



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월11일
(11) 등록번호 10-1405394
(24) 등록일자 2014년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28F 3/12 (2006.01) F28D 9/00 (2006.01)
B23P 15/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0018653
(22) 출원일자 2013년02월21일
심사청구일자 2013년02월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR101218314 B1*
KR101317920 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
이상문
인천 중구 인중로146번길 20-1, (사동) 김광용
서울 서초구 남부순환로 2311-12, 105동 1001호 (방배동, 래미안방배아트힐)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 10 항

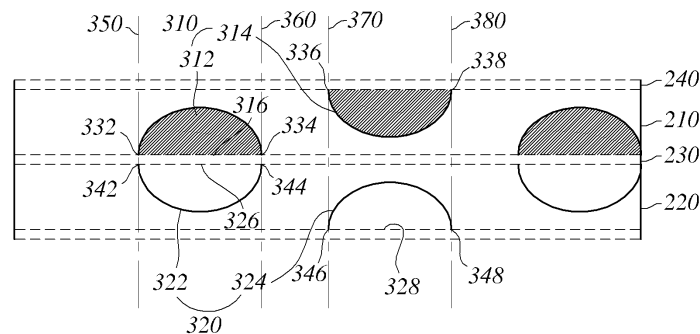
심사관 : 이동명

(54) 발명의 명칭 인쇄기관형 열교환기

(57) 요약

인쇄기관형 열교환기가 개시된다. 본 발명은 따른 인쇄기관형 열교환기는 제1 기체가 통과하는 채널이 형성된 상단 채널플레이트, 제2 기체가 통과하는 채널이 형성된 하단 채널플레이트, 상단 채널플레이트의 하단면 및 하단 채널플레이트의 상단면 사이에 위치하여 제1 기체 및 제2 기체 사이에 열전달을 매개하는 제1분할플레이트, 및 상단 채널플레이트의 상단면에 위치하는 제2분할플레이트를 포함할 수 있다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

제1 기체가 통과하는 채널이 형성된 상단 채널플레이트;

제2 기체가 통과하는 채널이 형성된 하단 채널플레이트;

상기 상단 채널플레이트의 하단면 및 상기 하단 채널플레이트의 상단면 사이에 위치하여 상기 제1 기체 및 상기 제2기체 사이에 열전달을 매개하는 제1분할플레이트; 및

상기 상단 채널플레이트의 상단면에 위치하는 제2분할플레이트를 포함하되,

상기 상단 채널플레이트의 하단면에 형성된 채널의 일단 및 타단은 각각 상기 하단 채널플레이트의 상단면에 형성된 채널의 일단 및 타단과 상기 제1 분할 플레이트의 동일한 수직면에 위치하는 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상단 채널플레이트에 형성된 채널은 상기 하단 채널플레이트에 형성된 채널과 동일한 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서

상기 상단 채널플레이트의 상단면에 형성된 채널의 일단 및 타단은 각각 상기 하단 채널 플레이트의 하단면에 형성된 채널의 일단 및 타단과 상기 제2 분할 플레이트의 동일한 수직면에 위치하는 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기

청구항 5

제 1항 있어서,

상기 하단 채널플레이트, 상기 제1 분할플레이트, 상기 상단 플레이트, 상기 제 2분할플레이트는 상기 하단 채널플레이트의 수직 윗 방향을 따라 주기적으로 배치 되어 적층된 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 상단 채널플레이트는 제1 채널 및 제2 채널을 포함하고,

상기 제1 채널은 상기 상단 채널플레이트의 일면에 함몰 형성되어 있고 상기 제2채널은 상기 상단 채널플레이트의 타면에 함몰 형성된 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제1 채널 및 제2 채널은 각각 복수 개의 채널을 포함하고,

상기 제1 채널에 포함된 채널들 및 상기 제2 채널에 포함된 채널들은 교대 배열 되는 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 제1 기체 및 제2 기체는 서로 다른 특징을 갖는 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 제1 기체 및 제2 기체는 각각 고온 및 저온인 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 상단 채널플레이트의 하단면에는 상기 제1 분할플레이트가 합착되고, 상단면에는 상기 제2분할 플레이트가 합착된 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 하단 채널플레이트의 하단면에는 상기 제2 분할플레이트가 합착된 것을 특징으로 하는 인쇄기관형 열교환기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 인쇄기관형 열교환기에 관한 것으로서, 열교환기의 내부에 유동하는 유체 사이에 열을 교환시키는 인쇄기관형 열교환기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 가스터빈 사이클은 작동유체로 스팀에 비해 열용량이 낮은 기체를 사용하고, 고온 고압의 환경에서 운영되기 때문에 기존의 튜브형 열교환기를 사용하게 되면 같은 효율을 얻기 위해 엄청난 크기의 열교환기가 필요하게 된다.

[0003] 이를 해결하기 위해 가스터빈 사이클에서 사용되는 특별한 열교환기가 필요하게 되는데, 현재 개발 및 사용 중인 열교환기 중의 하나가 HEATRIC 사에서 개발한 인쇄기관형 열교환기(PCHE: Printed Circuit Heat Exchanger)이다.

[0004] PCHE는 금속판의 표면에 화학적 에칭을 통해 유로를 생성하고, 각각의 금속판들을 확산 접합하여 제작되기 때문에 열교환기의 크기를 효과적으로 줄이는 동시에 매우 높은 열교환 효율을 얻을 수 있다.

[0005] 한편, PCHE는 재료의 성질을 연속적으로 유지할 수 있는 확산접합을 통해 제작되어 구조적으로 상당히 안정적인

기 때문에 고온 고압의 환경인 가스터빈 사이클의 열교환기로 사용되기 적합하다. 그러나 PCHE의 유로는 지그재그 형태로 구성되어 있어 압력손실이 상당히 크기 때문에 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 높은 열전달 성능을 가진 인쇄기관형 열교환기를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 인쇄기관형 열교환기는 제1 기체가 통과하는 채널이 형성된 상단 채널플레이트, 제2 기체가 통과하는 채널이 형성된 하단 채널플레이트, 상기 상단 채널플레이트의 하단면 및 상기 하단 채널플레이트의 상단면 사이에 위치하여 상기 제1 기체 및 상기 제2기체 사이에 열전달을 매개하는 제1분할플레이트 및 상기 상단 채널플레이트의 상단면에 위치하는 제2분할플레이트를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따른 인쇄기관형 열교환기에 의하면, 고온 채널 및 저온 채널 사이에 플레이트를 추가하고 고온 채널과 저온 채널을 서로 마주보도록 플레이트에 위치시킴에 따라 열전달 면적이 증가되므로 인쇄기관형 열교환기가 높은 열전달 성능을 가질 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 인쇄기관형 열교환기의 사시도,
 도 2는 도 1의 분해 사시도,
 도 3은 본 발명에 따른 인쇄기관형 열교환기의 내부 형상의 일 실시 예를 설명하기 위한 도면,
 도 4는 도 1의 I-I' 을 따라 절단한 단면도의 일 실시 예를 도시한 단면도,
 도 5는 도 1의 I-I' 을 따라 절단한 단면도의 다른 실시 예를 도시한 단면도,
 도 6은 도 3의 채널플레이트의 채널의 형상을 나타내는 도면,
 도 7은 인쇄기관형 열교환기의 레이놀즈 수 변화에 따른 유용도를 나타내는 도면,
 도 8은 인쇄기관형 열교환기의 레이놀즈 수 변화에 따른 누설트 수를 나타내는 도면,
 도 9는 인쇄기관형 열교환기의 기준형상과 분할플레이트(두께 0.2mm, 1mm)의 엑서지 분석 결과를 나타내는 도면, 및
 도 10은 인쇄기관형 열교환기의 교체 단면 온도 분포를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하 상기의 목적을 구체적으로 실현할 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명한다. 이때 도면에 도시되고 또 이것에 의해서 설명되는 본 발명의 구성과 작용은 적어도 하나의 실시예로서 설명되는 것이며, 이것에 의해서 본 발명의 기술적 사상과 그 핵심 구성 및 작용이 제한되지는 않는다.

[0011] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 이는 당해 기술분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용

어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 함을 밝혀두고자 한다.

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 인쇄기관형 열교환기를 나타내는 도면이고, 도 2는 도 1의 분해 사시도이다.
- [0013] 도 1 및 도 2를 참조하면, 인쇄기관형 열교환기(100)는 상단 채널플레이트(210), 하단 채널플레이트(220), 제1 분할플레이트(230), 제2 분할플레이트(240)를 포함 한다. 또한 상기 인쇄기관형 열교환기(100)는 하단 채널플레이트(220), 제1분할플레이트(230), 상단 채널플레이트(210), 및 제2 분할플레이트(240)의 순서로 적층되어 하단 채널플레이트 수직 및 방향으로 주기적으로 배치되어 연결 될 수 있다. 상기 적층된 플레이트(220, 230, 210, 240)는 확산 접합(Diffusion Bonding) 방식으로 합착될 수 있다.
- [0014] 도 3은 본 발명에 따른 인쇄기관형 열교환기의 내부 형상의 일 실시 예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0015] 도 3을 참조하면, 상기 상단 채널플레이트(210)는 하단 채널플레이트(220)의 상부에 위치하며, 상기 상단 채널플레이트(210)의 내부는 제1 기체가 유동 하기 위하여 채널(310)이 형성 될 수 있다. 여기서, 채널(310)은 에칭 등의 화학적 방법에 의해 상기 상단 채널플레이트(210)의 상단면 및 하단면에 함몰되어 형성 될 수 있다. 상단 채널플레이트(210)의 일면 및 타면에는 복수개의 채널(310)이 형성 될 수 있다. 상단 채널플레이트(210)의 일면에는 채널(312)이 일정간격으로 배열되고, 타면에는 채널(312)과 교대 배열 되도록 채널(314)이 형성된다.
- [0016] 상단 채널플레이트(210)의 일면에는 제1분할플레이트(230)가 합착되고, 타면은 제2 분할플레이트(240)가 합착될 수 있다.
- [0017] 하단 채널플레이트(220)는 상단 채널플레이트(210)의 하부에 위치하며, 하단 채널플레이트(220)의 내부는 제 2 기체가 유동 하기 위하여 채널(320)이 형성 될 수 있다. 여기서, 채널(320)은 에칭 등의 화학적 방법에 의해 상기 하단 채널플레이트(220)의 상단면 및 하단면에 함몰되어 형성 될 수 있다. 또한 하단 채널플레이트(220)의 일면 및 타면에는 복수개의 채널(320)이 형성 될 수 있다. 또한 하단 채널플레이트(220)의 일면에는 채널(322)이 일정간격으로 배열되고, 타면에는 채널(322)과 교대 배열 되도록 채널(324)이 형성된다.
- [0018] 하단 채널플레이트(220)의 일면은 제1분할플레이트(230)가 합착되고, 타면은 제2 분할플레이트(240)가 합착 될 수 있다.
- [0019] 한편, 채널(312)의 일단(332)은 채널(334)의 일단(342)과 제 1분할플레이트(230)의 동일한 수직면(350)에 위치하며, 타단(334)은 채널(322)의 타단(344)과 제1 분할플레이트(230)의 동일한 수직면(360)에 위치할 수 있다. 또한 채널(314)의 일단(336)은 채널(328)의 일단(346)과 제 2분할플레이트(240)의 동일한 수직면(370)에 위치하며, 타단(338)은 채널(328)의 타단(348)과 제2 분할플레이트(240)의 동일한 수직면(380)에 위치 할 수 있다. 그 결과 열전달 면적은 극대화 되며 열교환기의 열전달 성능은 향상 될 수 있다.
- [0020] 일부 실시 예로, 상단 채널플레이트(210)의 두께는 하단 채널플레이트(220)의 두께와 동일 할 수 있다.
- [0021] 채널(310) 및 채널(320)은 각각 제1 기체와 제2 기체 사이에 열교환 시간을 길게 하기 위해 지그재그 형태로 형성되며, 채널(310) 및 채널(320)의 형상은 열전달 표면적을 확대하도록 곡면을 포함하여 형성될 수 있다. 또한 채널(310)에 유체의 유동 방향은 채널(320)에 유동 방향과 반대로 진행할 수 있다. 상기 진행은 더 효율적인 열교환을 가능하게 할 수 있다.
- [0022] 일부 실시예로, 채널(310) 및 채널(320)은 반원 형상일 수 있다. 채널(312)의 지름면(316) 및 채널(322)의 지름면(326)은 마주보도록 각각 제1 분할플레이트(230)의 일면 및 타면에 위치할 수 있다.
- [0023] 상기 채널(310)에 유동하는 제1 기체 및 채널(320)에 유동하는 제2 기체는 서로 다른 특성을 갖고 있을 수 있다. 여기서, 상기 특성은 온도, 습도, 점성, 및 밀도를 적어도 하나를 포함 할 수 있다. 상기 제1기체의 온도는 고온이고 제2기체의 온도는 저온일 수 있다. 따라서 상기 제 1기체의 열은 상기 제2 기체로 전달 되어 제2기체의 온도를 상승시키는 동시에 제1기체의 온도를 하강시킬 수 있다.
- [0024] 제1 분할플레이트(230)는 제1기체와 제2기체 사이에 열전달을 매개하기 위해 상단 채널플레이트(210)의 하단면과 하단 채널플레이트(220)의 상단면 사이에 위치 할 수 있다. 상기 제1분할플레이트(230)의 일면은 상단 채널플레이트(210)와 합착되고 타면은 하단 채널플레이트(220)에 합착 될 수 있다.
- [0025] 제2 분할플레이트(240)는 제1기체와 제2기체 사이에 열전달을 매개하기 위해 상단 채널 플레이트(210)의 상단면과 다른 하단 채널플레이트의 하단면 사이에 위치 할 수 있다. 상기 제2 분할플레이트(240)의 일면은 상단 채널플레이트(210)와 합착되고 타면은 다른 하단 채널플레이트에 합착 될 수 있다.

- [0026] 일부 실시 예로, 상기 제1 분할 플레이트(230) 및 제 2분할플레이트(240)의 두께가 동일 할 수 있다. 상기 두께는 0.1mm 내지 2mm가 될 수 있다.
- [0027] 일부 실시예로 상단 채널플레이트(210)의 채널(310)의 형상은 하단 채널플레이트(220)의 채널(320)의 형상과 동일 할 수 있다. 또한 채널(310)은 고온 채널이며 채널(320)은 저온 채널일 수 있다. 여기서, 상기 고온 채널은 고온의 유체가 유동하는 채널을 의미하며 상기 저온 채널은 저온의 유체가 유동하는 채널을 의미 할 수 있다.
- [0028] 일부 실시예로, 채널(310)의 형상은 채널(320)의 형상과 동일 하지 않을 수 있다.
- [0029] 도 4는 도1의 I-I' 을 따라 절단한 단면도의 일 실시 예를 도시한 단면도이다
- [0030] 도 4를 참조하면, 다수의 채널플레이트(420, 440, 460, 480)와 분할 플레이트(410, 430, 450, 470, 490)는 상호 합착된다. 구체적으로 채널플레이트(420)의 하단면에는 분할플레이트(410)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(430)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(440)의 하단면에는 분할플레이트(430)가 합착되며 상단면에는 분할플레이트(450)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(460)의 하단면에는 분할플레이트(450)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(470)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(480)의 하단면에는 분할플레이트(470)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(490)가 합착 될 수 있다. 여기서, 채널플레이트(420, 460)는 제 2기체가 통과하는 하단 채널 플레이트(220)를 의미하며 채널플레이트(440, 480)는 제1 기체가 통과하는 상단 채널플레이트(210)를 의미할 수 있다. 또한 플레이트(430, 470)는 제1분할플레이트(230)를 의미하며 플레이트(410, 450, 490)는 제2 분할플레이트(240)를 의미 할 수 있다.
- [0031] 한편, 상술한 바와 같이 분할플레이트(410)의 하부에는 채널플레이트(420, 440, 460, 480)및 분할플레이트(430, 450, 470)가 상호 합착된 구조로 적층 될 수 있다. 상기 적층은 분할플레이트(410)의 수직 아래방향에 따라 주기적으로 배열 될 수 있다. 또한 분할플레이트(490)의 상부에는 상기 채널플레이트(420, 440, 460, 480)와 분할플레이트(430, 450, 470)가 상호 합착된 구조로 적층 될 수 있다. 상기 적층은 분할플레이트(490)의 수직 윗방향에 따라 주기적으로 배열 될 수 있다.
- [0032] 도 5는 도1의 I-I' 을 따라 절단한 단면도의 다른 실시 예를 도시한 단면도이다.
- [0033] 도 5를 참조하면, 다수의 채널플레이트(520, 540, 560, 580)은 분할 플레이트(510, 530, 550, 570, 590)로 상호 합착 된다. 구체적으로 채널플레이트(520)의 하단면에는 분할플레이트(510)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(530)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(540)의 하단면에는 상기 분할플레이트(530)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(550)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(560)의 하단면에는 상기 분할플레이트(550)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(570)가 합착 될 수 있다. 채널플레이트(580)의 하단면에는 상기 분할플레이트(570)이 합착되며 상단면에는 분할플레이트(590)가 합착 될 수 있다. 여기서, 채널플레이트(520, 560)는 제 2기체가 통과하는 하단 채널플레이트(220)를 의미하며 채널플레이트(540, 580)는 제1 기체가 통과하는 상단 채널플레이트(210)를 의미 할 수 있다. 또한 플레이트(530, 570)는 제1분할플레이트(230)를 의미하며 플레이트(515, 550, 590)는 제2 분할플레이트(240)을 의미 할 수 있다.
- [0034] 한편, 채널플레이트(520, 560)의 상단면에 형성된 채널의 일단 및 타단은 채널플레이트(540, 580)의 하단면에 형성된 채널의 일단 및 타단과 분할플레이트(530, 570)의 동일한 수직면에 위치하지 않을 수 있다. 그리고 채널 플레이트(520, 560)의 하단면에 형성된 채널의 일단 및 타단은 채널플레이트(540, 580)의 상단면에 형성된 채널의 일단 및 타단과 분할플레이트(510, 550, 590)의 동일한 수직면에 위치하지 않을 수 있다. 예를 들어, 채널플레이트(580)의 채널의 일단(582)과 채널플레이트(560)의 일단(562)는 분할플레이트(570)의 동일한 수직면(572)에 위치하지 않고, 타단(584)과 타단(564)는 분할플레이트(570)의 동일한 수직면(574)에 위치 하지 않을 수 있으며, 채널플레이트(560)의 채널의 일단(566)과 채널플레이트(540)의 일단(542)은 분할플레이트(550)의 동일한 수직면(552)에 위치하지 않고, 타단(568)과 타단(544)은 분할플레이트(550)의 동일한 수직면(554)에 위치 하지 않을 수 있다. 즉, 채널플레이트(580)의 채널의 지름면(576)과 채널플레이트(560)의 채널 지름면(578)은 서로 어긋나도록 분할플레이트(570)의 일단 및 타단에 위치 할 수 있으며, 채널플레이트(560)의 채널의 지름면(556)과 채널플레이트(540)의 채널의 지름면(558)은 서로 어긋나도록 분할플레이트(550)의 일단 및 타단에 위치 할 수 있다.
- [0035] 분할플레이트(510)의 하부에는 상기 채널플레이트(520, 540, 560, 580)와 분할플레이트(530, 550, 570)가 상호 합착된 구조로 적층 될 수 있다. 상기 적층은 분할플레이트(510)의 수직 아래방향에 따라 주기적으로 배열 될 수 있다. 또한 분할플레이트(590)의 상부에는 상기 채널플레이트(520, 540, 560, 580)와 분할플레이트(530, 550, 570)가 상호 합착된 구조로 적층 될 수 있다. 상기 적층은 분할플레이트(590)의 수직 윗방향에 따라 주기

적으로 배열될 수 있다.

[0036] 도 6는 도 3의 채널플레이트의 채널의 형상을 나타내는 도면이다.

[0037] 도 6을 참조하면, 상술한 바와 같이 채널플레이트(210)은 채널(610)을 포함할 수 있으며 채널플레이트(220)은 채널(630)을 포함할 수 있다. 채널(610)은 지그재그의 형태로 채널플레이트(210)에 형성 될 수 있으며 채널(630)도 채널플레이트(220)에 지그재그의 형태로 형성 될 수 있다. 일례로, 채널(610)의 주기(612), 각도(614), 및 지름(616)은 각각 7.24mm, 100도, 및 0.9mm의 값을 가질 수 있다. 또한 채널(630)의 주기(632), 각도(634), 및 지름(636)은 각각 각도(614), 주기(612), 및 지름(616)과 동일한 값을 가질 수 있다. 또 다른 일례로, 주기(612, 632)는 6mm 내지 8mm가 될 수 있고 각도(612, 632)는 90도 및 120도 사이가 될 수 있으며 지름(616, 636)은 0.7mm 내지 1.0mm가 될 수 있다.

[0038] 일부 실시예로, 채널(610)은 고온채널이 되고 채널(630)은 저온 채널이 될 수 있다.

[0039] 일부 실시예로, 채널(610)은 저온채널이 되고 채널(630)은 고온 채널이 될 수 있다.

[0040] 일부 실시예로, 채널(610)은 저온채널 및 고온채널이 될 수 있다. 즉, 채널플레이트(210) 및 채널플레이트(220)에는 채널(610)이 형성 될 수 있다.

[0041] 일부 실시예로, 채널(630)은 저온채널 및 고온채널이 될 수 있다. 즉, 채널플레이트(210) 및 채널플레이트(220)에는 채널(630)이 형성 될 수 있다.

[0042] 도 7은 인쇄기관형 열교환기의 레이놀즈 수 변화에 따른 유용도를 나타내는 그래프이고, 도 8은 인쇄기관형 열교환기의 레이놀즈 수 변화에 따른 누셀트 수를 나타내는 그래프이고, 도 9는 인쇄기관형 열교환기의 기준형상과 분할플레이트(두께 0.2mm, 1mm)의 엑서지 분석 결과를 나타내는 그래프이고, 도 10은 얇은 플레이트가 추가된 인쇄기관형 열교환기의 고체 단면 온도 분포를 가시화한 이미지이다.

[0043] 도 7 내지 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 열교환 성능을 평가하기 위한 변수로 열교환 효율 및 채널 내부의 대류 열전달의 척도 및 엑서지획득량이 사용될 수 있다. 상기 열교환 효율을 평가하기 위해, 다음의 수학적1로 정의되는 유용도가 사용될 수 있다.

수학적 1

$$\epsilon = \frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,i} - T_{h,o}}$$

[0044]

[0045] 여기서 $T_{h,i}$, $T_{c,o}$, 및 $T_{h,o}$ 는 각각 고온 채널의 입구 온도, 저온 채널의 출구온도, 및 고온 채널의 출구 온도를 나타낸다. 상기 유용도는 열전달 성능을 정량적으로 분석 한다. 구체적으로 유용도는 열교환기의 열교환 성능을 나타낼 때 사용하는 것으로서, 해당 열교환기가 낼 수 있는 최대의 열전달 양에 대한 실제 열전달 된 양의 비를 나타내는 값이다. 그리고 상기 열전달의 척도를 평가하기 위해 다음의 수학적2로 정의되는 누셀트 수(Nu)가 사용될 수 있다.

수학적 2

$$Nu = \frac{qD_h}{k(T_b - T_s)}$$

[0046]

[0047] 여기서 q , D_h , k , T_b , 및 T_s 는 각각 벽면의 평균 열플럭스, 채널의 수력직경, 열전도 계수, 채널 내부를 지나 는 유동의 온도, 및 벽면의 온도를 나타낸다. 상기 누셀트 수는 열전달 시스템의 성능을 나타내는 지표 중의 하나이다. 또한 형상 변수는 유용도 및 누셀트 수의 수치해석을 위해 정해진다. 에너지의 질적 측면을 고려하여 수치적으로 나타낸 엑서지획득량(E)은 다음의 수학적3으로 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$E = E_{cold} + E_{ot}$$

[0048]

[0049] E_{cold} 및 E_{ot} 는 각각 다음의 수학식 4 및 수학식 5로 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$E_{cold} = \left(1 - \frac{T_0}{T_{cold,s}}\right) \dot{q}_{cold} A_{cold,s} - \left(1 - \frac{T_0}{T_{cold,outlet}}\right) \dot{q}_{cold} A_{cold,s} - \Delta p_{cold} \frac{\dot{m}_{cold}}{\rho_{cold,avg}} \frac{T_0}{T_{cold,outlet}}$$

[0050]

수학식 5

$$E_{ot} = \left(1 - \frac{T_0}{T_{hot,s}}\right) \dot{q}_{ot} A_{ot,s} - \left(1 - \frac{T_0}{T_{hot,outlet}}\right) \dot{q}_{ot} A_{ot,s} - \Delta p_{ot} \frac{\dot{m}_{ot}}{\rho_{ot,avg}} \frac{T_0}{T_{hot,outlet}}$$

[0051]

[0052] 여기서 T , $\dot{q}$, A , Δp , ρ 는 각각 온도, 열유속량, 면적, 압력차, 질량유량, 밀도를 나타내며 하첨자 cold, hot, s, avg, outlet은 각각 저온 채널, 고온 채널, 벽면, 평균, 채널의 출구를 나타낸다. 상기 엑서지획득량은 에너지의 질적 측면을 고려한 것으로 열전달로 인해 획득 또는 파괴된 에너지와 압력강하로 인해 파괴된 에너지의 합을 나타낸다.

[0053] 구체적으로 도 7 내지 도 9의 그래프 및 도 10의 이미지는 상단 채널플레이트(210)의 두께는 1.63mm로 하단 채널플레이트(220)의 두께와 동일하고, 채널(610)의 주기(612)의 값은 7.24mm로 채널(620)의 주기(632)와 동일하며, 채널(610)의 채널(610)의 각도(614)는 100도로 채널(630)의 각도(634)와 동일하고, 지름(616)은 0.9mm로 채널(630)의 지름(636)과 동일할 때, 측정 또는 산출된 결과이다. 본 발명에 의한 인쇄기판형 열교환기의 성능의 평가는 유동장과 유체 혼합을 분석하기 위한 수치해석의 수행을 통해 진행된다. 상기 수치해석은 상용 전산 유체역학 코드인 ANSYS CFX-11.0을 사용하여 수행된다. 계산 영역은 크게 세 영역으로 나누어진다. 구체적으로 제1 영역은 상단 채널플레이트(210)의 채널(310) 및 하단 채널플레이트(220)의 채널(320)이며, 제2영역은 상단 채널플레이트(210) 및 하단 채널플레이트(220) 이고, 제3영역은 제1분할플레이트(230)의 고체 및 제2 분할플레이트(240)의 고체 이다. 상기 제2영역은 열전달이 진행되는 곳이다. 채널을 흐르는 유동은 질량보전 식(continuity), 레이놀즈 평균 나비에-스톡스 방정식(Reynolds Averaged Navier-Stokes equation), 및 에너지 방정식(energy equation)을 사용하여 해석 될 수 있으며, 고체 내 열전달은 열전도 방정식을 사용하여 해석된다. 상기 열전도 방정식의 경계조건은 고온 채널과 저온 채널 내벽의 온도를 사용한다. GGI 기법은 고온 채널 및 저온 채널과 고체의 경계면의 격자 차이에 의한 수치오차를 줄이기 위해 적용한다. 인쇄기판형 열교환기의 내부 유동은 대향류(counterflow)로 구성된다. 상기 대향류는 고온 채널의 유동방향과 저온 채널의 유동방향이 반대인 것을 의미한다. 상기 채널의 수력직경(hydraulic diameter)에 기반한 레이놀즈수는 약 152,000 전후이며, 상기 레이놀즈수는 항상 난류이다. 따라서 인쇄기판형 열교환기의 내부 유동은 상기 레이놀즈수와 맞는 난류모델의 선택과 경계층의 격자처리가 필요하다. SST(shear stress transportation) 모델은 레이놀즈 응력항의 계산을 위해 사용되었다. 벽 근처 격자는 프리즘 격자를 사용하였으며, 상기 격자는 y+를 1이하로 유지하여 저 레이놀즈 수 SST모델을 사용할 수 있도록 처리하였다. 지배방정식의 이산화는 고해상도 수치도식(high resolution scheme)을 모든 해석에 사용 할 수 있다. 입구 난류강도는 5%로 가정 하였다.

[0054] 도 7에 도시된 그래프의 X 축은 채널(320)에서 레이놀즈 수를 나타내고 Y축은 유용도를 나타낸다. 곡선(710)은 분할플레이트(230, 240)가 추가되지 않은 인쇄기판형 열교환기의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 유용도

의 변화를 나타내며, 곡선(720)은 분할플레이트(230, 240)의 두께가 0.2mm인 인쇄기판형 열교환기(100)의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 유용도의 변화를 나타낸다. 곡선(730)은 분할플레이트(230, 240)의 두께가 1.0mm인 인쇄기판형 열교환기(100)의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 유용도의 변화를 나타낸다. 상기 유용도는 열교환 효율을 나타내는 값으로서 그 값이 클수록 열교환 효율이 높은 것을 나타낸다. 이에 따라, 곡선(710)에 표시된 유용도는 상기 곡선(720)과 곡선(730)의 유용도에 비하여 제시된 모든 레이놀즈 수 범위에서 낮은 것이 확인된다. 따라서 분할플레이트(230, 240)이 추가된 인쇄기판형 열교환기(100)는 더 많은 양의 제1 기체의 열에너지가 제 2기체로 전달 되는 것을 알 수 있다.

[0055] 도 8에 도시된 그래프의 X 축은 채널(320)에서 레이놀즈 수를 나타내며 Y축은 누셀트수를 나타낸다. 곡선(810)은 분할플레이트(230, 240)가 추가되지 않은 인쇄기판형 열교환기의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 누셀트수의 변화를 나타내며, 곡선(820)은 플레이트(230, 240)의 두께가 0.2mm인 인쇄기판형 열교환기(100)의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 누셀트수의 변화를 나타낸다. 곡선(830)은 플레이트(230, 240)의 두께가 1.0mm인 인쇄기판형 열교환기(100)의 형상에 대한 레이놀즈 수 변화에 따른 누셀트수의 변화를 나타내고, 상기 누셀트수는 열전달 시스템의 성능을 나타내는 지표로서 그 값이 클수록 성능이 좋은 것을 나타낸다. 상기 곡선(810)에 표시된 누셀트수는 상기 곡선(720)과 곡선(730)의 누셀트의 값에 비하여 제시된 모든 레이놀즈 수 범위에서 낮은 것이 확인된다. 따라서 분할플레이트(230, 240)가 추가된 인쇄기판형 열교환기는 열전달 시스템 성능이 개선된 것을 알 수 있다.

[0056] 도 9에 도시된 그래프는 분할플레이트(230, 240)가 추가되지 않은 인쇄기판형 열교환기(Ref)와 분할플레이트(230, 240)의 두께가 0.2 mm, 1 mm일 때의 엑서지획득량을 나타낸다. 엑서지획득량이 클수록 열교환기 내 에너지순환의 질이 높음을 나타낸다. 그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이 분할플레이트(230, 240)가 추가된 경우(t=0.2mm 또는 t=1mm 일 때), 엑서지획득량이 양의 값을 나타내어 음의 값을 보인 분할플레이트(230, 240)가 추가되지 않은 인쇄기판형 열교환기(Ref)보다 에너지순환의 질이 높음을 알 수 있다.

[0057] 도 10에 도시된 이미지(1010)는 분할플레이트(230, 240)가 추가되지 않은 인쇄기판형 열교환기의 형상에 대한 온도 분포를 나타내며, 이미지(1020)는 분할플레이트(230, 240)가 추가된 인쇄기판형 열교환기(100)의 형상에 대한 온도 분포를 나타낸다. 상기 이미지(1010)에 나타난 온도분포는 채널의 단면 형상(1012, 1014, 1016)에 등온선이 불규칙하게 분포되어 있다. 그러나 이미지(1020)에 나타난 온도분포는 등온선이 채널(1022, 1024)의 단면형상을 감싸듯이 평행하게 분포 되어 있으며, 상기 온도분포와 등온선이 평행한 것은 열전달이 활발히 진행됨을 의미한다. 상기 채널(1012, 1016, 1022)은 제 2기체가 통과하는 채널이며, 채널(1014, 1024)은 제1 기체가 통과하는 채널이다. 따라서 본 발명에 따라 분할플레이트(230, 240)가 추가된 인쇄기판형 열교환기는 열전달이 향상 되었다.

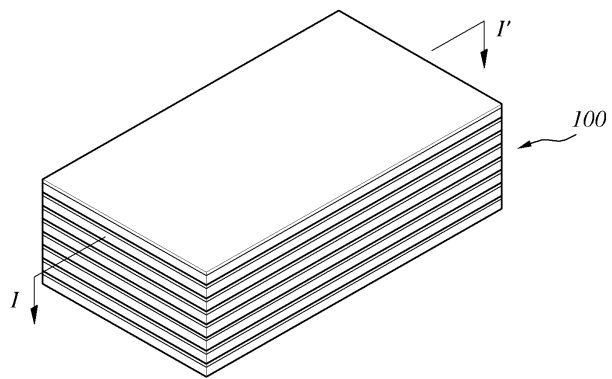
[0058] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

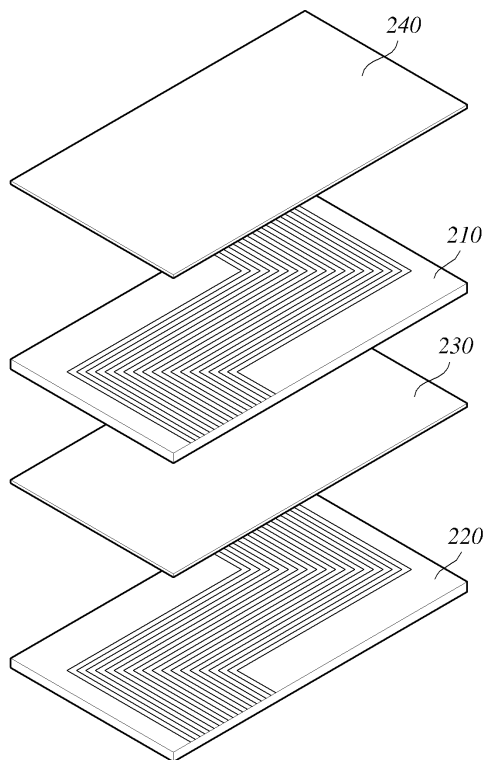
[0059] 100: 인쇄기판형 열교환기
210: 상단 채널플레이트
220: 하단 채널플레이트
230: 제1 분할플레이트
240: 제2 분할플레이트

도면

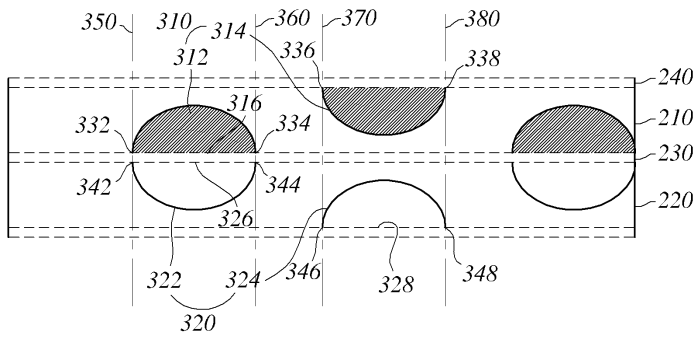
도면1



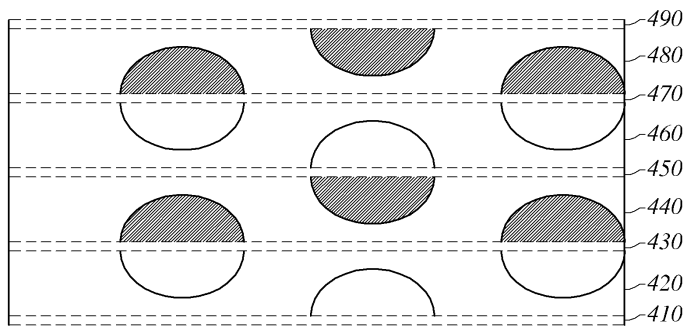
도면2



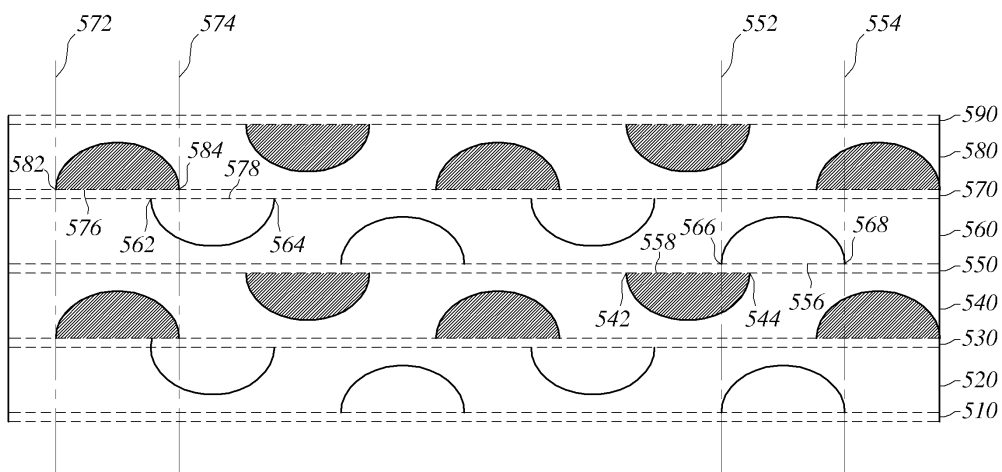
도면3



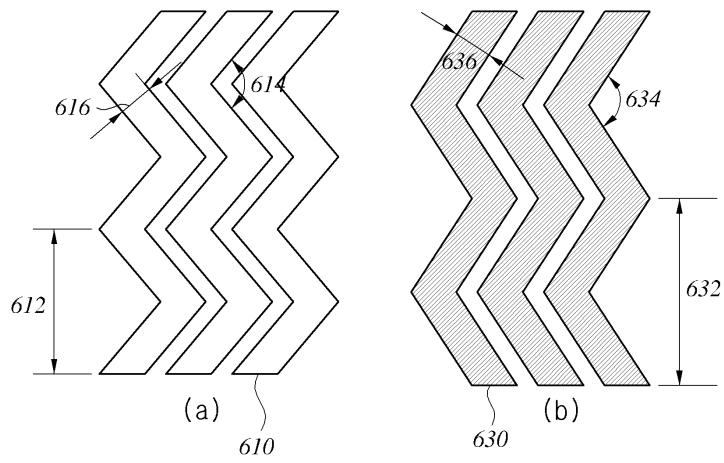
도면4



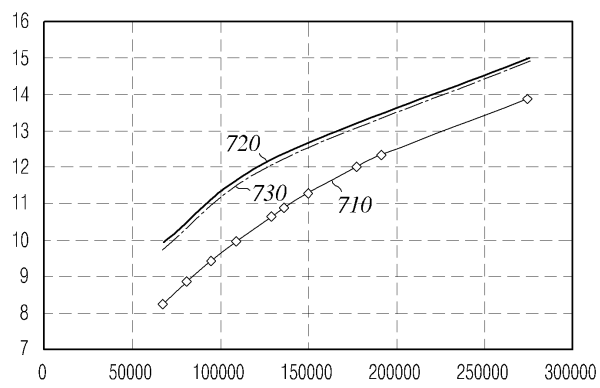
도면5



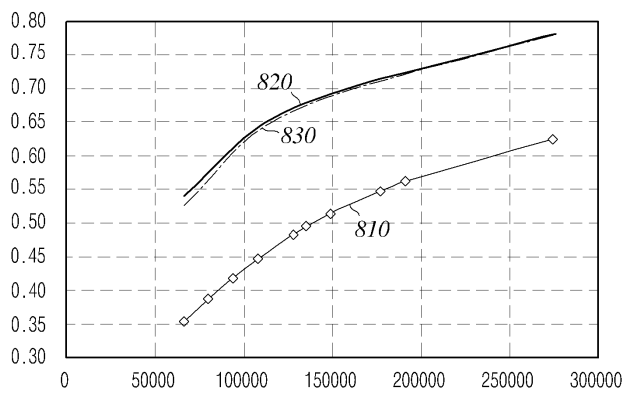
도면6



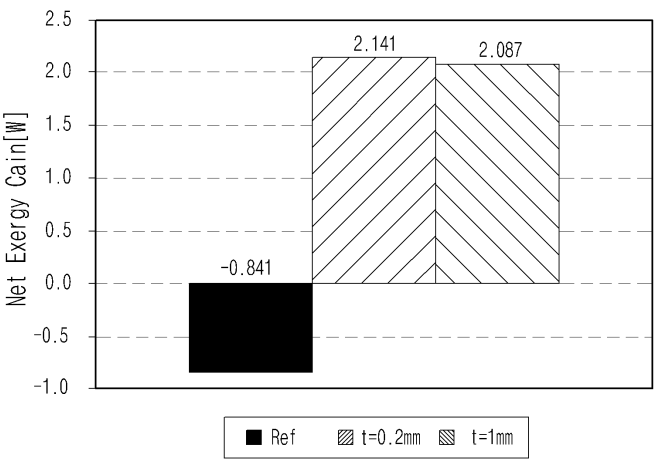
도면7



도면8



도면9



도면10

