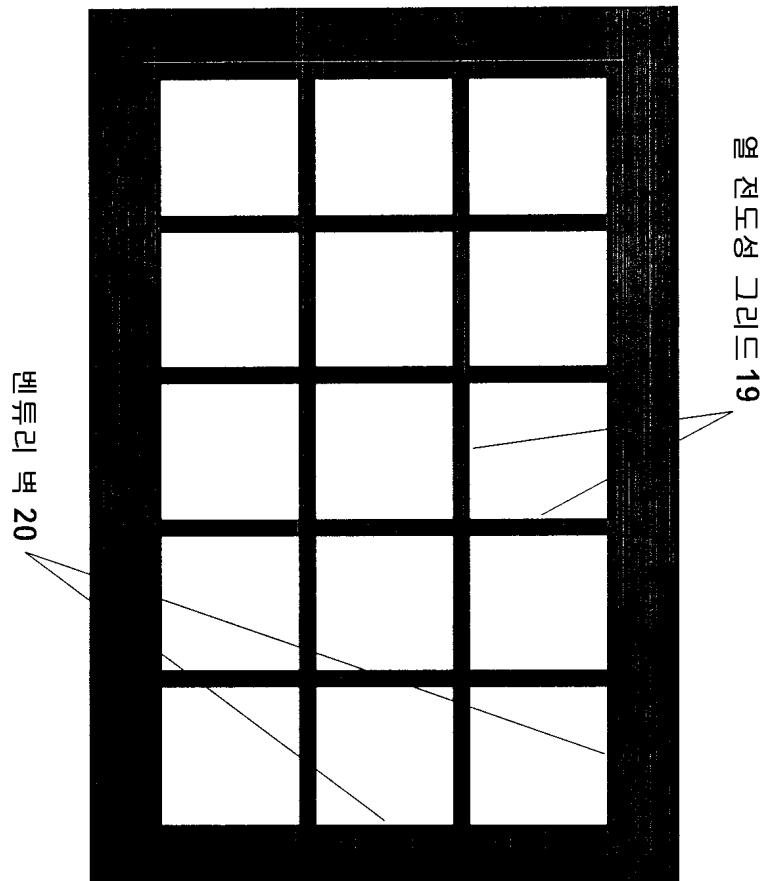
도면3



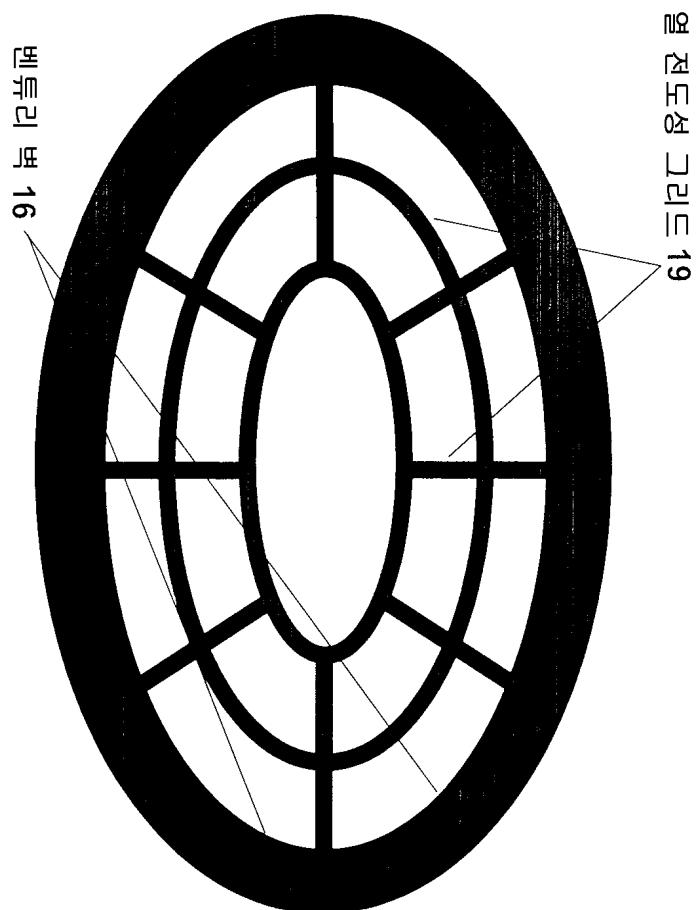
도면4



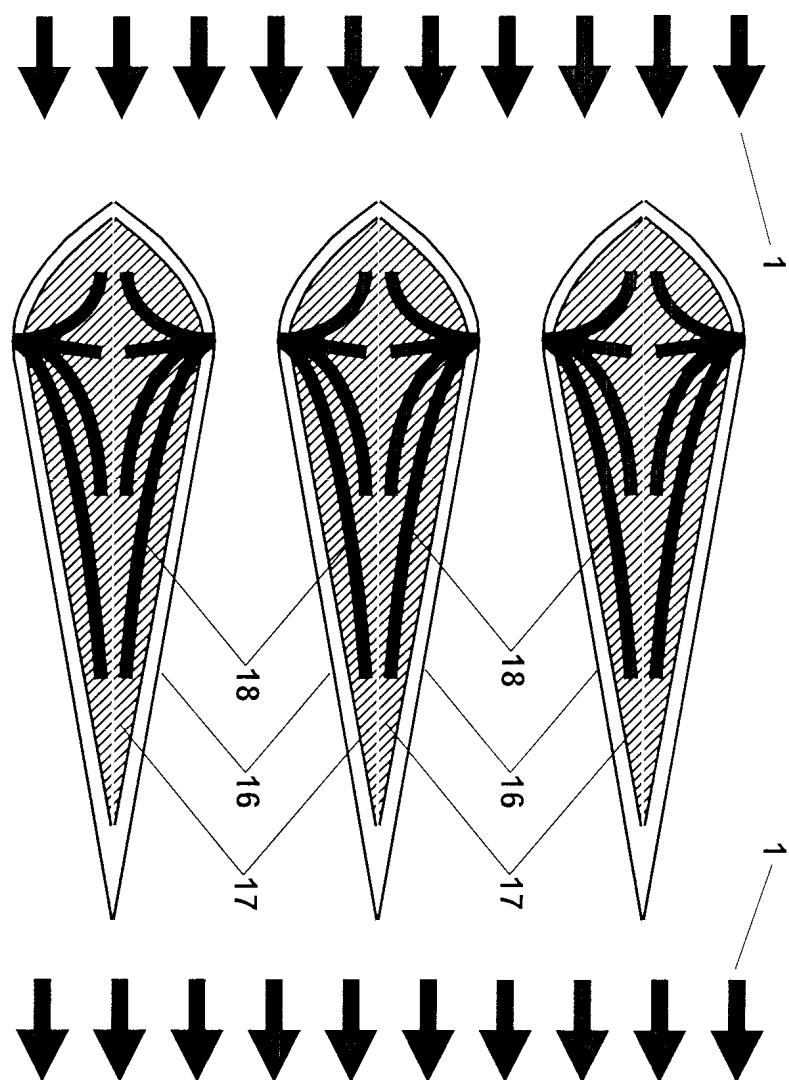
도면5a



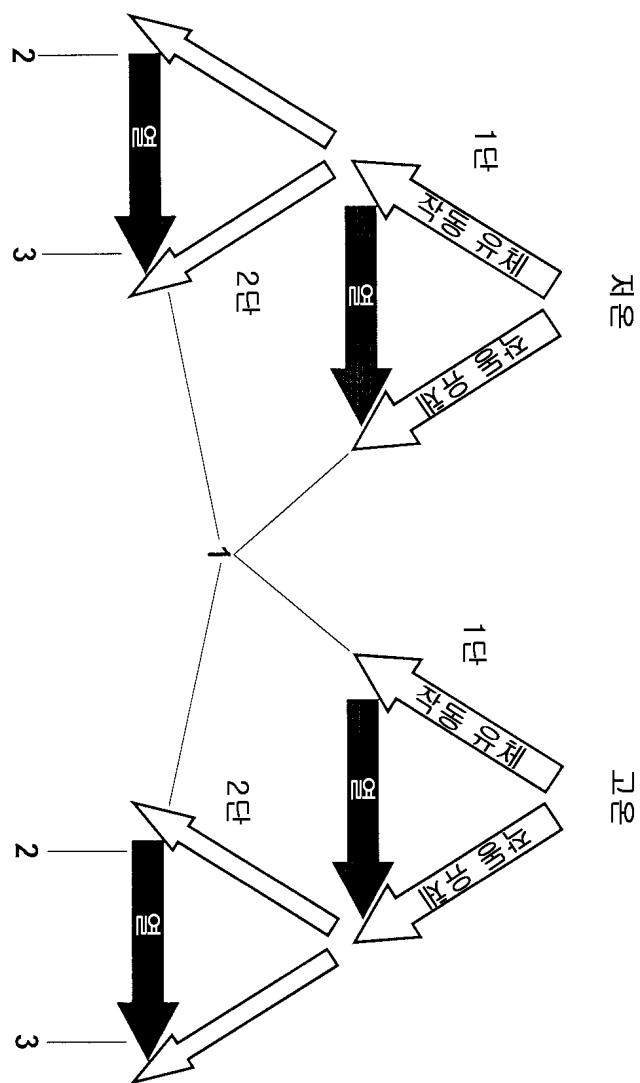
도면5b



도면6a



도면6b



도면7

