



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년03월03일  
 (11) 등록번호 10-1711853  
 (24) 등록일자 2017년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B23K 26/364 (2014.01) B23K 26/064 (2014.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0188976  
 (22) 출원일자 2014년12월24일  
 심사청구일자 2014년12월24일  
 (65) 공개번호 10-2016-0078151  
 (43) 공개일자 2016년07월04일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020130128214 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 주식회사 포스코  
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
 (72) 발명자  
 권오열  
 경북 포항시 남구 새천년대로 306, 105동 2103호  
 (효자동, 에스케이뷰아파트)  
 박현철  
 전남 순천시 비봉길 14-7, 303호 (조례동, 대한민국)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 4 항

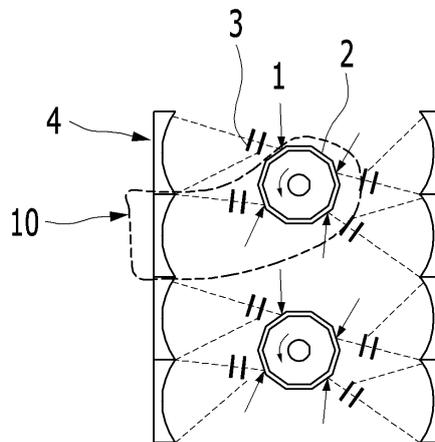
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 **강판 표면 홈 형성 방법 및 그 장치**

**(57) 요약**

강판 표면 홈 형성 방법 및 그 장치를 제공한다. 본 발명에 따르면, 레이저 조사로 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 표면에 형성하기 위하여, 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔이 주사 미러에 조사되고 상기 주사 미러를 통과한 후 상기 강판 표면에 조사되는 경우에 1개의 주사 미러를 2개 이상의 레이저 빔과 공유함으로써 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전(후) 철손 개선 특성을 갖는다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김재경**

경북 포항시 남구 지곡로 294, 221동 301호(지곡동, 효자그린아파트)

**이원결**

경북 포항시 북구 우창동로 71, 101동 1302호(우현동, 풍림아이원아파트)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

레이저 조사로 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 표면에 형성하기 위하여, 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔이 주사 미러에 조사되고 상기 주사 미러를 통과한 후 상기 강판 표면에 조사되는 경우에 1개의 주사 미러를 2개 이상의 레이저 빔과 공유함으로써 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전 및 열처리 후의 철손 개선 특성을 갖고,

상기 주사 미러에 조사된 레이저 빔은 집광 미러에 집광된 후 상기 강판 표면에 조사되고,

상기 주사 미러에 조사된 레이저 빔은 2개 이하의 형상 미러에 입사된 후 상기 형상 미러를 통하여 집광 미러에 집광되어 상기 강판 표면에 조사되고,

상기 주사 미러를 통한 레이저 빔의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 1개의 주사 미러를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유하고,

상기 주사 미러를 통한 상기 레이저 빔의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러 및 1개의 집광 미러로 구성되는 강판 표면 홈 형성 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 주사 미러는 2개 이상의 레이저 빔과 공유될 수 있는 4개 이상의 레이저 빔 입사면을 갖는 강판 표면 홈 형성 방법.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

레이저 조사로 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 표면에 형성 시 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전 및 열처리 후의 철손 개선 특성을 가질 수 있도록 하기 위하여,

다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔이 조사되고, 2개 이상의 레이저 빔과 공유하는 회전 주사 미러(scan mirror)를 포함하고,

상기 주사 미러에서 반사되는 레이저 빔을 집광하여 강판 표면에 조사하기 위한 집광 미러(focusing mirror)를 포함하고,

상기 주사 미러에서 반사되는 레이저 빔이 입사되고, 상기 입사된 레이저 빔을 상기 집광 미러에 반사하는 형상 미러(shaping mirror)를 포함하고,

상기 주사 미러를 통한 레이저 빔의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 1개의 주사 미러를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유하고,

상기 주사 미러를 통한 상기 레이저 빔의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러 및 1개의 집광 미러로 구성되는 강판 표면 홈 형성 장치.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제7항에 있어서,

상기 주사 미러는 2개 이상의 레이저 빔과 공유될 수 있는 4개 이상의 레이저 빔 입사면을 갖는 다면체 형태로 형성되는 강판 표면 홈 형성 장치.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 강판 표면 홈 형성 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 발진 방식 및 빔 모드에 관계 없이 레이저 조사로 강판 표면에 홈을 형성시킴으로써 열처리에 관계없이 철손 개선 효과를 개선할 수 있기 때문에 1차 재결정 전, 후의 방향성 전기강판 공정에 적용 가능한 철손 개선율을 극대화할 수 있는 강판 표면 홈 형성 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 예컨대, 방향성 전기강판은 압연방향으로 <001> 자화용이축을 갖는 집합조직을 발달시킴으로써 압연방향으로 장을 선택적으로 유기하고자 하는 변압기 등의 전기기기의 에너지 변환용 철심재료로 널리 사용되고 있다.

[0003] 일반적으로, 방향성 전기강판은 열연, 냉연과 소둔공정을 통해 압연방향으로 {110}<001> 방향으로 배향된 집합 조직(일명 “Goss Texture” 라고도 함)을 갖고 있는 재료를 말한다. 이러한 방향성 전기강판에 있어서 {110}<001> 방향은 철의 자화용이축 방향으로 배향된 정도가 높을수록 자기적 특성이 우수하다.

[0004] 자구미세화 방법은 방향성 전기강판의 자기적 특성을 향상시키기 위해 사용되는 기술이며, 자구미세화 방법으로는 응력제거 소둔 후에도 자구미세화 개선효과 유지 유/무에 따라 일시 자구미세화와 영구 자구미세화로 구분할 수 있다.

[0005] 열처리 후에도 철손 개선 효과를 유지할 수 있는 영구 자구미세화법은 에칭법, 롤법 및 레이저법으로 구분할 수 있다. 에칭법은 용액 내에서 산용액에서 전기화학적 부식반응에 의해 강판 표면에 홈을 형성시키기 때문에 홈 형상 제어가 어렵고, 강판을 생산하는 중간공정(탈탄소둔, 고온소둔 전)에서 홈을 형성시키기 때문에 최종 제품의 철손 특성의 보증이 어려우며 산용액을 사용하기 때문에 환경 친화적이지도 못하며 강판 표면의 적정 홈 깊이를 형성하기 위해서는 고속으로 홈을 형성시키기 어려운 단점을 갖고 있다.

[0006] 롤에 의한 영구 자구미세화 방법은 롤에 돌기 모양을 가공하여 가압법에 의해 강판의 표면에 일정한 폭과 깊이를 갖는 홈을 형성하는 자구미세화 기술로 기계 가공에 대한 안정성, 두께에 따른 안정적인 철손을 확보하기에 어려우며 홈 형성프로세스가 복잡한 단점을 갖고 있다.

[0007] 레이저 조사에 의한 홈 형성 영구 자구미세화 방법은 열처리 전 자구미세화 효과를 확보할 수 없을 뿐 아니라, 자구미세화 후 자속밀도가 열화되는 단점을 갖고 있다.

[0008] 그러나, 에칭 및 톨법에 비해 단색광의 레이저 빔을 이용하는 레이저법은 비교적 낮은 강관의 라인 스피드(Line Speed)에서 상대적으로 안정적인 홈을 형성시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. 하지만, 고속의 라인 스피드(Line Speed)로 이동하는 강관 표면에 홈을 형성하기 위해 고출력의 레이저를 필요로 하는 경우, 미러의 열적 안정성을 고려한 광학계 설계 및 미러 구성 단순화를 통한 광학계 구성방법에 대한 해결책은 제시하지 못하고 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 발진 방식 및 빔 모드에 관계없이 레이저 조사로 강관 표면에 홈을 형성시킴으로써 열처리에 관계없이 철손 개선 효과를 개선할 수 있기 때문에 1차 재결정 전, 후의 방향성 전기강관 공정에 적용 가능한 철손 개선율을 극대화할 수 있는 강관 표면 홈 형성 방법 및 그 장치를 제공하고자 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 레이저 조사로 강관 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강관 표면에 형성하기 위하여, 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔이 주사 미러에 조사되고 상기 주사 미러를 통과한 후 상기 강관 표면에 조사되는 경우에 1개의 주사 미러를 2개 이상의 레이저 빔과 공유함으로써 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전(후) 철손 개선 특성을 갖는 강관 표면 홈 형성 방법이 제공될 수 있다.

[0011] 상기 주사 미러는 레이저 빔이 입사될 수 있는 4개 이상의 입사면을 가질 수 있다.

[0012] 상기 주사 미러에 조사된 레이저 빔은 집광 미러에 집광된 후 상기 강관 표면에 조사될 수 있다.

[0013] 상기 주사 미러에 조사된 레이저 빔은 2개 이하의 형상 미러에 입사된 후 상기 형상 미러를 통하여 집광 미러에 집광되어 상기 강관 표면에 조사될 수 있다.

[0014] 상기 주사 미러를 통한 레이저 빔의 조사에 의하여 강관 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 1개의 주사 미러를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유할 수 있다.

[0015] 상기 주사 미러를 통한 상기 레이저 빔의 조사에 의하여 강관 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러 및 1개의 집광 미러로 구성될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 구현예에 따르면, 레이저 조사로 강관 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강관 표면에 형성 시 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전(후) 철손 개선 특성을 가질 수 있도록 하기 위하여,

[0017] 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔이 조사되고, 2개 이상의 레이저 빔과 공유하는 회전 주사 미러(scan mirror)를 포함하는 강관 표면 홈 형성 장치가 제공될 수 있다.

[0018] 상기 주사 미러에서 반사되는 레이저 빔을 집광하여 강관 표면에 조사하기 위한 집광 미러(focusing mirror)를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 주사 미러에서 반사되는 레이저 빔이 입사되고, 상기 입사된 레이저 빔을 상기 집광 미러에 반사하는 2개 이하의 형상 미러(shaping mirror)를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 주사 미러는 레이저 빔이 입사될 수 있는 4개 이상의 입사면을 갖는 다면체 형태로 형성될 수 있다.

[0021] 상기 주사 미러를 통한 레이저 빔의 조사에 의하여 강관 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 1개의 주사 미러를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유할 수 있다.

[0022] 상기 주사 미러를 통한 상기 레이저 빔의 조사에 의하여 강관 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러 및 1개의 집광 미러로 구성될 수 있다.

**발명의 효과**

[0023] 본 발명의 구현예에 따르면, 0.33m/s 이상으로 이동하는 전기강판 표면에 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 압연방향에 대해  $\pm 82^{\circ} \sim \pm 98^{\circ}$  로 3~8개 부분으로 나뉘어진 선상의 홈을 형성시키면서 홈에 의해 1, 2차 재결정 형성에 영향을 미치지 않고 열처리 전/후 10% 이상의 철손 개선 효과 특성을 갖는 저철손 고자속밀도 방향성 전기강판 자구미세화 제품을 제조하는 것이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0024] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치의 개략적인 구성도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치의 광학계의 개략적인 구성도이다.  
 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치에 따라 강판 표면에 형성된 선상 홈을 나타낸 도면이다.  
 도 4는 도 3의 강판 표면에 형성된 선상 홈의 연속적인 홈 모양을 확대한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0025] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 구현예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 구현예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

[0026] 이하에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 구현예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 “포함하는”의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0027] 이하에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0028] 본 발명은 레이저 조사로 강판 표면에 홈을 형성함으로써 철손 개선율을 극대화 하고자 하는 자구미세화 방법에서 20mpm 이상의 고속 Line Speed에서 고풍력 레이저에 조사 시 판 폭 방향으로 안정적인 홈을 형성시키고, 광학계와 관련한 유지/보수 비용을 최소화 하기 위해서는,

[0029] 첫째, 고속의 라인 스피드(line speed)에서 열적 안정성이 우수한 주사 미러를 적용하는 것이 바람직하다. 강판 진행 속도에 관계 없이 판 표면에 동일한 에너지 밀도로 레이저를 조사할 경우, 주사 미러의 열적 안정성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다.

[0030] 둘째, 주사 미러 개수를 최소화하면서 고속의 라인 스피드에 대응하는 것이 필요하다. 일반적으로 고속의 라인 스피드에 대응하기 위해서는 주사 미러 개수를 증가시켜 주사 폭을 감소시키는 것이 널리 사용되는 접근법이나, 주사 미러를 포함한 광학계 가공비용 및 운영비용을 최소화하기 위해서는 주사 미러의 개수를 최소화 시키는 것이 필요하다. 주사 미러에 조사하는 강판의 폭이 증가하게 되면, 폭 증가에 따라 주사하는 주사미러 개수도 증대될 수 밖에 없다.

[0031] 따라서, 레이저 발전기에서 강판에 이르는 레이저 빔의 전송 경로를 최소화 시키면서 고속화 주사를 함으로써 고속의 라인 스피드로 이동하는 판에 홈을 형성시키는 것이 가능하게 된다.

[0032] 셋째, 주사 미러를 수개의 발전기가 공유함으로써 판 표면에 형성되는 홈의 깊이를 극대화 할 수 있다. 20mpm 이상의 속도로 이동하는 강판 표면에 형성되는 홈은 판 두께의 약 10% 이내 깊이로 형성되는 것이 바람직하며, 강판 이동 속도에 관계없이 동일한 홈 깊이를 판 표면에 형성시키기 위해서는 판 속도 증가에 따라 레이저 출력을 증가시키는 것이 합리적이다.

- [0033] 그러나, 레이저 출력 증가 시 표면에 형성되는 홈 주위의 열영향이 증가하기 때문에 홈 형성후 재결정에 열영향을 미치기 때문에 2차 재결정이 불완전하게 형성됨으로써 철손 및 자속밀도 특성이 열화될 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 관 표면 홈 형성이 낮은 출력의 레이저에 의해서 1차 홈을 형성시키고, 2차 홈을 형성시킴으로써 홈을 형성시키기 위한 레이저의 출력 제한을 완화시킬 수 있고 홈 주위의 열영향을 최소화 할 수 있다.
- [0034] 본 발명은 20mpm 이상의 고속으로 이동하는 폭 900mm 이상의 전기강판 표면에 강판 두께의 10% 이하 깊이 홈을 강판 압연(길이)방향에 대해  $\pm 82^{\circ} \sim \pm 98^{\circ}$  로 홈을 형성시킴으로써 전기강판의 철손을 개선시키는 것이다.
- [0035] 물론, 홈을 형성함에 있어 대상재를 전기강판에 국한할 필요는 없다. 홈 형성 대상재로는 전기강판 외에, 강재, 목재, 플라스틱(Plastic), 웨이퍼(Wafer), 글래스(Glass) 및 세라믹 재료 등을 모두 포함할 수 있다. 이하에서는 홈을 형성하는 대상재로서 전기강판을 예로 들어 설명한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치의 개략적인 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치의 광학계의 개략적인 구성도이며, 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치에 따라 강판 표면에 형성된 선상 홈을 나타낸 도면이고, 도 4는 도 3의 강판 표면에 형성된 선상 홈의 연속적인 홈 모양을 확대한 도면이다.
- [0037] 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 방법은, 레이저 조사로 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 표면에 형성하기 위하여, 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔(1)이 주사 미러(2)에 조사되고 상기 주사 미러(2)를 통과한 후 상기 강판 표면에 조사되는 경우에, 1개의 주사 미러(2)를 2개 이상의 레이저 빔(1)과 공유함으로써 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전(후) 철손 개선 특성을 가질 수 있다.
- [0038] 1개의 주사 미러(2)를 2개 이상의 레이저 빔(1)과 공유하며, 바람직하게는 2개 내지 6개의 레이저 빔과 공유할 수 있다.
- [0039] 상기 주사 미러(2)는 2개 이상의 레이저 빔(1)과 공유할 수 있도록 2개 이상의 레이저 빔이 입사될 수 있는 4개 이상의 레이저 빔 입사면을 갖는 다면체 형태로 형성될 수 있다.
- [0040] 상기 주사 미러(2)에 조사된 레이저 빔(1)은 집광 미러(4)에 집광된 후 상기 강판 표면에 조사될 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 주사 미러(2)에 조사된 레이저 빔(1)은 2개 이하의 형상 미러(3)에 입사되고 상기 형상 미러(3)를 통과한 후 집광 미러(4)에 집광되어 상기 강판 표면에 조사될 수 있다.
- [0042] 상기 주사 미러(2)를 통한 레이저 빔(1)의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 1개의 주사 미러(2)를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유할 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 주사 미러(2)를 통한 상기 레이저 빔(1)의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러(3) 및 1개의 집광 미러(4)로 구성될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 장치는, 레이저 조사로 강판 두께의 10% 이하의 홈 깊이를 강판 표면에 형성 시 20mpm 이상의 고속의 라인 스피드(line speed)에서 홈 부의 열영향을 최소화시켜 열처리 전(후) 철손 개선 특성을 가질 수 있도록 하기 위하여, 다수개의 레이저 발진기로부터 레이저 빔(1)이 조사되고, 2개 이상의 레이저 빔과 공유하는 회전 주사 미러(scan mirror)(1)를 포함할 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 주사 미러(2)에서 반사되는 레이저 빔(1)을 집광하여 강판 표면에 조사하기 위한 집광 미러(focusing mirror)(4)를 포함할 수 있다.
- [0046] 또한, 상기 주사 미러(2)에서 반사되는 레이저 빔(1)이 입사되고, 상기 입사된 레이저 빔(1)을 상기 집광 미러(4)에 반사하는 2개 이하의 형상 미러(shaping mirror)(3)를 포함할 수 있다.
- [0047] 그러나, 즉, 최종 레이저 빔(1)의 형상 변경 시 도 2의 형상 미러(3)를 생략할 수 있다.
- [0048] 1개의 회전 주사 미러(2)를 2개 이상의 레이저 빔(1)과 공유하며, 바람직하게는 2개 내지 6개의 레이저 빔과 공유할 수 있다.
- [0049] 상기 주사 미러(2)는 2개 이상의 레이저 빔(1)과 공유할 수 있도록 2개 이상의 레이저 빔이 입사될 수 있는 4개 이상의 레이저 빔 입사면을 갖는 다면체 형태로 형성될 수 있다.
- [0050] 상기 주사 미러(2)를 통한 레이저 빔(1)의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에

있어서, 1개의 주사 미러(2)를 2개 이상 4개 이하의 레이저 빔이 공유할 수 있다.

[0051] 또한, 상기 주사 미러(2)를 통한 상기 레이저 빔(1)의 조사에 의하여 강판 표면에 1개의 조사선으로 선상 홈을 형성시킴에 있어서, 2개 이하의 형상 미러(3) 및 1개의 집광 미러(4)로 구성될 수 있다.

[0052] 이하에서, 도 1 내지 도 4를 참조하여, 본 발명의 일 구현예에 따른 강판 표면 홈 형성 방법 및 그 장치의 작동에 대해서 설명한다.

[0053] 도 1에서와 같이 주사 미러(1)의 입사면에 레이저 발진기로부터 조사되는 레이저 빔(1)이 입사되기 때문에 주사 미러(2) 1개로 예컨대, 주사 미러 4개를 적용한 효과를 얻을 수 있다.

[0054] 도 2는 도 1에서 나타낸 레이저 발진기로부터 조사되는 레이저 빔 1개에 대한 광학계 구성(도 1의 10)을 개략적으로 나타낸 것이다. 레이저 발진기로부터 조사되는 레이저 빔(1)은 주사 미러(2), 형상 미러(3), 및 집광 미러(4)를 거쳐 레이저 빔(1)의 모양을 변형시킴으로써, 도 3의 강판 표면에 4주기 이상의 연속적인 선상 홈(도 3의 5)을 형성 시키게 된다.

[0055] 도 3에서와 같이 한 개의 주사 미러(2)에서 조사된 선상 홈은 거의 일직선상으로 나타남으로써 마치 2개의 주사 미러(2)에서 조사된 것과 같은 선상 홈을 강판에 형성시키게 된다.

[0056] 따라서, 강판 표면에 나타나는 구분된 선상 홈은 도 3에서와 같이 크기는 2개로만 분리된 것 같이 나타나게 된다. 또한, 필요에 따라서는 주사 미러(2)에 입사하는 레이저 빔의 위치와 개수를 선별적으로 선택할 수도 있다.

[0057] 도 4는 도3의 강판 표면에 형성된 선상 홈의 연속적인 홈 모양을 확대해서 표현한 것이다. 도 4에서 선상 홈과 선상 홈 사이의 거리로 명명되는 조사간격 (Ds)은 두 가지 방법으로 홈을 형성시킬 수 있다.

[0058] 첫째, 도 1의 주사 미러(2)를 중심으로 좌상단과 우상단의 조사빔에 의한 선상 홈이 서로 동일 선상에 나타나도록 하는 것이다. 따라서, 저출력의 레이저를 이용하여 선상 홈의 깊이를 보다 깊게 형성시킬 수 있으며 홈 부에서 발생하는 열영향을 최소화 할 수 있다. 즉, 20mpm 속도로 이동하는 예컨대, 0.23mm 두께의 방향성 전기강판 표면에 약 15 $\mu$ m 깊이의 홈을 형성하기 위해 필요한 레이저 에너지 밀도가 1.2J/mm<sup>2</sup> 인 경우, 필요한 레이저의 출력은 900W 이지만, 일차 선상 홈이 형성된 면에 다시 선상 홈을 형성하여 최종 홈 깊이 15 $\mu$ m을 형성시키기 위해서 필요한 각각의 레이저 출력은 450W로 홈 부의 열영향을 최소화 할 수 있다. 강판 표면에 형성되는 홈 부의 열영향은 레이저 출력에 비례하기 때문에 레이저 출력이 감소하면 홈 부 주변의 열영향은 감소하게 된다.

[0059] 둘째, 도 1의 주사 미러(2)를 중심의 좌상단과 우상단의 조사빔에 의한 선상 홈이 서로 교차되도록 하는 것이다. 선상 홈이 서로 교차되도록 조사함으로써 보다 고속으로 강판 표면에 선상 홈을 형성시킬 수 있는 장점을 갖고 있다.

[0060] [표 1]은 0.83m/s 에서 이동하는 0.23mm 두께의 강판에 주사 미러를 공유한 경우, 홈의 깊이와 철손 개선을 결과를 나타낸 것이다.

[0061] [표 1]

구 분	에너지 밀도	B <sub>g</sub> (Tesla)		W <sub>17/50</sub> (W/kg)	
	mJ/mm <sup>2</sup>	조사전	조사후	조사전	조사후
본 발명 (홈 겹침)	1.5	1.915	1.910	0.83	0.73
	1.5	1.915	1.910	0.83	0.73
본 발명 (홈 미겹침*)	1.5	1.918	1.907	0.84	0.73
	1.5	1.917	1.906	0.83	0.74
비교예 (미공유**)	1.5	1.915	1.900	0.83	0.72

[0062] \* 주사 미러 좌우 대칭인 면의 레이저 빔 주사한 경우 자성값

[0064] \*\* 주사 미러에 하나의 레이저 빔만을 전송하여 주사한 경우 자성값

[0065] 여기서, B<sub>g</sub>(Telsa)은 자장의 세기가 800 amp(암페어)/m 일 때의 자속밀도 값을 Telsa 단위로 나타낸 것이며,

W17/50(W/Kg)은 자속밀도의 값이 1.7 Telsa 일 때 주파수가 50Hz인 경우의 철손 값을 나타낸 것이다.

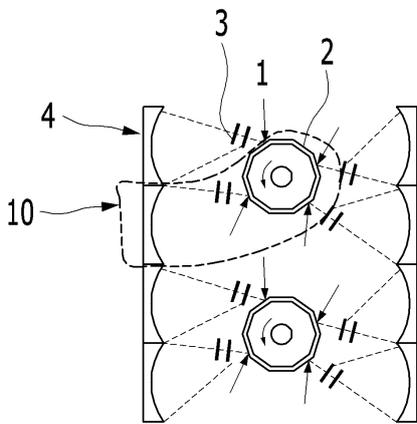
**부호의 설명**

[0066]

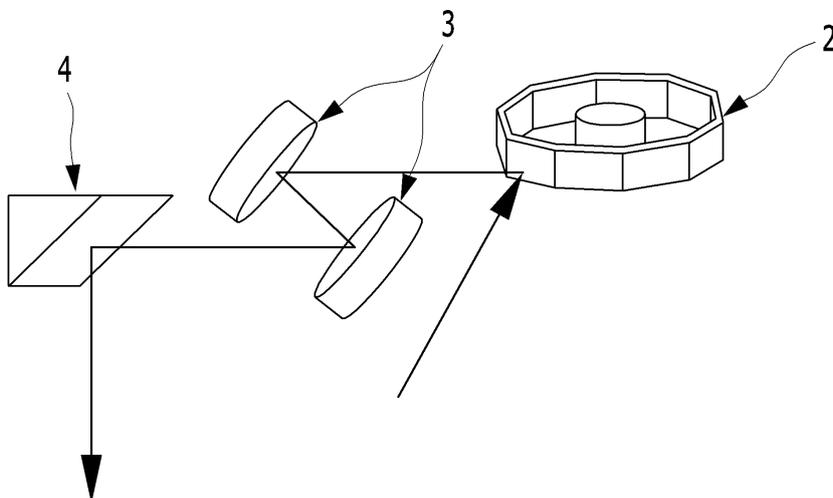
- 1: 레이저 빔
- 2: 주사 미러
- 3: 형상 미러
- 4: 집광 미러
- 5: 연속적인 선상 홈

**도면**

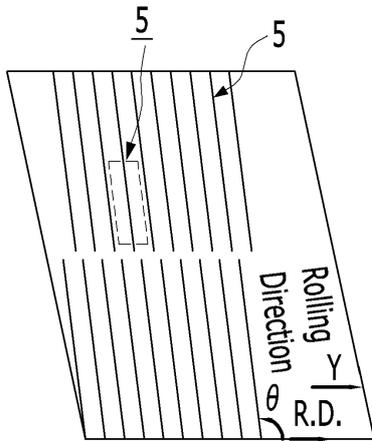
**도면1**



**도면2**



도면3



도면4

