



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0024076
(43) 공개일자 2025년02월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21B 45/00 (2006.01) H05B 6/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21B 45/004 (2013.01)
H05B 6/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7001442
(22) 출원일자(국제) 2022년07월29일
심사청구일자 2025년01월15일
(85) 번역문제출일자 2025년01월15일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/029400
(87) 국제공개번호 WO 2024/024117
국제공개일자 2024년02월01일

(71) 출원인
닛폰세이테츠 가부시카이가샤
일본 도쿄도 지요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
(72) 발명자
히로타 요시아키
일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우찌 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시카이가샤 내
(74) 대리인
양영준, 최인호, 성재동

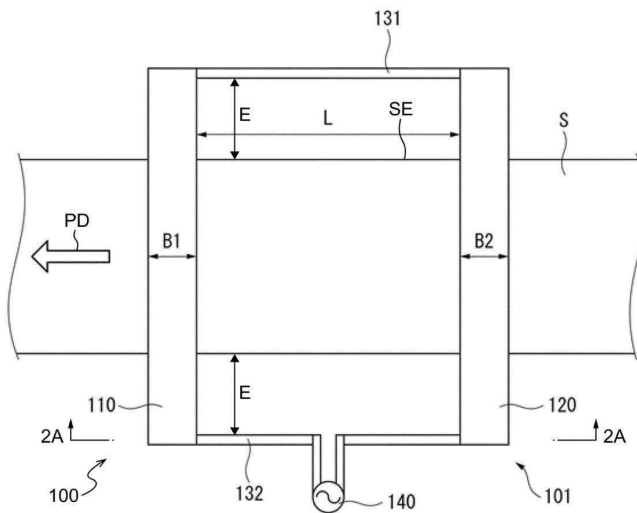
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 금속판의 유도 가열 장치, 금속판의 가공 설비 및 금속판의 유도 가열 방법

(57) 요약

금속판의 유도 가열 장치는, 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와, 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와, 상기 금속판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하여 1차 폐회로를 형성하는 접속 부재와, 상기 1차 폐회로에 접속되는 교류 전원을 구비하고, 상기 제1 거리는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재의 상기 금속판의 통관 방향에 있어서의 치수의 합계보다도 크다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와,

상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와,

상기 금속판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접촉하여 1차 폐회로를 형성하는 접속 부재와,

상기 1차 폐회로에 접속되는 교류 전원

을 구비하고,

상기 제1 거리는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재의 상기 금속판의 통관 방향에 있어서의 치수의 합계보다도 큰, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 도체 부재와 상기 제2 도체 부재는, 상기 금속판의 같은 측의 면에 대향하여 배치되는, 유도 가열 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 도체 부재와 상기 제2 도체 부재는, 상기 금속판의 표면측 및 이면측에 각각 배치되는, 유도 가열 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 도체 부재, 상기 제2 도체 부재 및 상기 접속 부재에 의해 각각이 형성되는 제1 및 제2의 1차 폐회로가 상기 금속판의 통관 방향에 인접하여 배치되고,

상기 교류 전원은, 상기 제1 및 제2의 1차 폐회로 중 상기 금속판의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재에 동상의 교류 전류를 통전하는, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 및 제2의 1차 폐회로의 직렬 접속 및 병렬 접속을 서로 전환하는 것이 가능한 전환 회로를 더 구비하는, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 한쪽의 도체 부재의 상기 금속판과는 반대측의 면에 배치되는 자성체 코어를 더 구비하는, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 접속 부재는, 상기 금속판의 적어도 폭 방향 편측에서, 상기 금속판의 두께 방향에 대하여 상기 금속판에 간섭하지 않도록 배치되는, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 접속 부재는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 한쪽의 도체 부재를 상기 금속판의 통 판 방향으로 이동시키는 것이 가능한 가동부를 포함하는, 금속판의 유도 가열 장치.

청구항 9

금속판의 산세 장치와,

상기 산세 장치의 전단에 배치되는 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속판의 가공 설비.

청구항 10

금속판의 냉간 압연 장치와,

상기 냉간 압연 장치의 전단에 배치되는 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속판의 가공 설비.

청구항 11

용융 금속이 부착된 금속판에 가스를 분사하는 와이핑 장치와,

상기 금속판에 부착된 상기 용융 금속을 가열에 의해 합금화시키는 합금화 가열 장치와,

상기 와이핑 장치와 상기 합금화 가열 장치 사이에 배치되는 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치

를 포함하는, 금속판의 가공 설비.

청구항 12

금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통판 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와, 상기 금속판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하는 접속 부재에 의해 형성되는 1차 폐회로에 대하여 교류 전류를 통전하는 공정과, 상기 금속판에 있어서, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재에 각각 대향하는 영역에서 발생하는 유도 전류에 의해 형성되는 2차 폐회로가 상기 금속판의 폭 방향 단부를 통과함으로써 상기 금속판의 폭 방향 단부를 유도 가열하는 공정을 포함하는, 금속판의 유도 가열 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 금속판의 유도 가열 장치, 금속판의 가공 설비 및 금속판의 유도 가열 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스테인리스강, 고장력강 등의 비교적 단단한 강재의 냉간 압연에서는, 강재의 취성이 통상에 비해 높기 때문에, 폭 방향의 단부에 있어서 단부 균열이 발생하는 경우가 있다. 예를 들어 일본 특허 공개 제2010-221224호 공보에는, 이러한 단부 균열에 대처하는 기술이 기재되어 있다. 보다 구체적으로는, 일본 특허 공개 제2010-221224호 공보에는, 강판의 폭 방향의 단부를 상하로부터 끼우도록 배치되는 C자형의 인덕터를 사용하여 단부를 유도

가열하고, 단부에 있어서의 강판의 변형 저항을 저하시킴으로써 단부 균열을 방지하는 기술이 기재되어 있다.

[0003] 또한, 열연 슬래브와 같은 두꺼운 강재인 경우, 가열로부터 추출되어 조압연하고 마무리 압연할 때까지 강제의 단부가 냉각되어 버린다. 그 때문에, 열연재의 압연 치수 정밀도의 향상, 품질 안정화를 위해 통상 마무리 압연기 전에는, 상술한 바와 같은 C자형의 인덕터 등의 트랜스버스식 유도 가열 장치가 마련된다.

[0004] 또한, 용융 아연 도금의 합금화 등에서는, 단부 온도의 저하가 합금화 불량에 되는 것을 방지하기 위해, 예를 들어 일본 특허 공개 제2009-149970호 공보에는 단부 검출 기구와 이동 기구를 구비한 화염에 의한 온도 보상 장치가 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 상기의 일본 특허 공개 제2010-221224호 공보에는, 인덕터를 강판의 폭 방향으로 이동시키는 대차와, 대차의 이동을 제어하는 위치 컨트롤러를 마련함으로써, 강판의 폭 변화나 반송 시의 사행에 대응하여 인덕터와 강판의 적절한 중첩 길이를 유지하는 것도 기재되어 있다. 그러나, 그 이전의 문제로서, C자형의 인덕터의 경우, 인덕터의 외측으로 누설되는 자속 때문에, 인덕터에 의해 끼워진 부분 이외에도 넓은 범위가 유도 가열된다. 한편, 금속판의 단부 균열을 방지하기 위해서는, 금속판의 폭 방향의 단부 부근의 좁은 범위를 가열할 수 있으면 충분하기 때문에, 일본 특허 공개 제2010-221224호 공보에 기재된 기술은 적어도 소비 전력의 면에서 반드시 효율적이라고는 할 수 없다. 또한, 인덕터 갭을 좁게 하지 않으면 효과적으로 가열할 수 없다고 하는 과제가 있으며, 열연 강판 등의 형상이 좋지 않은 피가열재에서는 인덕터와의 접촉에 의한 장치의 파손 등의 우려가 있다. 또한, 사행 등에 대응하기 위한 검출 기구, 이동 기구 제어 장치 등 부대 설비가 필요 불가결하여, 비용상의 단점도 있다.

[0006] 또한, 일본 특허 공개 제2009-149970호 공보와 같이 강판 단부를 화염에 의해 가열하는 경우, 화염에 의한 가열 능력은 크지 않고 또한 가열 효율도 낮다는 능력적인 문제와 단부 검출 기구·이동 기구 등의 부대 설비가 필요한 것 등의 단점이 있다.

[0007] 그래서, 본 개시는, 금속판의 판폭 변경이나 사행 반송이 있어도, 금속판의 폭 방향의 단부의 특정 범위만을 효율적으로 가열함으로써 금속판의 단부 온도를 상승시켜, 단부의 품질을 안정화시킴과 함께, 금속판의 단부 균열 방지, 압연 치수 정밀도 향상이나 합금화 불량의 회피 등 판 단부의 온도 저하에 기인하는 문제를 해결하는 기술을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시의 일 양태는, 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와, 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와, 상기 금속판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하여 1차 폐회로를 형성하는 접속 부재와, 상기 1차 폐회로에 접속되는 교류 전원을 구비하고, 상기 제1 거리는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재의 상기 금속판의 통관 방향에 있어서의 치수의 합계보다도 큰, 금속판의 유도 가열 장치이다.

[0009] 본 개시의 다른 양태는, 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 유도 부재와, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 상기 제1 유도 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 유도 부재와, 상기 금속판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 유도 부재 및 상기 제2 유도 부재를 서로 접속하는 접속 부재에 의해 형성되는 1차 폐회로에 대하여 교류 전류를 통전하는 공정과, 상기 금속판에 있어서, 상기 제1 유도 부재 및 상기 제2 유도 부재에 각각 대향하는 영역에서 발생하는 유도 전류에 의해 형성되는 2차 폐회로가 상기 금속판의 폭 방향 단부를 통과함으로써 상기 금속판의 폭 방향 단부를 유도 가열하는 공정을 포함하는, 금속판의 유도 가열 방법이다.

발명의 효과

[0010] 본 개시에 의하면, 금속판의 판폭 변경이나 사행 반송이 있어도, 금속판의 폭 방향의 단부의 특정 범위만을 효

울적으로 가열함으로써 금속판의 단부 온도를 상승시켜, 단부의 품질을 안정화시킴과 함께, 금속판의 단부 균열 방지, 압연 치수 정밀도 향상이나 합금화 불량 등의 회피 등 판 단부의 온도 저하에 기인하는 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011]

- 도 1은 본 개시의 제1 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 2a는 도 1에 나타내는 유도 가열 장치의 2A-2A 선 화살표도에 해당하는 측면도이다.
- 도 2b는 도 1에 나타내는 유도 가열 장치의 변형예를 도시하는 측면도(도 2a에 대응하는 측면도)이다.
- 도 2c는 도 1에 나타내는 유도 가열 장치의 다른 변형예를 도시하는 측면도(도 2a에 대응하는 측면도)이다.
- 도 3은 도 1 및 도 2a 내지 도 2c의 예에 있어서 금속판에 발생하는 유도 전류를 개념적으로 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 개시의 제2 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 5는 본 개시의 제2 실시 형태의 다른 예에 관한 금속판의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 6a는 본 개시의 제3 실시 형태에 대하여 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 6b는 본 개시의 제3 실시 형태에 대하여 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 7a는 본 개시의 제3 실시 형태의 다른 예에 대하여 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 7b는 본 개시의 제3 실시 형태의 다른 예에 대하여 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 8a는 본 개시의 제4 실시 형태에 관한 금속판(협폭)의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 8b는 본 개시의 제4 실시 형태에 관한 금속판(광폭)의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 9는 도 8a에 나타내는 유도 가열 장치의 9-9선 화살표도에 해당하는 측면도이다.
- 도 10은 본 개시의 실시 형태에 있어서 금속판의 폭 방향 단부를 가열하는 효과를 검증하기 위한 해석 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 본 개시의 실시 형태에 있어서 금속판의 폭 방향 단부를 가열하는 효과를 검증하기 위한 해석 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 본 개시의 실시 형태에 있어서 사용되는 가동부를 설명하기 위한 측면도이다.
- 도 13은 도 12의 가동부를 사용하여 도체 부재 간의 거리를 변화시킨 상태를 도시하는 측면도이다.
- 도 14a는 본 개시의 실시 형태에 있어서 사용되는 가동부의 변형예를 설명하기 위한 측면도이다.
- 도 14b는 도 14a의 화살표 14B 방향에서 본 도면이다.
- 도 15는 도 12의 가동부를 사용하여 도체 부재 간의 거리를 변화시킨 상태를 도시하는 측면도이다.
- 도 16은 본 개시의 일 실시 형태의 유도 가열 장치를 두꺼운 금속에 적용한 상태의 평면도이다.
- 도 17은 도 16에 나타내는 두꺼운 금속의 측면을 보아, 폭 방향 단부로 흐르는 전류를 도시하는 측면도이다.
- 도 18은 본 개시의 제2 실시 형태에 관한 금속판의 또 다른 예의 유도 가열 장치의 평면도이다.
- 도 19는 도 18의 유도 가열 장치의 회로를 전환한 상태를 도시하는 평면도이다.
- 도 20은 본 개시의 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치를 사용한 가공 설비의 일례를 나타내는 개략 구성도이다.
- 도 21은 본 개시의 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치를 사용한 가공 설비의 다른 예를 나타내는 개략 구성도이다.
- 도 22는 본 개시의 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치를 사용한 가공 설비의 다른 예를 나타내는 개략 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하에 첨부 도면을 참조하면서, 본 개시의 일 실시 형태에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 본 명세서 및 도면에 있어서, 실질적으로 동일한 기능 구성을 갖는 구성 요소에 대해서는, 동일한 부호를 붙임으로써 중복된 설명을 생략한다.
- [0013] (제1 실시 형태)
- [0014] 도 1은 본 개시의 제1 실시 형태에 관한 금속판의 유도 가열 장치의 평면도이며, 도 2a는 도 1에 나타내는 유도 가열 장치의 2A-2A 선 화살표도에 해당하는 측면도이다. 도 1 및 도 2에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태에 관한 유도 가열 장치(100)는, 전자기 유도를 이용하여 금속판으로서의 금속 띠판(S)을 가열하는 장치이다. 여기서, 본 실시 형태에서 사용되는 금속 띠판(S)은, 예를 들어, 락상의 박판이지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다.
- [0015] 본 실시 형태의 유도 가열 장치(100)는, 도체 부재(110, 120)와, 접속 부재(131, 132)와, 교류 전원(140)을 포함한다. 도체 부재(110)는, 금속 띠판(S)의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 금속 띠판(S)을 폭 방향으로 횡단하여 배치된다. 도체 부재(120)도 도체 부재(110)와 마찬가지로, 금속 띠판(S)의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 금속 띠판(S)을 폭 방향으로 횡단하여 배치된다. 도체 부재(120)는, 도체 부재(110)로부터 금속 띠판(S)의 통관 방향(도 1에 있어서 화살표(PD)로 나타내는 방향)으로 거리 L만큼 이격되어 있다. 여기서, 거리 L은 도체 부재(110, 120)의 내측 간 거리이다. 거리 L(내측 간 거리)은, 도체 부재(110, 120)의 금속 띠판(S)의 통관 방향에 있어서의 치수 B1, B2의 합계보다도 크다(L>B1+B2). 또한, 본 실시 형태의 거리 L은, 본 개시에 있어서의 제1 거리의 일례이다.
- [0016] 접속 부재(131, 132)는, 평면으로 보아 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 도체 부재(110, 120)를 서로 접속하여 1차 폐회로(101)를 형성함과 함께, 1차 폐회로(101)에는 교류 전원(140)이 접속된다. 접속 부재(131, 132)는 금속 띠판(S)의 최대 판폭의 폭 방향 단부(SE)로부터 이격되어 있으면 된다. 구체적으로는, 접속 부재(131, 132)로부터 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)까지의 거리 E는, 금속 띠판(S)의 최대 폭 Wmax의 3% 이상 12% 이하가 바람직하고, 5% 이상 10% 이하가 더욱 바람직하다. 거리 E와 최대 폭 Wmax의 관계는, 금속 띠판(S)이 반송되는 반송 라인의 사행량을 고려하는 것이 바람직하다. 또한, 거리 E가 최대 폭 Wmax의 3% 미만인 경우, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)가 사행에 의해 접속 부재(131)나 접속 부재(132)에 접할 우려가 있다. 한편, 거리 E가 최대 폭 Wmax의 12%를 초과하는 경우, 장치의 대형화 및 1차 폐회로(101)의 임피던스 증대가 염려된다.
- [0017] 또한, 도체 부재(110, 120)는, 금속 띠판(S)의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고 있다. 이 때문에, 교류 전원(140)이 1차 폐회로(101)에 교류 전류를 통전함으로써 도체 부재(110, 120)의 주위에 발생하는 자계는, 금속 띠판(S)에 후술하는 바와 같은 유도 전류를 발생시킨다.
- [0018] 여기서, 본 실시 형태의 도체 부재(110, 120)는, 도 2a에 나타내는 바와 같이 양쪽이 금속 띠판(S)의 표면 및 이면에 대향하는 각각 2개의 판부(111, 112) 및 판부(121, 122)를 포함하고 있다. 바꾸어 말하면, 도체 부재(110)의 판부(111, 112)가 금속 띠판(S)의 표면 및 이면에 각각 대향하여 배치되고, 도체 부재(120)의 판부(121, 122)가 금속 띠판(S)의 표면 및 이면에 각각 대향하여 배치되어 있다. 또한, 본 개시는 이에 한정되지 않고, 도 2b에 나타내는 예와 같이 도체 부재(110)의 판부(111)가 금속 띠판(S)의 표면에 대향하고, 도체 부재(120)의 판부(122)가 금속 띠판(S)의 이면에 대향해도 되고, 도체 부재(110)의 판부(112)가 금속 띠판(S)의 이면에 대향하고, 도체 부재(120)의 판부(121)가 금속 띠판(S)의 표면에 대향해도 된다. 또한, 도 2c에 나타내는 예와 같이 도체 부재(110)의 판부(111) 및 도체 부재(120)의 판부(121)의 양쪽이 금속 띠판(S)의 표면에만 대향해도 되고, 도체 부재(110)의 판부(112) 및 도체 부재(120)의 판부(122)의 양쪽이 금속 띠판(S)의 이면에만 대향해도 된다. 바꾸어 말하면, 도체 부재(110)와 도체 부재(120)는, 금속 띠판(S)의 같은 측의 면에 각각 대향하여 배치되어 있다.
- [0019] 본 실시 형태에서는, 도 1 및 도 2a에 나타내는 바와 같이, 도체 부재(110, 120)와, 접속 부재(131, 132)에 의해 공심 코일이 구성되어 있다. 이 공심 코일에 의해 구성되는 1차 폐회로(101)는 교류 전원(140)과 접속되어 있다.
- [0020] 도 3은 도 1 및 도 2a의 예에 있어서 금속 띠판(S)에 발생하는 유도 전류 I를 개념적으로 도시하는 도면이다. 금속 띠판(S)에 있어서 유도 가열 장치(100)의 도체 부재(110, 120)에 각각 대향하는 영역에서 발생하는 유도 전류 I에 의해 형성되는 2차 폐회로(102)는, 도체 부재(110, 120)에 각각 대향하는 영역에서는 금속 띠판(S)의

폭 방향으로 흐르고, 이들 영역의 양단부 사이에서는 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)를 통과한다. 이와 같이 하여 2차 폐회로(102)의 유도 전류는 금속 띠판(S) 내를 주회한다. 2차 폐회로(102)를 흐르는 유도 전류 I는, 금속 띠판(S)의 중앙부에서는 전류 밀도가 작기 때문에 발열량을 억제할 수 있지만, 폭 방향 단부(SE)에서는 고 주파 전류가 단부에 집중되는 표피 효과에 의해 단부로부터의 한정된 범위의 전류 밀도가 높아진다. 이에 의해, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)를 효과적으로 가열할 수 있다.

[0021] 도 3으로부터 명백한 바와 같이, 본 개시에서는, 솔레노이드 코일로 박판을 가열하는 소위 LF 가열 방식에서 문제가 되는, 전류의 침투 깊이에 기인하여 비자성체를 가열할 수 없다고 하는 문제에 대하여, 도체를 진행 방향에서 중첩되지 않도록 어긋나게 함으로써 주회 전류가 중첩되는 경우가 없기 때문에, 비자성체에서도 자성체에서도 가열이 가능하다.

[0022] 게다가, 도체 부재(110, 120)를 금속 띠판(S)의 통관 방향으로 거리 L만큼 이격시키고 있음으로써, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)의 가열이 계속되는 시간이 길어진다. 구체적으로는, 금속 띠판(S)의 통관 속도를 v라고 한 경우, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)는 도체 부재(120)의 아래(또는 위)를 통과하고 나서 도체 부재(110)의 아래(또는 위)를 통과할 때까지의 동안, 가열이 계속되기 때문에, 가열 계속 시간이 L/v가 된다. 한편, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부에서는, 도체 부재(120)의 아래(또는 위)를 통과하는 동안, 및 도체 부재(110)의 아래(또는 위)를 통과하는 동안에만 가열되기 때문에, 가열 계속 시간이 (B1+B2)/v가 된다. 따라서, L>B1+B2로 함으로써, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부보다도 폭 방향 단부(SE)에 있어서 가열 계속 시간을 길게 할 수 있다. 이와 같이, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부의 발열량 Qc 및 폭 방향 단부(SE)의 발열량 Qe는, 도체 부재(110, 120) 사이의 거리 L 및 각각의 치수 B1, B2에 의해 조절할 수 있다. 또한, 발열량 Qc, Qe는 교류 전류의 주파수 f에 의해서도 조절할 수 있다.

[0023] 보다 구체적으로는, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부의 발열량 Qc는, 상기의 각 양에 더해 금속 띠판(S)의 판폭 W, 판 두께 t, 도체 부재(110)와 대향하는 부분의 비저항 ρ1, 도체 부재(120)와 대향하는 부분의 비저항 ρ2를 사용하여 이하의 식 (1)로 산출할 수 있다.

$$Q_c = I^2 \times \frac{W}{B1 \times t} \cdot \rho_1 \times \frac{B1}{v} + I^2 \times \frac{W}{B2 \times t} \cdot \rho_2 \times \frac{B2}{v} = I^2 \times \left(\frac{W}{v \times t} \right) (\rho_1 + \rho_2) \quad (1)$$

[0025] 한편, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)의 발열량 Qe(양측 합계)는, 상기의 각 양에 더해 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)에 있어서의 비저항 ρe를 사용하여 이하의 식 (2)로 산출할 수 있다.

$$Q_e = 2 \times I^2 \times \frac{L}{D \times t} \cdot \rho_e \times \frac{L}{v} = 2I^2 \times \frac{L^2}{D \times t \times v} \cdot \rho_e \quad (2)$$

[0027] 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부의 발열량 Qc와 폭 방향 단부(SE)의 발열량 Qe의 비는, 상기의 식 (1) 및 식 (2)로부터 이하의 식 (3)과 같아진다.

$$\frac{Q_e}{Q_c} = \frac{2L^3}{D \times W} \times \frac{\rho_e}{\rho_1 + \rho_2} \quad (3)$$

[0029] 상기의 식 (3)으로부터, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부의 온도 상승을 억제하여 폭 방향 단부(SE)를 집중적으로 가열하기 위한 조건을 검토한다. 식 (3)에 있어서 ρ1=ρ2=ρc라고 하면, 이하의 식 (4)가 된다.

$$\frac{Q_e}{Q_c} = \frac{L^3}{D \times W} \times \frac{\rho_e}{\rho_c} \quad (4)$$

[0031] 여기서, 금속 띠판(S)의 비중 γ, 폭 방향 중앙부 및 폭 방향 단부(SE)의 각각의 비열 Cpc, Cpe, 각각의 승온량 ΔTc, ΔTe, 및 도체 부재의 평균 치수 B=(B1+B2)/2를 사용하여, 발열량 Qc, Qe는 이하의 식 (5), (6)과 같이 표현된다. 식 (5), (6)을 식 (4)에 대입하여 정리하면, 식 (7) 및 식 (8)과 같아진다.

$$Q_c = 2 / \gamma \times W \times B \times t \times C_{pc} \times \Delta T_c \quad (5)$$

$$Q_e = 2 \times \gamma \times L \times D \times t \times C_{pe} \times \Delta T_e \quad (6)$$

$$\frac{\Delta T_e}{\Delta T_c} = \frac{L \times B}{D^2} \times \frac{C_{pc}}{C_{pe}} \times \frac{\rho_e}{\rho_c} \quad (7)$$

$$L = \frac{\Delta T_e}{\Delta T_c} \times \frac{D^2}{B} \times \frac{C_{pe}}{C_{pc}} \times \frac{\rho_c}{\rho_e} \quad (8)$$

[0033] 상기의 식 (8)에 있어서, B=0.1m, D=0.07m로 하고, 금속 띠판(S)의 폭 방향 중앙부의 승온량 ΔTc를 10℃로 억

제하면서, 폭 방향 단부(SE)의 ΔT_e 를 500℃로 하는 경우, 각각의 승온량에 맞는 비열 C_{pc} , C_{pe} 와 비저항 ρ_c , ρ_e 를 대입하면, 적절한 거리 L 은 다음과 같이 구해진다. 또한, 조건에 따라서 적절한 거리 L 을 설정하기 위하여, 유도 가열 장치(100)의 접속 부재(131, 132)는, 도체 부재(110, 120) 중 적어도 어느 것을 금속 띠판(S)의 통관 방향으로 이동시키는 것이 가능한 가동부를 포함해도 된다. 본 개시의 가동부의 일례로서, 도 12 및 도 13에 나타내지는 가동부(150)를 사용해도 된다. 이 가동부(150)는, 도체 부재(110, 120)를 각각 접속하는 접속 부재(131, 132)(도 12 및 도 13에서는 접속 부재(131)만 기재)에 마련된 복수의 볼트 구멍이다. 복수의 볼트 구멍은, 접속 부재(131, 132)에 통관 방향으로 간격을 두고 마련되어 있다. 도체 부재(110, 120)의 설치 위치를 변경함으로써, 구체적으로는, 볼트(152)에 의한 도체 부재(110, 120)의 설치 위치를 변경함으로써, 도체 부재(110, 120) 간의 거리를 변경할 수 있다. 예를 들어, 도 12에 나타내는 위치로부터 도 13에 나타내는 위치에 도체 부재(110, 120)를 이동시키면, 도체 부재(110, 120) 간의 거리가 거리 L_1 로부터 거리 L_2 로 길어진다. 또한, 도체 부재(110, 120)의 설치 위치를 변경할 때에는, 도체 부재(110, 120) 아래에 롤러(도 12에 있어서 이점쇄선으로 나타내는 부재) 등을 배치함으로써, 도체 부재(110, 120)의 이동이 간단해진다.

[0034] 또한, 본 개시의 가동부의 다른 예로서, 도 14a 및 도 15에 나타내지는 가동부(160)를 사용해도 된다. 이 가동부(160)는, 도체 부재(110, 120)를 각각 접속하는 접속 부재(131, 132)(도 12 및 도 13에는 접속 부재(131)만 기재)를 구성하는 신축부이다. 이 신축부는, 예를 들어, 편조선 등의 가요 도체 등으로 구성되어 있다. 또한, 신축부는, 도 15에 나타내는 바와 같이, 접속 부재(131, 132)의 각각의 통관 방향의 중앙부를 구성하고 있다. 구체적으로는, 접속 부재(131, 132)의 도체 부재(110, 120)와 접속되는 판부(131A, 132A) 간을 연결하고 있다. 또한, 신축부는, 도 14b에 나타내는 바와 같이, 금속 띠판(S)측과 반대측으로 등글게 만곡하고 있다. 이 만곡하고 있는 신축부가 도 15에 나타내는 바와 같이, 신축함으로써, 도체 부재(110, 120)의 통관 방향의 위치가 이동한다. 또한, 도체 부재(110, 120)의 통관 방향의 위치를 변경할 때에는, 도체 부재(110, 120)의 아래에 롤러 등을 배치함으로써, 도체 부재(110, 120)의 이동이 간단해진다. 또한, 신축부를 구성하는 가요 도체를 수랭 케이스로 해도 된다.

[0035]
$$L = \frac{500}{10} \times \frac{0.07^2}{0.1} \times \frac{0.13}{0.112} \times \frac{0.14}{0.36} = 0.81 [m]$$

[0036] 또한, 교류 전류의 주파수 f [kHz]에 대해서는, 본 개시자들이 실시한 해석의 결과에서는, 투입 전력의 70%가 승온에 기여하는 예지로부터의 범위 D [mm]는, 유도 전류 I 와의 관계에서, 예를 들어 이하의 식 (9)와 같이 표현된다.

[0037]
$$D = -15 \times \ln(f) + 107 [mm] \quad (9)$$

[0038] 상기와 같은 본 개시의 제1 실시 형태 구성에 의하면, 금속 띠판(S)의 폭 방향의 전체가 가열되는 것은, 유도 가열 장치(100)의 도체 부재(110, 120)의 아래(또는 위)를 통과하는 동안만이다. 그리고, 도체 부재(110, 120) 사이에서는 가열 범위가 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)에 한정된다. 이에 의해, 투입 전력을 절감하고, 금속 조직에 대한 불필요한 영향을 회피할 수 있다. 즉, 본 실시 형태에서는, 금속 띠판(S)의 폭 방향의 단부(SE)를 효율적으로 가열하여, 냉간 압연 시 등에 있어서의 금속 띠판(S)의 단부 균열을 방지할 수 있다. 또한, 상기의 구성에서는, 금속 띠판(S)의 가열 부위인 폭 방향 단부(SE)에 근접하여 배치할 필요가 있는 부재가 없는 것, 도체 부재(110, 120)의 아래(또는 위)를 통과하는 동안에 발생하는 유도 전류에 의한 주회 전류이기 때문에, 금속 띠판(S)의 폭 방향의 사행이나 판폭, 판 두께의 변경에 대하여 부재의 배치를 변경하지 않고 대응할 수 있고, 또한 금속 띠판(S)에 형상 불량 발생하는 경우에도 가열이 가능하다.

[0039] 여기서, 금속 띠판의 단부 균열은, 예를 들어 열간 압연 공정 후의 산세 공정, 또는 냉간 압연 공정에 있어서 발생한다. 따라서, 상기의 유도 가열 장치(100)는, 예를 들어 금속 띠판(S)의 산세 장치(500)(도 20 참조)를 포함하는 가공 설비에 있어서 산세 장치(500)의 전단에 배치되어도 되고, 금속 띠판(S)의 냉간 압연 장치(510)(도 21 참조)를 포함하는 가공 설비에 있어서 냉간 압연 장치(510)의 전단에 배치되어도 된다. 또한, 금속 띠판의 단부 균열은, 예를 들어 용융 금속 도금 공정에 있어서도 발생한다. 따라서, 상기의 유도 가열 장치(100)는, 예를 들어 도 22에 나타내지는 용융 금속(M)(일례로서 용융 아연)이 저류된 도금조(520)와, 용융 금속(M)이 부착된 금속 띠판(S)에 가스(예를 들어 공기)를 분사하는 와이핑 장치(522)와, 금속 띠판(S)에 부착된 용융 금속(M)을 가열에 의해 합금화 온도로 승온하고, 온도를 유지하여 합금화시키는 합금화 가열 장치(524)를 포함하는 가공 설비에 있어서, 와이핑 장치(522)와 합금화 가열 장치(524) 사이에 배치되어도 된다.

[0040] (제2 실시 형태)

[0041] 도 4는 본 개시의 제2 실시 형태에 관한 금속 띠판의 유도 가열 장치의 평면도이다. 도시되는 바와 같이, 본 실시 형태에 관한 유도 가열 장치(200)는, 1차 폐회로(101A)를 형성하는 도체 부재(110A, 120A) 및 접속 부재(131A, 232A)와, 1차 폐회로(101B)를 형성하는 도체 부재(110B, 120B) 및 접속 부재(131B, 232B)와, 교류 전원(240)을 포함하는 병렬 회로로 구성된다. 1차 폐회로(101A, 101B)는, 금속 띠판(S)의 통관 방향(도 4에 있어서 화살표(PD)로 나타내는 방향)으로 인접하여 배치된다. 1차 폐회로(101A, 101B)의 각각에 있어서, 도체 부재(110A, 110B) 및 도체 부재(120A, 120B)의 구성은 각각 상기의 제1 실시 형태에 있어서의 도체 부재(110, 120)와 마찬가지로이다. 1차 폐회로(101A)를 구성하는 도체 부재(120A)와, 1차 폐회로(101B)를 구성하는 도체 부재(110B)는, 금속 띠판(S)의 통관 방향으로 서로 인접하여 배치되어 동상의 전류를 통전한다.

[0042] 접속 부재(131A, 131B)는, 평면으로 보아 각각 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)로부터 이격된 위치에서 도체 부재(110A, 120A) 및 도체 부재(110B, 120B)를 서로 접속하여 1차 폐회로(101A, 101B)를 형성한다. 접속 부재(232A, 232B)는, 각각 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)로부터 거리 E 이격된 위치에서 도체 부재(110A, 120A) 및 도체 부재(110B, 120B)를 서로 접속하여 1차 폐회로(101A, 101B)를 형성함과 함께, 1차 폐회로(101A, 101B)를 교류 전원(240)에 병렬 접속한다. 교류 전원(240)은, 금속 띠판(S)의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재, 즉 도체 부재(120A) 및 도체 부재(110B)에 동상의 교류 전류가 통전되도록 1차 폐회로(101A, 101B)에 접속된다.

[0043] 상기와 같은 본 개시의 제2 실시 형태 구성에 의하면, 제1 실시 형태와 마찬가지로의 효과가 얻어지는데 더해, 적절한 거리 L을 1차 폐회로(101A, 101B)의 합계로서 설정할 수 있다. 이에 의해, 1차 폐회로(101A, 101B)를 병렬 접속하는 경우에는, 각각의 1차 폐회로의 인덕턴스를, 단일의 1차 폐회로로 거리 L을 설정하는 경우에 비하여 절반 정도까지로 할 수 있다. 또한, 서로 인접하는 도체 부재(120A) 및 도체 부재(110B)에 동상의 교류 전류를 통전시킴으로써, 각각의 도체 부재의 주위에 발생하는 자속이 동일한 방향이 되어, 금속 띠판(S)에 자속이 집중되기 쉬워진다.

[0044] 구체적으로는, 1조의 도체 부재(110A, 120A)에 의해 구성되는 1차 폐회로(101A)(인덕턴스 L1, 임피던스 Z1)와, 다른 1조의 도체 부재(110B, 120B)에 의해 구성되는 1차 폐회로(101B)(인덕턴스 L2, 임피던스 Z2)를 병렬로 접속한 경우, 병렬의 합성 인덕턴스 L은, 하기 식 (10)으로 구해진다.

[0045]
$$L=L1 \times L2 / L1+L2 \dots (10)$$

[0046] 통상, 병렬 접속하면, 인덕턴스 및 임피던스는 작게 할 수 있다. 가령, 인덕턴스 L1과 인덕턴스 L2가 거의 동등하면, 상기 식 (10)으로부터, 인덕턴스는 약 절반이 된다.

[0047] 특히 금속 띠판(S)(통상 얇은 재료)의 통관 속도가 빠르고, 가열 시간이 충분히 취해지지 않는 경우, 설치하는 1조의 도체 부재의 이격 거리는 길어지고, 인덕턴스, 임피던스가 커지고, 고전압화 등, 전원의 부담이 커지고, 설비 비용의 증대나 안전상의 문제 등이 생긴다.

[0048] 병렬화하면, 필요 이격 길이가 길어도 인덕턴스를 작게 할 수 있기 때문에, 전원 부하의 경감, 고전압화에 수반하는 안전상의 과제를 해결할 수 있다.

[0049] 이격 거리를 길게 하지 않고 대전력을 투입하는 경우에도, 전류는 분류되는 점에서, 1조의 도체 부재의 발열을 경감하고, 효율을 높일 수 있다.

[0050] 또한, 이하에 나타내는 바와 같이 전류의 공진 주파수 f는 높아진다.

[0051]
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \dots (11)$$

[0052] 또한, L은 인덕턴스[H], C는 커패시터 용량[F]이다.

[0053] 공진 주파수가 높아지면, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)의 가열 범위를 좁게 할 수 있어, 한정된 범위의 폭 방향 단부(SE)를 효과적으로 가열할 수 있다.

[0054] 도 5는 본 개시의 제2 실시 형태의 다른 예에 관한 금속 띠판의 유도 가열 장치의 평면도이다. 상기의 예와의 상이로서, 도시된 예에서는 접속 부재(232C, 232D)가 1차 폐회로(101A, 101B)를 교류 전원(240)에 직렬 접속한다. 금속 띠판(S)의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재(120A) 및 도체 부재(110B)에 동상의 교류 전류가 통전되는 점은 마찬가지이다. 1차 폐회로(101A, 101B)를 직렬 접속함으로써, 각각의 1차 폐회로에 흐르는 전류의 크기를 동일하게 할 수 있다. 또한, 인덕턴스를 크게 함으로써, 발진 조건을 변경할 수 있다.

[0055] 구체적으로는, 직렬 접속한 경우, 합성 인덕턴스 L은 하기 식이 된다.

[0056] $L=L_1+L_2 \dots (12)$

[0057] 직렬 접속은, 인덕턴스가 커지고, 주파수가 낮아진다.

[0058] 주파수가 낮아지면, 전류의 침투 깊이 δ 를 깊게 할 수 있는 점에서, 특히 판 두께가 두꺼운 재료인 경우에는, 두께 방향에서의 가열 범위가 넓어짐과 함께, 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)로부터의 가열 범위도 넓게 할 수 있다.

[0059]
$$\delta = 5.03 \sqrt{\frac{\rho}{\mu r \times f}} \quad (13)$$

[0060] 또한, ρ 은 비저항 [$\mu \Omega \text{cm}$], μr 은 비투자율, f 는 주파수[Hz]이다.

[0061] 또한, 도체 부재에 흐르는 전류는 모두 동일한 점에서, 임피던스가 달라도, 폐회로별 에지 가열량은 동일하게 할 수 있다.

[0062] 상기한 바와 같이 병렬/직렬 접속을 자유롭게 할 수 있다면, 부하에 따라서 적절히 필요한 주파수, 전류·전력 분배, 금속 띠판의 폭 방향 단부의 가열 범위를 비교적 자유롭게 바꿀 수 있어 복수의 개별 설비를 준비하지 않아도 된다는 장점이 있다.

[0063] 일반적으로 판 두께가 얇고, 통관 속도가 빠르고 비저항의 온도 변화가 작은 경우(SUS304 등)에는, 가열 전후로 임피던스의 변화가 작고 전류·전류량이 큰 점에서, 도체의 발열을 작게 할 수 있는 병렬 접속이 바람직하고, 비저항의 온도 변화가 큰 보통강 등, 가열 전후로 임피던스 차가 있는 경우나, 통관 속도가 느린 두꺼운 강재의 경우에는, 회로 간에서의 전류량이 동일해져, 인덕턴스가 크고 저주파측에서의 가열이 용이한 직렬 접속이 바람직하다.

[0064] 유도 가열 장치(200)는, 1차 폐회로(101A, 101B)의 직렬 접속 및 병렬 접속을 수동으로 전환해도 되지만, 자동으로 서로 전환하는 전환 회로를 포함해도 된다. 전환 회로는, 예를 들어 도 4에 나타난 접속 부재(232A, 232B) 또는 도 5에 나타난 접속 부재(232C, 232D) 중 어느 것에 선택적으로 교류 전원(240)을 접속하는 스위치를 포함한다. 일례로서, 도 18 및 도 19에 나타내는 스위치(201A) 및 스위치(201B)를 사용하여, 병렬 접속(도 18의 접속)과 직렬 접속(도 19의 접속)을 전환해도 된다. 도 18에서는 도체 부재(120A)에 접속된 스위치(201A)의 접점 A가 도체 부재(110B)의 접점 B와 단락하고 있다. 또한, 접속 부재(232A)에 접속된 스위치(201B)의 접점 D와 접속 부재(232B)에 접속된 접점 E를 단락하고 있다. 이에 의해, 1차 폐회로(101A)와 1차 폐회로(101B)가 병렬 접속된다. 한편, 도 19에서는, 도체 부재(120A)에 접속된 스위치(201A)의 접점 A를 도체 부재(110B)의 접점 B로부터 해방한다. 그리고, 접속 부재(232A)에 접속된 스위치(201B)의 접점 D와 도체 부재(110B)에 접속된 접점 C를 단락함으로써 1차 폐회로(101A)와 1차 폐회로(101B)가 직렬 접속된다.

[0065] (제3 실시 형태)

[0066] 도 6a 및 도 6b는 본 개시의 제3 실시 형태에 대하여 설명하기 위한 단면도이다. 도 6a에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 도체 부재를 구성하는 판부(111, 112, 121, 122)의 금속 띠판(S)과는 반대측의 면에, 자성체 코어(351, 352, 361, 362)가 배치된다. 이에 의해, 도 6b에 나타내는 바와 같이 자성체 코어가 배치되지 않는 경우에 비해 도체 부재를 구성하는 판부(111, 112, 121, 122)의 금속 띠판(S)과는 반대측에 자유롭게 주회하고 있었던 자속이, 투자율이 높은 자성체 코어(351, 352, 361, 362)를 집중하여 통과함으로써, 도체 부재(111, 112, 121, 122)의 바로 아래의 금속 띠판(S)에 자속이 집중되어 들어가기 쉬워져, 금속 띠판(S)을 보다 효과적으로 유도 가열할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 상기와 같은 자성체 코어의 배치에 의해, 도체를 흐르는 전류에 의해 발생하는 자속을 도체 부재의 판부(111, 112, 121, 122)에 집중시킬 수 있기 때문에 금속 띠판(S)과의 간극을 크게 할 수 있고, 예를 들어 금속 띠판(S)의 두께 방향의 파형상에 대응할 수 있다. 또한, 본 실시 형태에서는, 자성체 코어의 배치에 의해 도체 부재의 이측(금속 띠판(S)에 대향하고 있지 않은 측)을 향하는 누설 자속이 저감되기 때문에, 예를 들어 도체 부재를 지지하는 부재나, 주변에 설치된 기기 등이 가열되어 버리는 것을 방지할 수 있다.

[0067] 자성체 코어는, 자기 포화하지 않는 적절한 단면적을 확보하면 되고, 예를 들어 고주파를 사용하는 경우에는, 포화 자속 밀도가 작더라도 단면적이 작아도 되는 페라이트 코어를, 또한, 비교적 저주파라면 포화 자속 밀도가 큰 적층의 전자 강판, 아몰퍼스 등의 강자성체를 사용하면 된다. 또한, 발열이 염려되는 경우에는, 적절히 수

랭 구리관 등의 냉각 장치를 마련하여 자성체 코어의 냉각을 하는 것이 바람직하다.

[0068] 도 7a 및 도 7b는 본 개시의 제3 실시 형태의 다른 예에 대하여 설명하기 위한 단면도이다. 도 7b는 도체 부재를 구성하는 판부(111A, 111B, 112A, 112B, 121A, 121B, 122A, 122B)로만 이루어지지만, 단독의 폐회로가 되는 도 6b의 경우, 자속은 금속 띠판(S)의 진행 방향(통관 방향과 같음)의 전후 방향으로 자유롭게 방사되기 때문에, 자속이 집중되기 어렵다. 이에 비해, 제3 실시 형태의 다른 예에서는, 2개의 폐회로의 중앙부의 판부(111A, 111B, 112A, 112B)에 동상의 전류를 흐르게 한 경우, 판부(111A, 111B, 112A, 112B)에서 발생하는 자속은, 판부(111A, 112A, 121B, 122B)에서 발생하는 역상의 자속에 의해 금속 띠판(S)의 길이 방향(통관 방향과 같음)에 있어서 전후 방향으로 날릴 수 있는 범위가 좁혀지지 않고, 자속이 판부(111A, 111B, 112A, 112B)의 근방에 갇히는 결과, 유도 전류를 효율적으로 집중시킬 수 있다. 도 7a에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 도체 부재를 구성하는 판부(111A, 111B, 112A, 112B, 121A, 121B, 122A, 122B)의 금속 띠판(S)과는 반대측의 면에, 자성체 코어(351, 352, 361, 362, 371, 372)가 배치되면 더 효율적으로 유도 전류의 집중을 할 수 있다. 여기서, 자성체 코어(371, 372)는, 근접하고 있다면 길이 방향·폭 방향 도중에 분할되어 있어도 상관없지만, 금속 띠판(S)의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재에 2개의 판부(121A, 111B) 및 판부(122A, 122B) 각각에 공통적으로 배치되는 것이 바람직하다. 즉, 자성체 코어(371)는 도체 부재의 판부(121A, 111B)의 양쪽의 이측을 커버하고, 자성체 코어(372)는 도체 부재의 판부(122A, 112B)의 양쪽의 이측을 커버한다. 이에 의해, 예를 들어 상기의 도 4 및 도 5의 예와 같이 복수의 1차 폐회로가 금속 띠판(S)의 통관 방향으로 인접하여 배치되는 경우에도, 도 7b에 나타내는 바와 같이 자성체 코어가 배치되지 않는 경우에 비해 금속 띠판(S)에 자속이 들어가기 쉬워진다. 이에 의해, 금속 띠판(S)을 보다 효과적으로 유도 가열할 수 있다. 도체 부재와 금속 띠판(S)의 간극을 크게 할 수 있는 점, 및 누설 자속을 저감할 수 있는 점도 상기의 예와 마찬가지로이다.

[0069] (제4 실시 형태)

[0070] 도 8a는 본 개시의 제4 실시 형태에 관한 금속 띠판의 유도 가열 장치의 평면도이며, 도 9는 도 8a에 나타내는 유도 가열 장치의 9-9선 화살표도에 해당하는 측면도이다. 도시되는 바와 같이, 본 실시 형태에 관한 유도 가열 장치(400)는, 1차 폐회로(101)를 형성하는 도체 부재(110, 120) 및 접속 부재(132, 431)와, 교류 전원(140)을 포함한다. 상기의 제1 실시 형태와의 상이로서, 본 실시 형태에서는, 금속 띠판(S)의 단부측에서, 접속 부재(431 및 132)가 금속 띠판(S)의 두께 방향에 대하여 금속 띠판(S)에 간섭하지 않도록 상면 또는 하면에 배치된다. 구체적으로는, 예를 들어 도 9의 예에 나타나는 바와 같이, 금속 띠판(S)의 표면측에서 도체 부재의 판부(111, 121)를, 이면측에서 도체 부재의 판부(112, 122)를 각각 접속 부재(431)로 접속하고, 금속 띠판(S)의 표면측과 이면측 사이에서는 도체 부재를 접속하지 않는다.

[0071] 상기와 같은 본 개시의 제4 실시 형태에 의하면, 제1 실시 형태와 마찬가지로의 효과가 얻어지는데 더해, 유도 가열 장치(400)를 금속 띠판(S)의 반송 라인으로부터 분리하여 메인터넌스를 할 필요가 발생한 경우에도, 도면 중 하방(전원측)으로 인출하면, 조업 중에도 반송 중인 금속 띠판(S)을 정지·절단할 필요가 없어, 메인터넌스를 용이하게 실시할 수 있다.

[0072] 상술한 실시 형태에서는, 접속 부재(131, 132)가 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)로부터 이격되어 있지만, 본 개시는 이 구성에 한정되지 않는다. 도 8b에 나타내는 바와 같이, 접속 부재가 평면으로 보아 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)에 중첩되어 있어도 된다(일례로서 수십mm 정도 중첩되어 있어도 된다). 구체적으로는, 도체 부재(110, 120)의 위 및 아래로 접속 부재를 처리하는 피가열체의 최대관폭에 대하여 평면으로 보아 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)에 일부가 중첩되도록 배치한다. 이러한 구성으로 함으로써, 접속 부재와 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부의 접촉을 회피할 수 있다. 또한, 접속 부재의 폭 치수가 도체 부재(110, 120)보다도 폭 치수 이상이어도 된다. 이러한 구성으로 함으로써, 금속 띠판(S)이 사행되어도 금속 띠판(S)의 폭 방향 단부(SE)에 균등하게 전류를 흐르게 하는 것이 가능해진다.

[0073] 또한, 상술한 실시 형태에서는, 금속관으로서 박판인 금속 띠판(S)을 사용하였지만 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 금속관으로서 후판이나 슬래브 등의 두꺼운 금속을 사용해도 된다. 이 경우에도, 제1 실시 형태와 마찬가지로 본 개시의 효과를 얻을 수 있다. 또한, 피가열체는, 움직이고 있는 경우를 예시하였지만, 정지 상태에서도 적용할 수 있다. 도 17에는 두꺼운 금속에 본 개시의 유도 가열 장치(도 16 참조)로 전류를 흐르게 한 상태에 있어서의 두꺼운 금속 측면의 전류의 흐름을 나타내고 있다.

[0074] (가열 효과의 검증)

[0075] 도 10 및 도 11은 본 개시의 실시 형태에 있어서 금속 띠판의 폭 방향 단부를 가열하는 효과를 검증하기 위한

해석 결과를 나타내는 그래프이다. 상기에서 도 1 내지 도 3을 참조하여 설명한 바와 같은 유도 가열 장치에 대하여, 이하의 조건으로 유한 요소법에 의한 전자장 해석을 실시하고, 금속 띠판의 폭 방향 중앙부의 온도 T_c 와 폭 방향 단부의 온도 T_e 의 비, 및 폭 방향 단부의 온도(에지 온도)를 산출하였다.

- [0076] · 금속 띠판의 판폭 $W=1200\text{mm}$
- [0077] · 금속 띠판의 판 두께 $t=2\text{mm}$
- [0078] · 도체 부재의 폭 $B=200\text{mm}$
- [0079] · 교류 전류의 주파수 $f=10\text{kHz}$
- [0080] · 교류 전류의 크기 $=10\text{kA}$
- [0081] · 도체 부재 간의 거리 $L=200\text{mm}$ 내지 600mm 사이에서 가변
- [0082] · 가열 전의 금속 띠판의 온도 $T_0=0^\circ\text{C}$
- [0083] 상기의 해석에 있어서, 도체 부재 간의 거리 L 을 최소(100mm)로 한 경우, 도체 부재의 폭 B 와 거리 L 의 비 L/B 가 1이 된다. 도 10의 그래프에 나타나는 바와 같이, 비 L/B 가 1 이상인 범위에서, 금속 띠판의 폭 방향 단부의 온도 T_e 는 중앙부의 온도 T_c 를 크게 상회한다. 한편, 도 11의 그래프에 나타나는 바와 같이, 비 L/B 가 1 이상 2 이하인 범위에서는 에지 온도가 낮지만, 비 L/B 가 2를 초과하면 에지 온도가 50°C 를 초과하고, 비 L/B 가 커짐에 따라서 에지 온도가 상승한다. 비 L/B 가 2를 초과하는($L/B>2$) 것과, 거리 L 이 2개의 도체 부재의 합계 폭을 초과하는($L>2B$) 것은 등가이다. 이러한 조건 하에서, 유도 가열 장치는, 금속 띠판의 폭 방향의 단부를 효율적으로 가열할 수 있다.
- [0084] 이상, 첨부 도면을 참조하면서 본 개시의 적합한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명하였지만, 본 개시는 이들 예에 한정되지 않는다. 본 개시가 속하는 기술 분야의 당업자라면, 청구범위에 기재된 기술적 사상의 범주 내에서, 각종 변경예 또는 수정예에 상응할 수 있는 것은 명확하며, 이들에 대해서도, 당연히 본 개시의 기술적 범위에 속하는 것으로 이해된다.
- [0085] 이상의 실시 형태에 관하여, 이하의 부기를 더 개시한다.
- [0086] (부기 1)
- [0087] 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와,
- [0088] 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와,
- [0089] 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하여 1차 폐회로를 형성하는 접속 부재와,
- [0090] 상기 1차 폐회로에 접속되는 교류 전원
- [0091] 을 구비하고,
- [0092] 상기 제1 거리는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재의 상기 금속판의 통관 방향에 있어서의 치수의 합계보다도 큰, 금속판의 유도 가열 장치.
- [0093] (부기 2)
- [0094] 상기 제1 도체 부재와 상기 제2 도체 부재는, 상기 금속판의 같은 측의 면에 대향하여 배치되는, 부기 1에 기재된 유도 가열 장치.
- [0095] (부기 3)
- [0096] 상기 제1 도체 부재와 상기 제2 도체 부재는, 상기 금속판의 표면측 및 이면측에 각각 배치되는, 부기 2에 기재된 유도 가열 장치.
- [0097] (부기 4)
- [0098] 상기 제1 도체 부재, 상기 제2 도체 부재 및 상기 접속 부재에 의해 각각이 형성되는 제1 및 제2의 1차 폐회로가 상기 금속판의 통관 방향에 인접하여 배치되고,

- [0099] 상기 교류 전원은, 상기 제1 및 제2의 1차 폐회로 중 상기 금속판의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재에 동상의 교류 전류를 통전하는, 부기 1 내지 부기 3 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치.
- [0100] (부기 5)
- [0101] 상기 제1 및 제2의 1차 폐회로의 직렬 접속 및 병렬 접속을 서로 전환하는 것이 가능한 전환 회로를 더 구비하는, 부기 4에 기재된 금속판의 유도 가열 장치.
- [0102] (부기 6)
- [0103] 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 한쪽의 도체 부재의 상기 금속판과는 반대측의 면에 배치되는 자성체 코어를 더 구비하는, 부기 1 내지 부기 5 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치.
- [0104] (부기 7)
- [0105] 상기 접속 부재는, 상기 금속판의 적어도 폭 방향 편측에서, 상기 금속판의 두께 방향에 대하여 상기 금속판에 간섭하지 않도록 배치되는, 부기 1 내지 부기 6 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치.
- [0106] (부기 8)
- [0107] 상기 접속 부재는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 한쪽의 도체 부재를 상기 금속판의 통관 방향으로 이동시키는 것이 가능한 가동부를 포함하는, 부기 1 내지 부기 7 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치.
- [0108] (부기 9)
- [0109] 금속판의 산세 장치와,
- [0110] 상기 산세 장치의 전단에 배치되는 부기 1 내지 부기 8 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속판의 가공 설비.
- [0111] (부기 10)
- [0112] 금속판의 냉간 압연 장치와,
- [0114] 상기 냉간 압연 장치의 전단에 배치되는 부기 1 내지 부기 8 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속판의 가공 설비.
- [0116] (부기 11)
- [0117] 용융 금속이 부착된 금속판에 가스를 분사하는 와이핑 장치와,
- [0118] 상기 금속판에 부착된 상기 용융 금속을 가열에 의해 합금화시키는 합금화 가열 장치와,
- [0119] 상기 와이핑 장치와 상기 합금화 가열 장치 사이에 배치되는 부기 1 내지 부기 8 중 어느 한 항에 기재된 금속판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속판의 가공 설비.
- [0120] (부기 12)
- [0122] 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와, 상기 금속판의 표면 및 이면 중 적어도 한쪽의 면에 대향하고, 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 또한 상기 금속판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하는 접속 부재에 의해 형성되는 1차 폐회로에 대하여 교류 전류를 통전하는 공정과,
- [0123] 상기 금속판에 있어서, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재에 각각 대향하는 영역에서 발생하는 유도 전류에 의해 형성되는 2차 폐회로가 상기 금속판의 폭 방향 단부를 통과함으로써 상기 금속판의 폭 방향 단부를 유도 가열하는 공정
- [0124] 을 포함하는, 금속판의 유도 가열 방법.

- [0125] (부기 13)
- [0126] 금속 띠판의 표면 또는 이면에 대향하고, 또한 상기 금속 띠판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와,
- [0127] 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속 띠판의 통관 방향으로 제1 거리만큼 이격되어 위치하고, 상기 금속 띠판의 표면 또는 이면에 대향하고, 또한 상기 금속 띠판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와,
- [0128] 상기 금속 띠판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하여 1차 폐회로를 형성하는 접속 부재와,
- [0129] 상기 1차 폐회로에 접속되는 교류 전원
- [0130] 을 구비하고,
- [0131] 상기 제1 거리는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재의 상기 금속 띠판의 통관 방향에 있어서의 치수의 합계보다도 큰, 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0132] (부기 14)
- [0133] 상기 제1 도체 부재, 상기 제2 도체 부재 및 상기 접속 부재에 의해 각각이 형성되는 제1 및 제2의 1차 폐회로가 상기 금속 띠판의 통관 방향에 인접하여 배치되고,
- [0134] 상기 교류 전원은, 상기 제1 및 제2의 1차 폐회로 중 상기 금속 띠판의 통관 방향에서 인접하는 도체 부재에 동상의 교류 전류를 통전하는, 부기 13에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0135] (부기 15)
- [0136] 상기 제1 및 제2의 1차 폐회로의 직렬 접속 및 병렬 접속을 서로 전환하는 것이 가능한 전환 회로를 더 구비하는, 부기 14에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0137] (부기 16)
- [0138] 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 어느 것의 상기 금속 띠판과는 반대측의 면에 배치되는 자성체 코어를 더 구비하는, 부기 13 내지 부기 15 중 어느 한 항에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0139] (부기 17)
- [0140] 상기 접속 부재는, 상기 금속 띠판의 적어도 폭 방향 편측에서, 상기 금속 띠판의 두께 방향에 대하여 상기 금속 띠판에 간섭하지 않도록 배치되는, 부기 13 내지 부기 16 중 어느 한 항에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0141] (부기 18)
- [0142] 상기 접속 부재는, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재 중 적어도 어느 것을 상기 금속 띠판의 통관 방향으로 이동시키는 것이 가능한 가동부를 포함하는, 부기 13 내지 부기 17 중 어느 한 항에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치.
- [0143] (부기 19)
- [0144] 금속 띠판의 산세 장치와,
- [0145] 상기 산세 장치의 전단에 배치되는 부기 13 내지 부기 18 중 어느 한 항에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속 띠판의 가공 설비.
- [0147] (부기 20)
- [0148] 금속 띠판의 냉간 압연 장치와,
- [0149] 상기 냉간 압연 장치의 전단에 배치되는 부기 13 내지 부기 18 중 어느 한 항에 기재된 금속 띠판의 유도 가열 장치를 포함하는, 금속 띠판의 가공 설비.

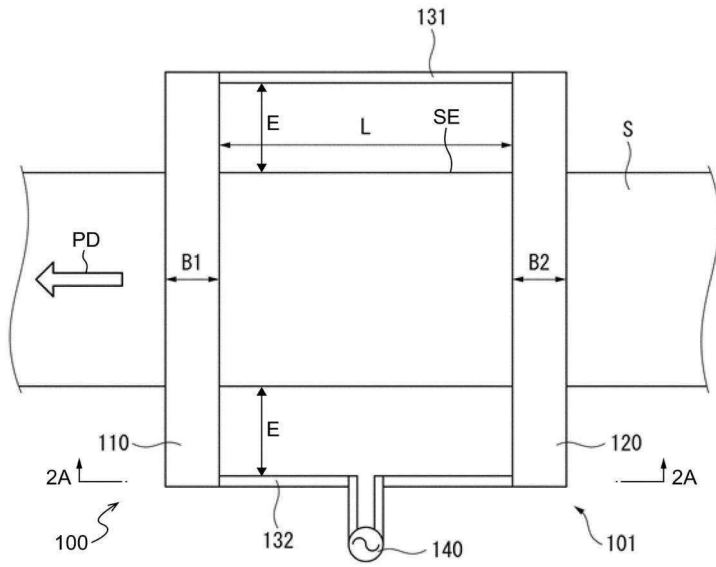
- [0151] (부기 21)
- [0152] 금속 띠판의 표면 또는 이면에 대향하고, 또한 상기 금속 띠판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제1 도체 부재와, 상기 금속 띠판의 표면 또는 이면에 대향하고, 상기 제1 도체 부재로부터 상기 금속 띠판의 통방향으로 제1 거리만큼 이격되고, 또한 상기 금속 띠판을 폭 방향으로 횡단하여 배치되는 제2 도체 부재와, 상기 금속 띠판의 폭 방향 단부로부터 이격된 위치에서 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재를 서로 접속하는 접속 부재에 의해 형성되는 1차 폐회로에 교류 전류를 통전하는 공정과,
- [0153] 상기 금속 띠판에 있어서, 상기 제1 도체 부재 및 상기 제2 도체 부재에 각각 대향하는 영역에서 발생하는 유도 전류에 의해 형성되는 2차 폐회로가 상기 금속 띠판의 폭 방향 단부를 통과함으로써 상기 금속 띠판의 폭 방향 단부를 유도 가열하는 공정
- [0154] 을 포함하는, 금속 띠판의 유도 가열 방법.
- [0155] 상기의 구성에 의하면, 금속 띠판의 폭 방향의 전체가 가열되는 것은 도체 부재 아래(또는 위)를 통과하는 동안만이며, 도체 부재의 사이에서는 가열 범위가 금속 띠판의 폭 방향 단부에 한정된다. 이에 의해, 금속 띠판의 폭 방향의 단부를 효율적으로 가열하여, 금속 띠판의 단부 균열을 방지할 수 있다. 또한, 유도 코일과 피가열체의 간격을 비교적 넓게 확보할 수 있기 때문에, 피가열체의 변형이나 사행 등에도 부가적 설비 없이 용이하게 대응할 수 있다.

부호의 설명

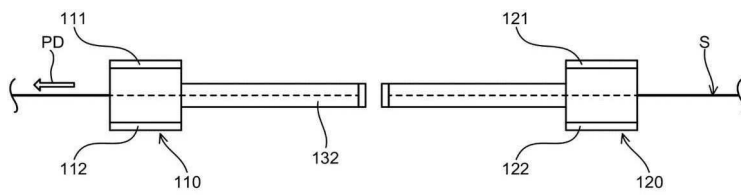
- [0156] 100, 200, 400: 유도 가열 장치
- 101, 101A, 101B: 1차 폐회로
- 102: 2차 폐회로
- 110, 110A, 110B, 120, 120A, 120B: 도체 부재
- 131, 131A, 131B, 132, 232A, 232B, 232C, 232D, 431: 접속 부재
- 140, 240: 교류 전원
- 351, 352, 361, 362, 371, 372: 자성체 코어
- 500: 산세 장치
- 510: 냉간 압연 장치
- 522: 와이핑 장치
- 524: 합금화 가열 장치
- S: 금속 띠판

도면

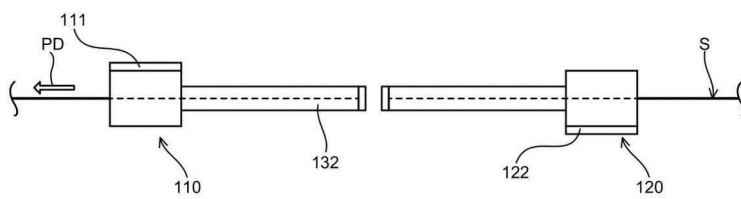
도면1



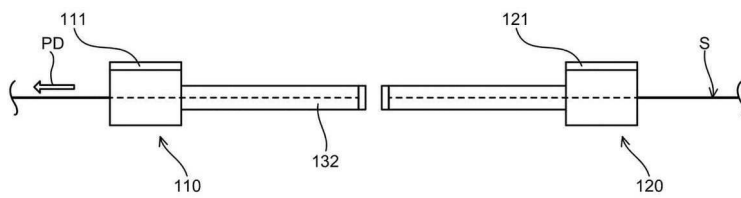
도면2a



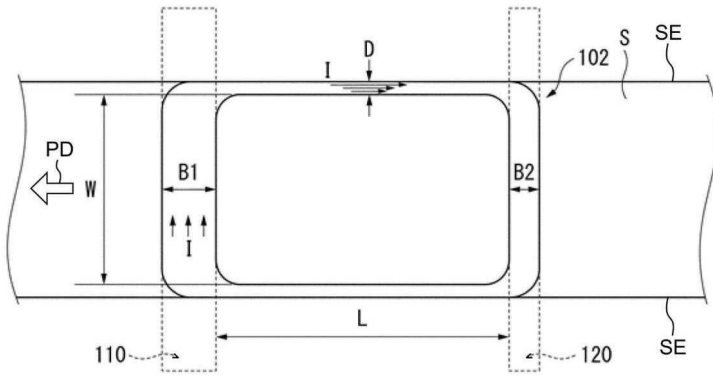
도면2b



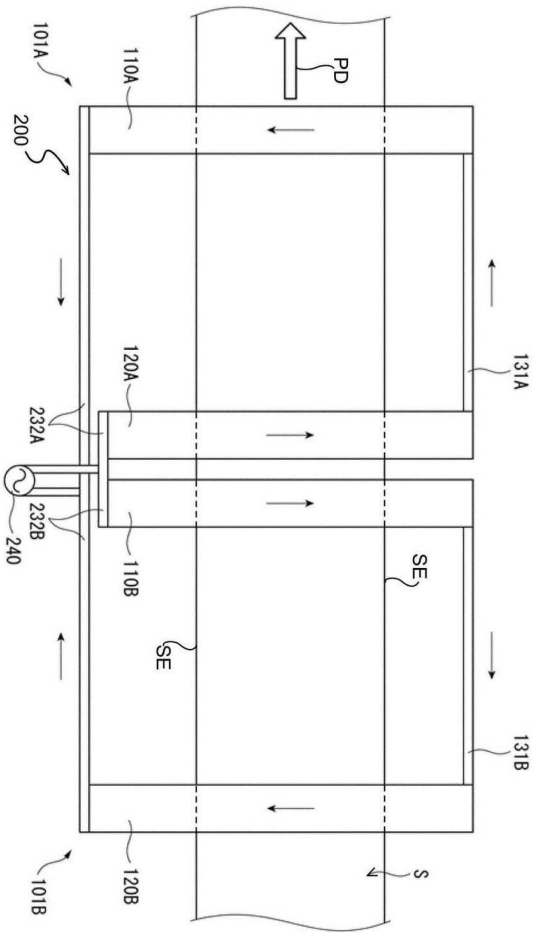
도면2c



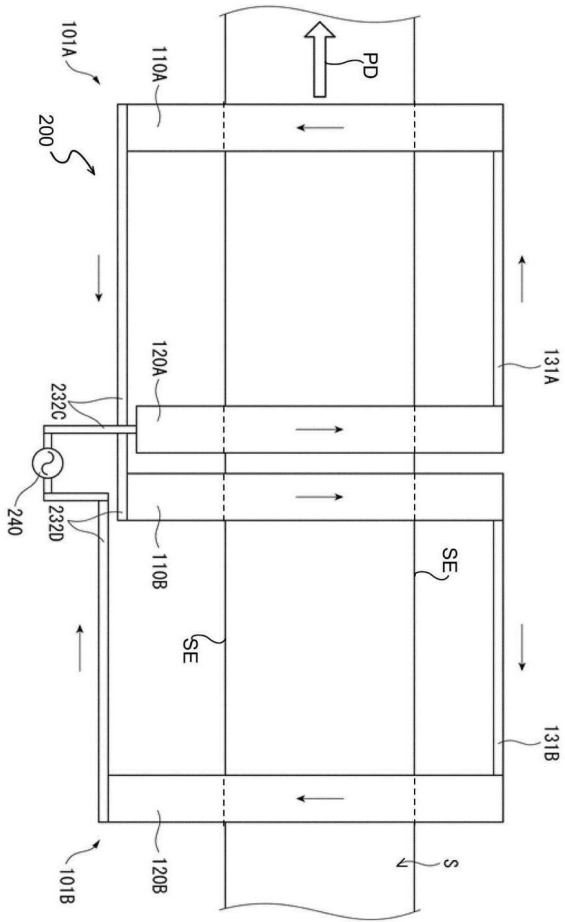
도면3



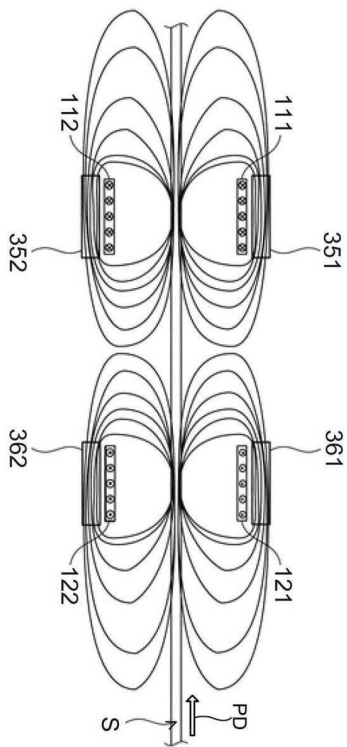
도면4



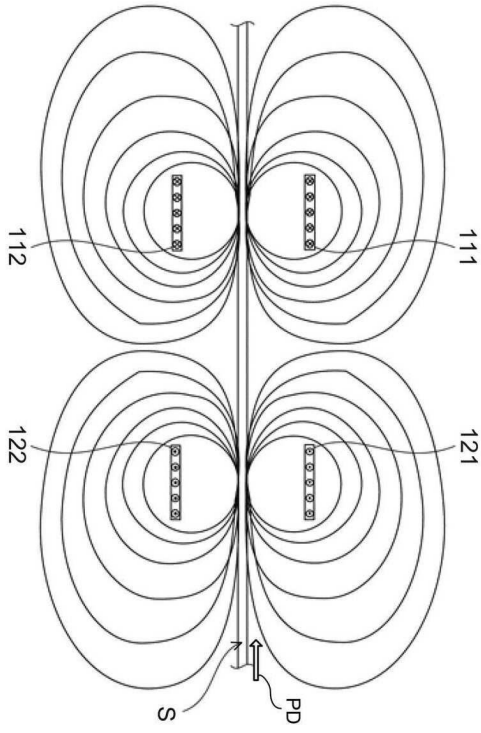
도면5



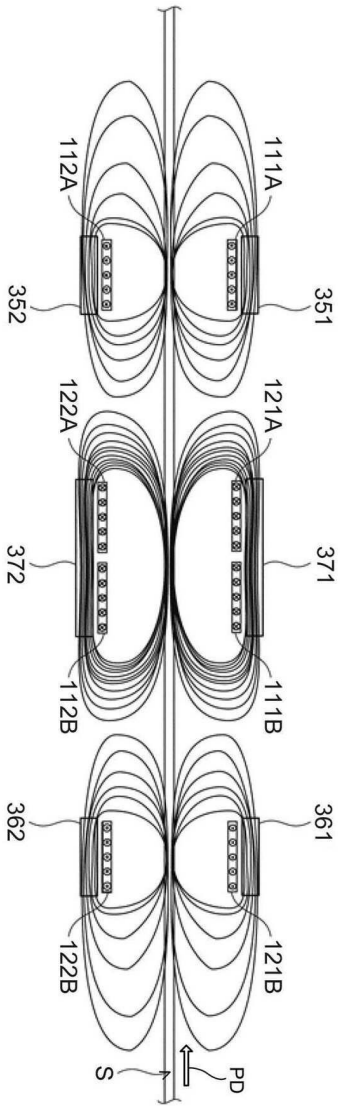
도면6a



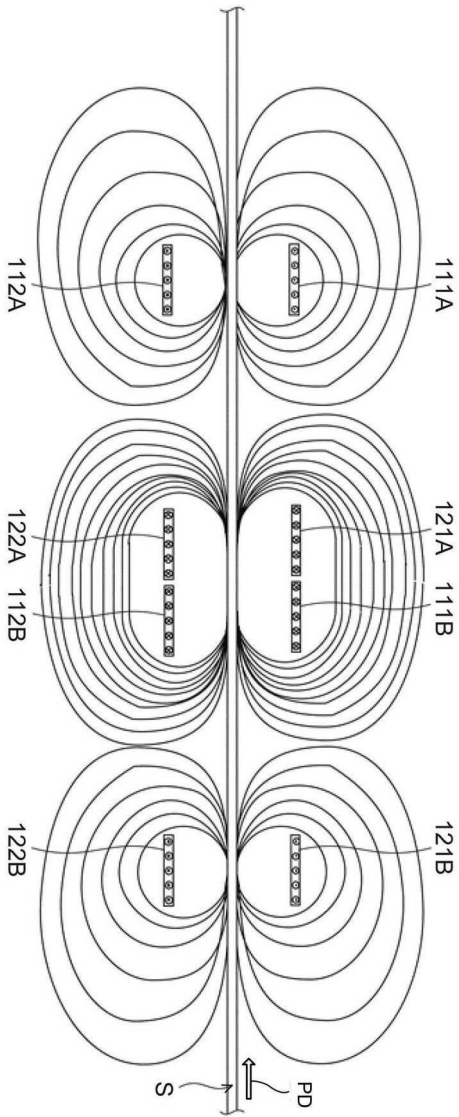
도면6b



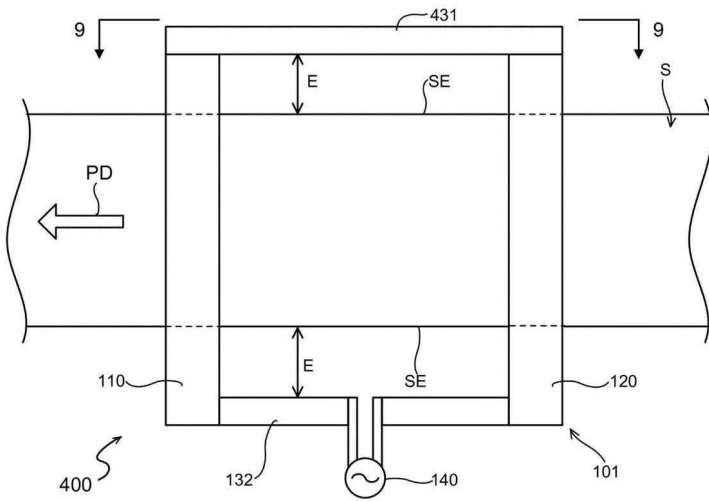
도면7a



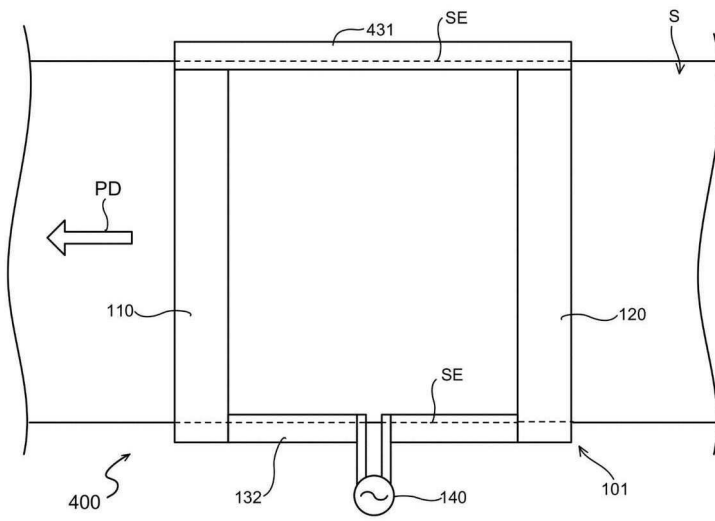
도면7b



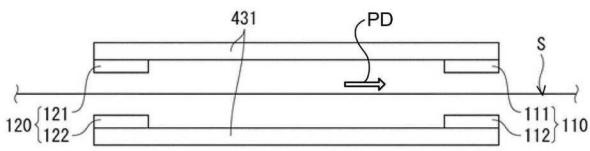
도면8a



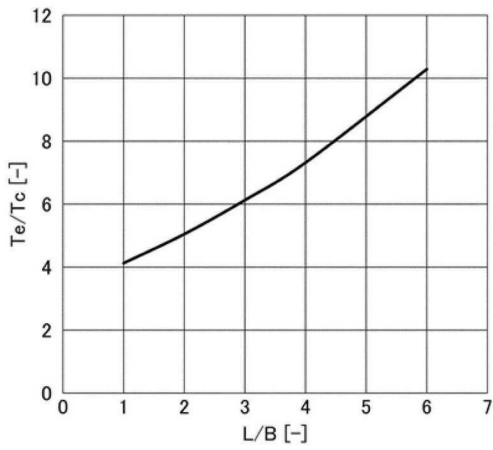
도면8b



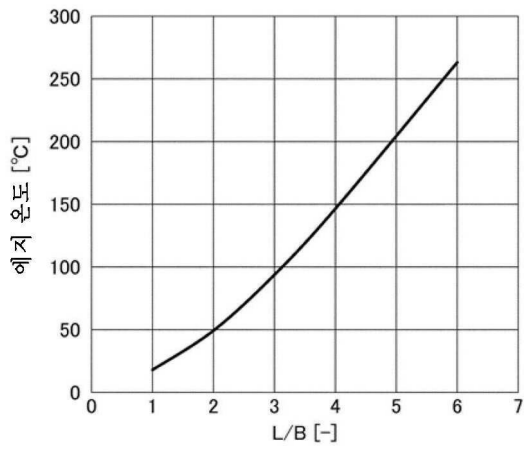
도면9



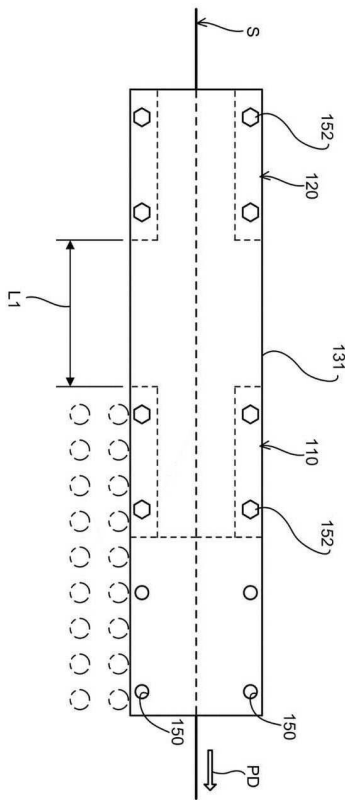
도면10



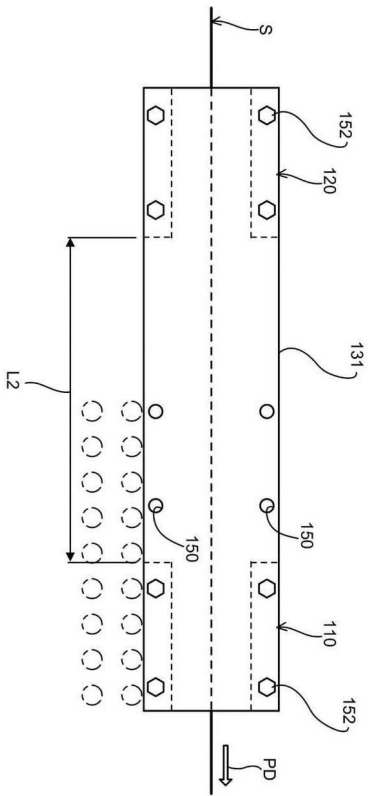
도면11



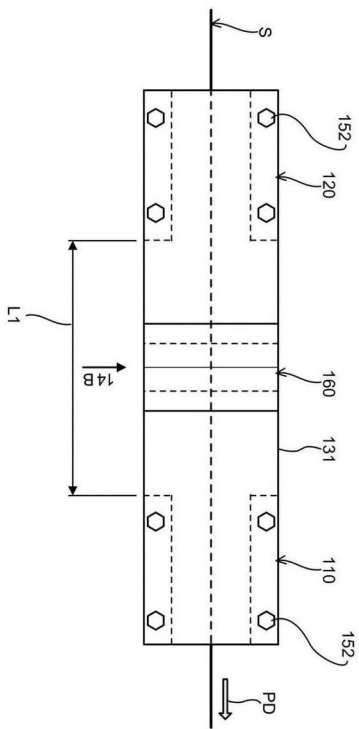
도면12



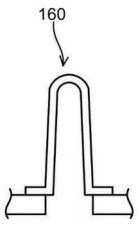
도면13



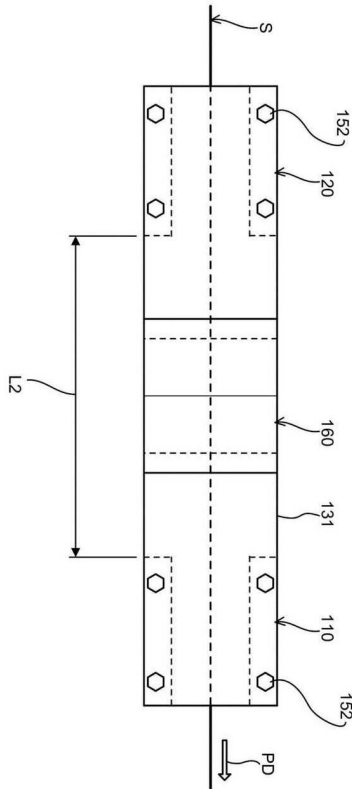
도면14a



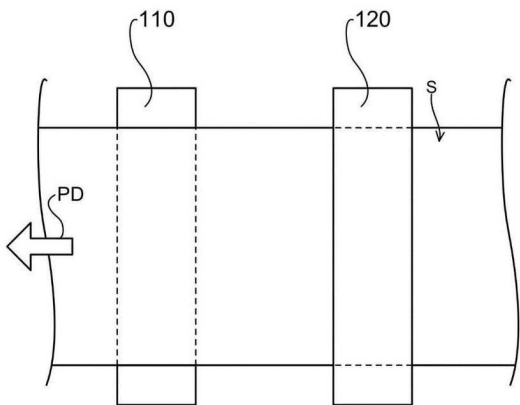
도면14b



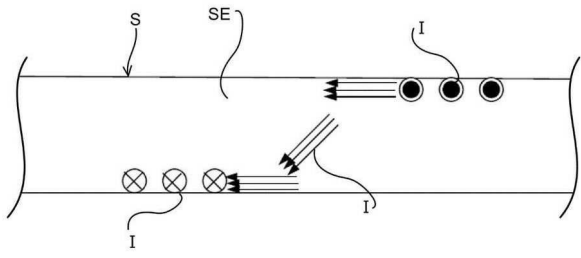
도면15



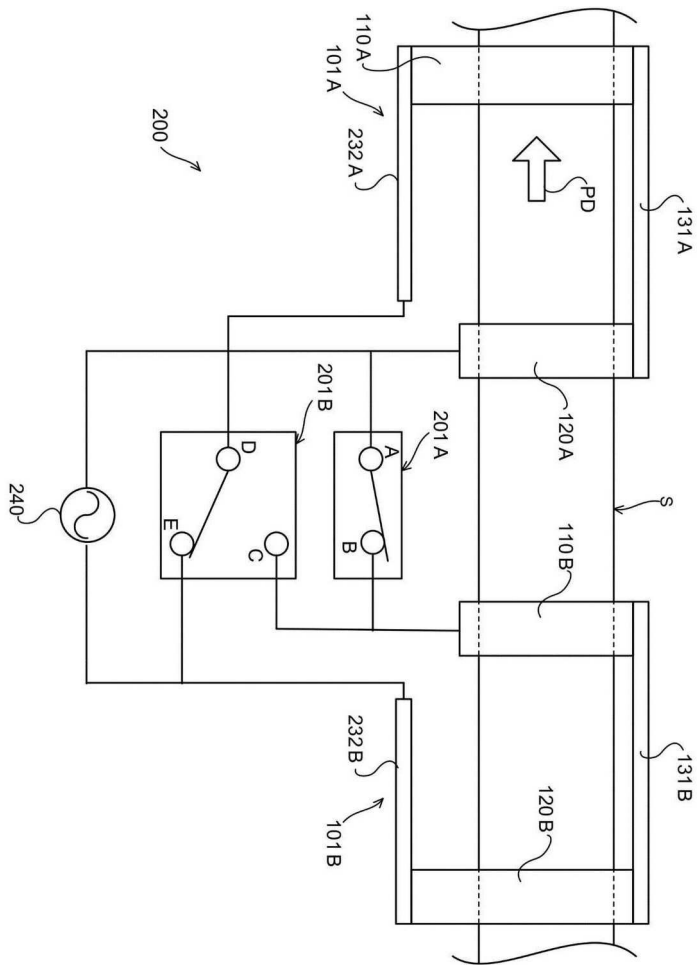
도면16



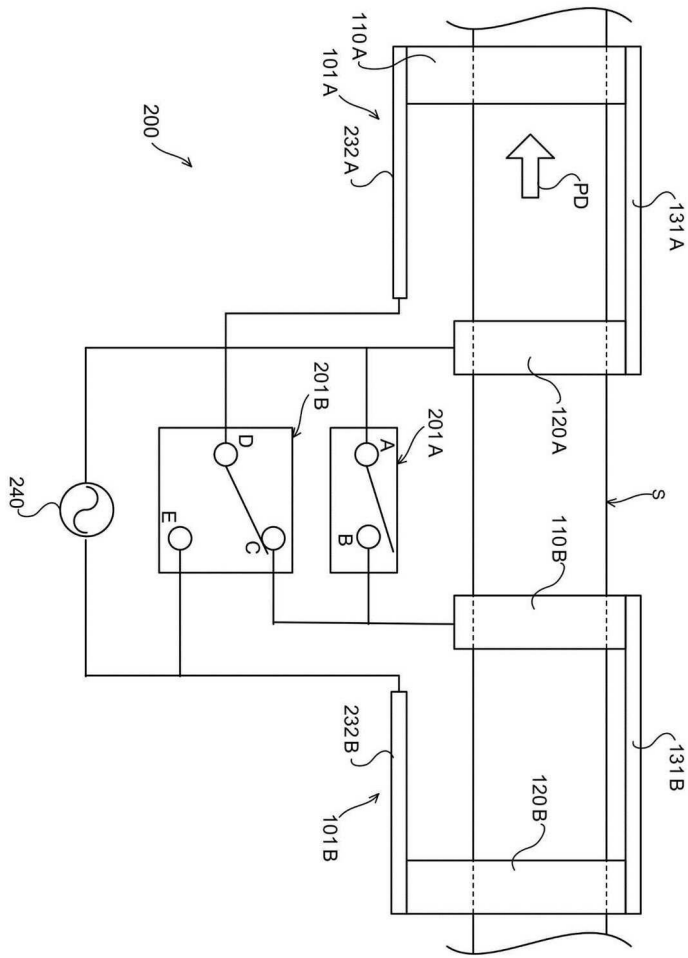
도면17



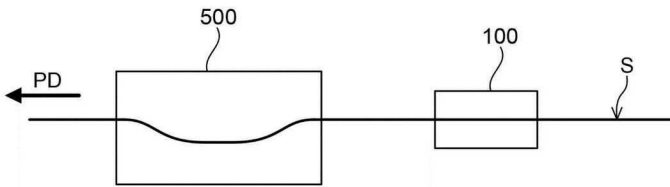
도면18



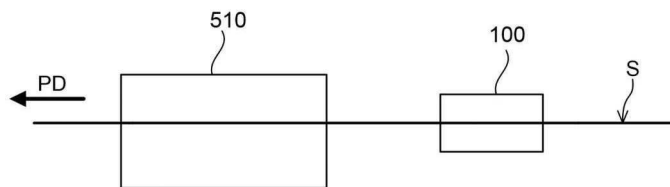
도면19



도면20



도면21



도면22

