



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월11일
(11) 등록번호 10-2189459
(24) 등록일자 2020년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/382 (2014.01) B23K 26/035 (2014.01)
B23K 26/046 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
(52) CPC특허분류
B23K 26/382 (2015.10)
B23K 26/035 (2015.10)
(21) 출원번호 10-2019-0105638
(22) 출원일자 2019년08월28일
심사청구일자 2019년08월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR101888017 B1*
JP10111471 A*
JP2018069310 A
KR1020170025997 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 유니오텍
대전광역시 대덕구 신일동로17번길 5, 1002호(신일동, 테크노시티)
(72) 발명자
김진하
대전광역시 대덕구 계족산로 136, 503동 1304호(송촌동, 선비마을아파트)
(74) 대리인
수안특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

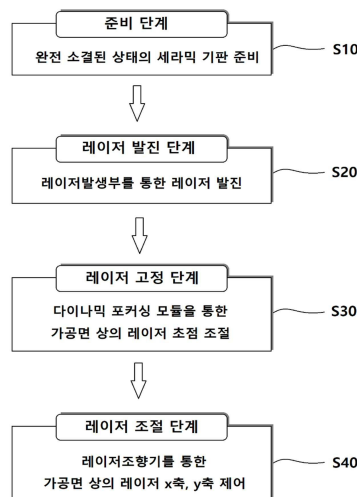
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 **홀 가공 방법 및 그 장치**

(57) 요약

본 발명은 의 홀 가공 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 특히, 가공대상물준비 단계, 레이저발생부를 동작시키는 레이저 발진 단계, 상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 다이내믹 포커싱 모듈을 이용하여 가공대상물의 홀 가공면의 z축 상에 초점 고정시키는 레이저 고정 단계 및 상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 x축 및 y축 상으로 조향 가능하게 굴절시키도록 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 전단 및 후단에 각각 이격되게 구비된 한 쌍의 레이저조향기의 작동을 조절하는 레이저 조절 단계를 포함하고, 상기 레이저는, 빔 폭이 상기 가공대상물에 형성할 홀의 최소 이격거리 보다 작게 설정됨으로써, 휘성이 높은 기관에 다양한 형태의 홀을 가공할 수 있는 이점을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23K 26/046 (2013.01)

B23K 26/0665 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가공대상물을 준비하여 고정하는 가공대상물 준비 단계;

레이저발생부를 동작시키는 레이저 발진 단계;

상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 다이내믹 포커싱 모듈을 이용하여 상기 가공대상물의 홀 가공면의 z축 상에 초점 고정시키는 레이저 고정 단계; 및

상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 x축 및 y축 상으로 조향 가능하게 굴절시키도록 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 전단 및 후단에 각각 이격되게 구비된 한 쌍의 레이저조향기의 작동을 조절하는 레이저 조절 단계; 를 포함하고,

상기 레이저는, 빔 폭이 상기 가공대상물에 형성될 홀의 크기보다 작거나 같고,

상기 한 쌍의 레이저조향기는, 상기 레이저발생부로부터 전달되는 레이저를 오프셋시켜 전달함과 아울러 상기 가공 대상물의 홀 가공면에 대한 레이저의 입사각을 결정하는 제1레이저 조향기; 및

상기 제1레이저 조향기로부터 전달되는 레이저를 상기 가공대상물의 홀 가공면에 형성될 홀의 형상에 따라 레이저의 조사방향을 제어하는 제2레이저 조향기를 포함하는 홀 가공 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1레이저 조향기는,

상기 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 전단에 구비되고,

제 1가로조향기 및 제1세로조향기를 포함하고,

상기 제2레이저 조향기는

상기 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 후단에 구비되고,

제 2가로조향기 및 제2세로조향기를 포함하고,

상기 레이저 조절 단계는,

상기 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기를 동시 또는 순차적으로 작동 제어하는 홀 가공 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 레이저 조절 단계는,

상기 제2레이저 조향기에 의해 곡선 및 직선 중 하나 이상을 포함하는 궤적으로 상기 레이저를 이동시키는, 홀 가공 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제1레이저 조향기의 상기 제1가로조향기 및 상기 제1세로조향기와, 상기 제2레이저 조향기의 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기는, 각각 수평축을 기준으로 회동되는 한 쌍의 스캔미러로 구성되고,

상기 레이저 조절 단계는,

상기 가공대상물에 형성할 홀의 내측면 경사도를 포함하는 형상에 따라 상기 한 쌍의 스캔미러를 상이하게 작동 제어하는, 홀 가공 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 레이저 고정 단계는,

상기 레이저 조절 단계의 수행 동안 상기 레이저의 초점이 가변 가능하도록 조절하는 단계인, 홀 가공 방법.

청구항 6

완전 소결 상태로서 기결정된 취성값 이상의 가공대상물에 홀을 형성하기 위해 레이저를 발생하여 조사하는 레이저발생부;

상기 레이저발생부로부터 조사된 레이저를 오프셋시켜 전달함과 아울러, 상기 가공대상물의 가공면에 입사되는 입사각을 결정하도록 굴절시키는 제1레이저 조향기 및 상기 제1레이저 조향기로부터 레이저를 전달받아 상기 가공대상물의 가공면에 형성될 홀의 형상에 따라 레이저의 조사 방향을 제어하는 제2레이저 조향기를 포함하는 레이저조향기; 및

상기 레이저조향기의 상기 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기 사이에 상기 레이저의 전달 경로에 위치되되, 상기 가공대상물의 가공면에 입사되는 상기 레이저의 초점을 조절하는 다이내믹 포커싱 모듈; 을 포함하고,

상기 제1레이저 조향기는, 상기 제2레이저 조향기 측으로 전달되는 상기 레이저의 오프셋을 제어하고, 회전을 통해 상기 가공대상물의 가공면에 도달하는 상기 레이저의 입사각을 결정하는 제1가로조향기 및 제1세로조향기를 포함하며,

상기 제2레이저 조향기는, 회전을 통해 상기 가공대상물의 가공면에 가공될 형상을 따라 상기 레이저가 조사되는 방향을 제어하는 제2가로조향기 및 제2세로조향기를 포함하는 홀 가공 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 제2레이저 조향기에 의해 곡선 및 직선 중 하나 이상을 포함하는 궤적으로 상기 레이저를 이동시켜 상기 가공대상물의 가공면에 상기 홀을 형성하는 홀 가공 장치.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 레이저발생부, 상기 레이저조향기 및 상기 다이내믹 포커싱 모듈을 제어하는 제어부를 더 포함하고,

상기 제어부는 상기 레이저발생부로부터 발생된 상기 레이저의 출력정보를 수신받고, 상기 제1레이저 조향기 및 상기 제2레이저 조향기의 동작을 제어하는 홀 가공 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1가로 조향기, 상기 제1세로 조향기, 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기를 이동시키는 각각의 축의 이동되는 조합에 의해 기 결정된 가공패턴으로 레이저를 이동시키는 홀 가공 장치.

청구항 11

청구항 6에 있어서,

상기 레이저의 방출방향은 상기 제2레이저 조향기에 의해 기 결정된 패턴을 따라 이동되고,

상기 기 결정된 패턴은 정회전 또는 역회전 방향으로 반경이 증가 또는 감소하는 곡선의 패턴, 및 패턴의 연장 방향이 전환되는 직선의 패턴을 포함하는, 홀 가공 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 홀 가공 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 구체적으로 레이저의 작동 제어를 이용한 홀 가공 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 세라믹 기판(ceramic substrate)은 반도체 장치 분야, 전기-전자 분야 등에 널리 사용되고 있다. 예를 들어, 세라믹 기판은 반도체 제조 분야 중 웨이퍼(wafer)를 검사하는 EDS(Electrical Die Sorting) 공정에 적용되는 프로브 카드(probe card)의 프로브 핀(probe pin)을 지정된 위치에 가이드하는 가이드 플레이트(guide plate)로 사용될 수 있다. 프로브 핀은 가이드 플레이트로 사용되는 세라믹 플레이트에 형성된 미세한 홀(hole)에 결합된다. 이와 다르게, 세라믹 기판은 반도체 제조 분야 중 화학 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 공정에서 공정가스를 분사하는 분사 헤드에도 적용될 수 있다. 이 밖에도 세라믹 기판은 다양한 분야에서 폭 넓게 사용될 수 있다.

[0003] 종래 세라믹 기판을 제조하기 위해서는 몰드(mold)를 이용하여 성형체를 형성한다.

[0004] 이어서, 성형체를 재료 특성에 적합한 소결 온도에서 소결하고, 소결된 소결체를 면적, 두께, 폭, 길이 등과 같은 치수에 적합하게 가공한다. 일반적으로 소결체의 표면은 래핑 가공 또는 폴리싱 가공이 수행된다.

[0005] 이어서, 소결체에 드릴 가공 또는 레이저 가공을 이용하여 복수개의 홀(hole)을 형성한다.

[0006] 그러나, 소결체를 형성한 후 드릴링 가공을 통해 홀을 형성할 경우, 홀을 형성하기 위한 드릴이 래핑 또는 폴리싱 가공된 매끄러운 소결체의 표면으로부터 미끄러져 소결체의 표면에 손상이 발생할 수 있다. 또한, 소결체를 드릴링할 경우, 경도가 높은 소결체에 의하여 드릴이 쉽게 마모된다.

[0007] 또한, 약 수백 μ m 정도의 얇은 두께를 갖는 박막 소결체가 약한 강도 또는 높은 취성(brittleness)을 가질 경우, 박막 소결체를 관통하여 형성된 홀에 의하여 박막 소결체에 크랙(crack) 또는 깨짐(broken)이 발생할 수 있다.

[0008] 이를 방지하기 위해서, 최근에는 레이저 가공에 의하여 박막 소결체에 홀을 형성하는 추세에 있으나, 레이저는 그 직진성으로 인하여 다양한 형태의 홀 가공이 어려운 현실이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제 2007-0011373 호 (2007. 01. 24)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 일 실시예는, 가공대상물에 다양한 형상의 홀을 레이저의 방향제어를 통해 형성할 수 있는 홀 가공 방법 및 그 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명의 일 실시예는 홀의 직경보다 작은 빔 폭을 가진 레이저를 다축 구동 제어함으로써 보다 정밀한 형태의 홀을 가공할 수 있는 홀 가공 방법 및 그 장치를 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 따른 홀 가공 방법의 일 실시예는, 가공대상물, 예를 들어, 완전 소결 상태로서, 기결정된 취성값 이

상의 취성 기관을 준비하여 고정하는 가공대상물 준비 단계, 레이저발생부를 동작시키는 레이저 발진 단계, 상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 다이내믹 포커싱 모듈을 이용하여 상기 가공대상물의 홀 가공면의 z축 상에 초점 고정시키는 레이저 고정 단계 및 상기 레이저 발진 단계에 의하여 발진된 레이저를 x축 및 y축 상으로 조향 가능하게 굴절시키도록 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 전단 및 후단에 각각 이격되게 구비된 한 쌍의 레이저조향기의 작동을 조절하는 레이저 조절 단계를 포함하고, 상기 레이저는, 빔 폭이 상기 가공대상물에 형성할 홀의 최소 이격거리 보다 작게 설정될 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 한 쌍의 레이저조향기는, 상기 레이저 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 전단에 구비되고, 상기 레이저발생부로부터 전달되는 레이저를 오프셋시켜 전달함과 아울러 상기 가공대상물의 홀 가공면에 대한 레이저의 입사각을 결정하는 제1가로조향기 및 제1세로조향기를 포함하는 제1레이저 조향기 및 상기 레이저의 조사 경로에서 상기 다이내믹 포커싱 모듈의 후단에 구비되고, 상기 제1레이저 조향기로부터 전달되는 레이저를 상기 취성 기관의 홀 가공면에 형성될 홀의 형상에 따라 레이저의 조사 방향을 제어하는 제2가로조향기 및 제2세로조향기를 포함하고, 상기 레이저 조절 단계는, 상기 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기를 동시 또는 순차적으로 작동 제어할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 레이저 조절 단계는, 상기 제2레이저 조향기에 의해 곡선 및 직선 중 하나 이상을 포함하는 궤적으로 상기 레이저를 이동시킬 수 있다.

[0015] 또한, 상기 제1레이저 조향기의 상기 제1가로조향기 및 상기 제1세로조향기와, 상기 제2레이저 조향기의 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기는, 각각 수평축을 기준으로 회동되는 한 쌍의 스캔미러로 구성되고, 상기 레이저 조절 단계는, 상기 취성 기관에 형성할 홀의 내측면 경사도를 포함하는 형상에 따라 상기 한 쌍의 스캔미러를 상이하게 작동 제어할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 레이저 고정 단계는, 상기 레이저 조절 단계의 수행 동안 상기 레이저의 초점이 가변 가능하도록 조절하는 단계일 수 있다.

[0017] 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 일 실시예는, 가공대상물에 홀을 형성하기 위해 레이저를 발생하여 조사하는 레이저발생부, 상기 레이저발생부로부터 조사된 레이저를 오프셋시켜 전달함과 아울러, 상기 가공대상물의 가공면에 입사되는 입사각을 결정하도록 굴절시키는 제1레이저 조향기 및 상기 제1레이저 조향기로부터 레이저를 전달받아 상기 취성 기관의 가공면에 형성될 홀의 형상에 따라 레이저의 조사 방향을 제어하는 제2레이저 조향기를 포함하는 레이저조향기 및 상기 레이저조향기의 상기 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기 사이에 상기 레이저의 전달 경로에 위치되되, 상기 가공대상물의 가공면에 입사되는 상기 레이저의 초점을 조절하는 다이내믹 포커싱 모듈을 포함한다.

[0018] 여기서, 상기 제1레이저 조향기는, 상기 제2레이저 조향기 측으로 전달되는 상기 레이저의 오프셋을 제어하고, 회전을 통해 상기 가공대상물의 가공면에 도달하는 상기 레이저의 입사각을 결정하는 제1가로조향기 및 제1세로조향기를 포함하며, 상기 제2레이저 조향기는 회전을 통해 상기 가공대상물의 가공면에 가공될 형상을 따라 상기 레이저가 조사되는 방향을 제어하는 제2가로조향기 및 제2세로조향기를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 제2레이저 조향기에 의해 곡선 및 직선 중 하나 이상을 포함하는 궤적으로 상기 레이저를 이동시켜 상기 취성 기관의 가공면에 상기 홀을 형성할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 레이저발생부, 상기 레이저조향기 및 상기 다이내믹 포커싱 모듈을 제어하는 제어부를 더 포함하고, 상기 제어부는 상기 레이저발생부로부터 발생된 상기 레이저의 출력정보를 수신받고, 상기 제1레이저 조향기 및 상기 제2레이저 조향기의 동작을 제어할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 제어부는, 상기 제1가로 조향기, 상기 제1세로 조향기, 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기를 이동시키는 각각의 축의 이동되는 조합에 의해 기 결정된 가공패턴으로 레이저를 이동시킬 수 있다.

[0022] 또한, 상기 레이저의 방출방향은 상기 제2레이저 조향기에 의해 기 결정된 패턴을 따라 이동되고, 상기 기 결정된 패턴은 정회전 또는 역회전 방향으로 반경이 증가 또는 감소하는 곡선의 패턴, 및 패턴의 연장방향이 전환되는 직선의 패턴을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 실시예는 홀 가공 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 완전 소결된 취성이 높은 재료의 취성 기관에 레이저조향기에 의한 레이저의 입사각 및 연동 제어를 통해 다양한 홀을 가공할 수 있으므로 프린팅 기관의

생산 시간을 단축하고, 제품에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법의 순서를 나타낸 순서 블록도이고,
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치를 나타낸 개념도이며,
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법의 일례를 나타낸 사시도이고,
- 도 4는 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가공부에 의한 레이저 빔의 이동을 나타낸 도면이며,
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법 중 레이저의 궤적의 다양한 예를 나타낸 평면 개념도이고,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치의 레이저 중첩율을 나타낸 도면이며,
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 의해 가공된 취성 기관의 가공단면을 나타낸 도면이고,
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법 중 레이저 빔이 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기에 의해 굴절율이 제어되는 것을 나타낸 도면이며,
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 의한 다양한 레이저 빔의 굴절 경로를 나타낸 구성도이고,
- 도 11은 도 10의 굴절렌즈를 통해 입사되는 하나의 레이저를 분할하고 분할된 각각의 레이저 빔을 집속렌즈를 통해 집속하여 가공대상물로 방출하는 것을 나타낸 도면이며,
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 따른 가공대상물의 표면에 레이저 빔이 입사되는 입사각의 예시를 나타낸 도면이고,
- 도 13 및 14는 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 일 실시예를 이용한 터빈 블레이드의 냉각홀 가공 적용이 예시된 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0026] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0027] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법의 순서를 나타낸 순서 블록도이다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법은, 프린팅 기관에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 터빈블레이드 등 다양한 가공대상물에 적용될 수 있다. 이하에서는 프린팅 기관에 적용한 경우를 먼저 설명하나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0030] 도 1에 참조된 바와 같이, 완전 소결 상태로서 기결정된 취성값 이상의 취성 기관을 준비하여 고정하는 기관 준비 단계(S10)와, 기관 준비 단계(S10) 후 레이저발생부(100)를 동작시키는 레이저 발진 단계(S20)와, 레이저 발진 단계(S20)에 의하여 발진된 레이저를 다이내믹 포커싱 모듈(400)을 이용하여 취성 기관의 홀 가공면의 z축 상에 초점 고정시키는 레이저 고정 단계(S30)와, 상기 레이저 발진 단계(S20)에 의하여 발진된 레이저를 x축 및 y축 상으로 조향 가능하게 굴절시키도록 레이저 조사 경로에서 다이내믹 포커싱 모듈(400)의 전단 및 후단에 각각 이격되게 구비된 한 쌍의 레이저조향기(300; 310, 320)의 작동을 조절하는 레이저 조절 단계(S40)를 포함한다.
- [0031] 여기서, 취성 기관이라 함은, 소결 과정을 거쳐 소정의 판재(플레이트)로 형성되는 세라믹 기관, 프루브 기관, 실리콘 기관 또는 유리관을 모두 포함하는 개념이다.
- [0032] 또한, 취성 기관이 완전 소결 상태라 함은, 취성이 가장 높은 상태를 말하고, 일반 드릴링 공구에 의한 정밀 가

공이 불가능한 상태로 정의할 수 있다.

- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법에서는, 일반 드릴링 공구에 의한 홀 가공을 배제하고, 취성이 높은 재질의 정밀 가공이 용이한 레이저 방식에 의한 가공을 전제로 설명한다. 특히, 레이저 가공 방식 중에서도 취성이 높은 취성 기판에 형성되는 홀은 그 내경이 동일한 것을 포함하되, 취성 기판의 두께 방향으로 내경이 상이하게 형성 가능한 경우도 포함할 수 있다.
- [0034] 여기서, 내경이 상이하다는 의미는, 취성 기판의 가공면으로부터 하방으로 갈수록 내경이 작아지는 홀과, 취성 기판의 가공면으로부터 하방으로 갈수록 내경이 커지는 홀을 포함하는 개념이고, 내경의 변화가 연속적이지 않는 단절됨으로써 홀의 내주면이 단차진 경우를 모두 포함하는 개념일 수 있다. 이와 같은 레이저 가공 방식에 의한 본 발명에 따른 홀 가공 방법의 일 실시예를 보다 명확히 이해하기 위하여, 먼저 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 실시예들의 구성 및 그 작동 방식을 설명하기로 한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치를 나타낸 개념도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법의 일례를 나타낸 사시도이며, 도 4는 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가공부에 의한 레이저 빔의 이동을 나타낸 도면이다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 일 실시예는, 레이저발생부(100), 빔 익스팬더(200), 다이내믹 포커싱 모듈(400), 레이저조향기(300; 310, 320) 및 제어부(500)를 포함할 수 있다. 여기서 레이저발생부(100)는 레이저 빔을 생성할 수 있다. 구체적으로, 레이저발생부(100)는 펄스화된 레이저 소스(Laser source)를 사용할 수 있다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치는, 취성 기판의 가공면을 기 결정된 패턴을 따라 레이저 가공 할 수 있다. 취성 기판의 가공면에 홀을 형성하기 위하여 레이저 빔을 취성 기판의 가공면으로 방출하여 취성 기판의 가공면을 관통시켜 홀을 형성할 수 있고, 다른 방법으로는 레이저 빔이 폐곡선을 따라 취성 기판의 가공면 상에 방출되어 폐곡선의 내측부를 탈락시킴으로써 홀을 형성시키는 방법이 있다.
- [0038] 전자(취성 기판의 가공면을 관통)의 경우 취성 기판의 가공면의 표면 상에 도달되는 레이저의 면적이 증첩되도록 레이저의 이동이 이루어질 수도 있다. 이러한 홀 형성 방법을 드릴링이라고 정의하면, 상기 레이저의 이동을 통해 형성되는 기 결정된 패턴(경로)은 제어부(500)를 통해 구현할 수 있다.
- [0039] 빔 익스팬더(200)는 레이저발생부(100)에서 생성된 레이저 빔의 크기(빔 폭)를 조절 할 수 있다. 구체적으로, 빔 익스팬더(200)는 레이저 빔을 확대 또는 축소시킬 수 있다. 빔 익스팬더(200)는 레이저발생부(100)에서 생성된 레이저 빔의 직경을 변경하고, 변경된 레이저 빔을 출력할 수 있다.
- [0040] 빔 조절부는 취성 기판의 가공면(10)에 조사될 수 있는 레이저 빔의 초점 높이 및 초점 위치를 조절할 수 있다. 빔 조절부는 다이내믹 포커싱 모듈(400)(dynamic focusing module) 및 레이저조향기(300)를 포함할 수 있다.
- [0041] 빔 조절부의 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 레이저 빔의 초점 높이를 조절할 수 있으며, 레이저조향기(300) 및 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 의해 취성 기판의 가공면(10)을 따라 레이저 빔의 높이방향(z축) 초점 위치를 조절할 수 있다. 여기서 레이저 조향기(300)는 갈바노미터가 될 수 있다.
- [0042] 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 집광부를 통과하는 레이저 빔의 초점 위치를 조절할 수 있다. 구체적으로, 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 2개 이상의 렌즈를 포함할 수 있다. 각 렌즈들 간의 간격을 조절하여, 다이내믹 포커싱 모듈(400)을 통과한 레이저 빔의 발산, 수렴을 조절함으로써 집광부를 통과한 레이저 빔의 초점을 조절할 수 있다.
- [0043] 다시 말해, 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 빔 조절부를 경유한 레이저 빔의 초점 높이, 즉 초점의 z축 위치를 조절할 수 있다. 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 빔 익스팬더(200)를 경유한 레이저 빔의 수렴 및 발산을 조절하여 레이저 빔의 취성 기판의 가공면 상의 z축 위치, 즉 레이저 빔의 초점 높이를 조절할 수 있다.
- [0044] 다이내믹 포커싱 모듈(400)은 수평 왕복 이동을 하는 모터의 구동에 의해, 스캔 헤드로 발사되는 레이저 빔의 거리를 조절하여 조사할 수 있다. 예를 들어, 모터가 수평 왕복 이동을 할 경우, 다이내믹 포커싱 모듈(400)이 일측으로 이동하게 되면, 레이저 빔의 초점이 취성 기판의 가공면으로부터 상측으로 이동되므로 레이저 빔의 높이가 짧아질 수 있다. 반대로, 다이내믹 포커싱 모듈(400)이 상기 일측의 반대측인 타측으로 이동하게 되면, 레이저 빔의 초점이 하측으로 이동되므로 취성 기판의 가공면(10)로 가까워지므로, 레이저 빔의 높이가 길어질 수 있다. 따라서, 드릴링 가공 시에 가공에 의해 변하는 높이방향(z축)의 초점을 제어 할 수 있다. 물론, 상기 이동은 다이내믹 포커싱 모듈(400)의 동작을 나타내기 위한 일 예이고 모듈 자체가 이동할 수도 있

으나 모듈 내에서 렌즈의 거리 등이 조절됨으로써 레이저 초점의 제어가 가능하다.

- [0045] 한편, 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 포함되는 렌즈인 무버블 렌즈(Movable Lens)는 다이버전스 렌즈(Divergence Lens) 및 컨버전스 렌즈(Convergence Lens) 중 하나 일 수 있다. 예를 들어 다이버전스 렌즈를 사용할 경우 렌즈 간의 간격을 가깝게 하면 초점이 멀어지고, 간격이 멀어지면 초점이 가까워진다. 그리고, 컨버전스 렌즈를 사용할 경우 렌즈 간의 간격을 가깝게 하면 초점이 가까워지고, 간격이 멀어지면 초점이 멀어질 수 있다.
- [0046] 레이저조향기(300)는 한 쌍으로 구비되며, 한 쌍의 레이저조향기(300; 310, 320)는, 레이저 조사 경로에서 다이내믹 포커싱 모듈(400)의 전단에 구비되고, 레이저발생부(100)로부터 전달되는 레이저를 오프셋시켜 전달함과 아울러, 취성 기관의 홀 가공면에 대한 레이저의 입사각을 결정하는 제1레이저 조향기(310) 및 레이저 조사 경로에서 다이내믹 포커싱 모듈(400)의 후단에 구비되고, 제1레이저 조향기(310)로부터 전달되는 레이저를 취성 기관의 홀 가공면에 형성될 홀의 형상에 따라 레이저의 조사 방향을 제어하는 제2레이저 조향기(320)를 포함할 수 있다.
- [0047] 여기서, 제1레이저 조향기(310)는 취성 기관의 가공면(10)을 대상으로 임의의 xy평면 상에 도달하는 레이저 입사각을 조절(결정)할 수 있다.
- [0048] 그리고, 제2레이저 조향기(320)는 취성 기관의 가공면(10) 상에 전달된 레이저가 가공을 위해 기 결정된 패턴으로 이동되는 궤적을 조절(결정)할 수 있다.
- [0049] 예를 들어, 제어부(500)에 기 입력된 가공될 패턴 및 위치에 따라 조사될 레이저의 입사각을 결정하고 기 결정된 패턴을 따라 레이저를 이동시킴으로써, 취성 기관의 가공면(10)을 가공할 수 있다. 물론 기 입력된 패턴에 따라 레이저가 이동되는 것을 제어할 수도 있고, 실시간으로 명령받은 패턴을 따라 레이저를 이동시킬 수 있다.
- [0050] 각각의 레이저조향기(300; 310, 320)는 x축 및 y축 방향을 제어하는 미러를 포함하여, 레이저의 방향(각도 및 이동 궤적)을 조향할 수 있다. 취성 기관의 가공면(10)로부터 높이방향인 z축방향으로는 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 의해 초점위치가 조절될 수 있고, 레이저 빔의 x축 스캔미러 및 y축 스캔미러를 통해 레이저의 입사각도 및 이동궤적을 제어할 수 있다.
- [0051] 상기 각각의 레이저조향기(제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320))에 포함된 제1가로조향기(311) 및 제2가로조향기(321)와 제1세로조향기(312) 및 제2세로조향기(322)는 레이저 빔을 조향할 수 있다. 구체적으로, 가공 대상물(10)을 레이저 빔으로 가공할 수 있도록 레이저 빔을 기 결정된 방향으로 반사시켜 취성 기관의 가공면(10) 상에서 특정 위치에 레이저 빔을 조사할 수 있다. x축 및 y축을 동작(틸팅)시키는 각각의 미러는 각 조향기(제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320)) 내에서 한 쌍의 스캔미러로 구성되고, 이 한 쌍의 스캔미러들은 각각 xy평면 상에서 하나 이상의 레이저 빔을 편향시킬 수 있다.
- [0052] 보다 구체적으로, 도 4 및 도 5에 참조된 바와 같이, 가공부(100)로부터 방출된 레이저 빔은 취성 기관의 가공면(10)에 도달될 수 있다. 취성 기관의 가공면(10)에 도달되는 레이저 빔은 기 결정된 조향에 의해 취성 기관의 가공면(10)을 가공할 수 있다.
- [0053] 상기 기 결정된 조향은, 레이저조향기(300) 중 제1레이저 조향기(310)에 의한 편향을 포함한다. 제1레이저 조향기(310)는 제1가로조향기(311) 및 제1세로조향기(312)의 틸팅(회전을 포함한 동작) 또는 이동을 통해 레이저 빔이 조사되는 각도가 제어되는 제1편향(M1)이 이루어질 수 있다. 즉, 취성 기관의 가공면(10)에 입사되는 레이저 빔의 각도가 제어될 수 있다. 레이저 빔은 생성된 이후로 제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320)에 반사되어 취성 기관의 가공면(10) 측으로 조사될 수 있는데, 제1레이저 조향기(310)에 의해 취성 기관의 가공면(10)에 도달하는 레이저 빔의 입사각이 편향되도록 제어될 수 있다.
- [0054] 상기 제1이동(M1)이 제1레이저 조향기(310)에 의해 수행된 후에 제2이동(M2)이 수행될 수 있다. 물론, 제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320) 사이에 다이내믹 포커싱 모듈(400)이 위치되어 앞서 설명한 취성 기관의 가공면(10)로부터 높이방향인 z축방향에 대하여 레이저 초점(focus)이 조절될 수 있다. 제1레이저 조향기(310)에 의해 제1이동(M1)이 수행된 이후에 레이저 빔은 제2레이저 조향기(320)에 의해 제2이동(M2)이 수행될 수 있다. 제2이동(M2)은 레이저 빔이 취성 기관의 가공면(10)에 가공할 형상에 대응되도록 레이저 빔의 궤적을 따라 이동시키는 것을 의미한다. 예를 들어, 원형의 가공결과가 요구되면 상기 궤적은 원형이 될 수 있고 레이저 빔을 원형으로 이동시켜 취성 기관의 가공면(10)에 원형상의 가공결과를 형성할 수 있다.
- [0055] 나아가, 특정 형태의 홀을 가공하기 위해 취성 기관의 가공면(10)이 거치되면, 레이저 빔은 상기 특정 형태를 가공하기 위해 레이저 빔을 조사할 수 있는데, 이 때, 앞서 설명한 제1레이저 조향기(310), 다이내믹 포커싱 모

들(400) 및 제2레이저 조향기(320)의 동작이 동시에 요구되는 경우도 있다. 즉, 제1가로조향기(311), 제1세로조향기(312), 다이내믹 포커싱 모듈(400), 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)는 각각이 가공 형상의 위치 및 패턴 등에 대응되도록 선택적인 동작이 수행될 수 있다.

- [0056] 한편, 레이저의 출력은 취성 기관의 가공면(10)을 가공가능한 정도의 출력으로 증감되는 제어가 될 수 있다. 제2이동(M2)은 제2레이저 조향기(320)의 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)의 동작(틸팅)에 의해 이루어질 수 있다. 취성 기관의 가공면(10)의 일면을 향해 임의의 평면을 기준으로 가로축 및 세로축으로 각각 레이저의 굴절각을 변경시켜 레이저 빔을 이동시킬 수 있다. 따라서, 원형으로 레이저 빔을 이동시켜서 취성 기관의 가공면(10)에 구멍을 형성하기 위해 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)는 동시에 동작(틸팅)될 수 있다. 상기 동시에 동작되는 것의 의미는 나노 또는 마이크로 단위와 같이 미세하게 변갈아 가며 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)가 이동되는 것 및 동시에 이동되는 것을 포함한다.
- [0057] 즉, 제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320)는 각각 각도편향인 제1이동(M1) 및 궤적이동인 제2이동(M2)을 수행할 수 있다. 제1이동(M1) 및 제2이동(M2)은 각각의 기능이 제어부(500)에 의해 구별되어 제어될 수 있고, 각각이 제어되는 중에 출력을 조절하는 레이저발생부(100) 및 그 외의 전장 또한 연동적으로 제어부(500)에 의해 제어되면서 구동될 수 있다.
- [0058] 따라서, 상술한 바와 같이, 빔 조절부는 다이내믹 포커싱 모듈(400) 및 레이저조향기(300)에 의해 상기 레이저 빔의 초점 높이, 위치, 입사각을 조절할 수 있다. 레이저 빔은 빔 익스팬더(200)를 경유하면서 확대 또는 축소되어 크기 조절이 되고, 콜리메이트 빔으로 생성되어 제어된 방향으로 -전달될 수 있다. 빔 익스팬더(200)를 경유한 레이저 빔은 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 의해 z축 초점위치가 조절되고, 스캔 헤드에 의해 x(가로), y(세로) 좌표가 조절되어 취성 기관의 가공면(10)의 표면 상에 레이저 빔의 초점 위치가 조절될 수 있다.
- [0059] 빔 조절부의 하부에는, 다이내믹 포커싱 모듈(400) 및 스캔 헤드를 통과한 상기 레이저 빔을 취성 기관의 가공면(10)로 집속하기 위한 집광부가 더 배치될 수 있다. 상기 집광부는 레이저 빔을 집속시킬 수 있다. 집광부는 빔 조절부를 통과한 레이저 빔이 집광시켜서, 취성 기관의 가공면에 레이저 빔을 조사할 수 있다. 집광부는 텔레센트릭 에프-세타 렌즈(telecentric F-theta lens) 또는 에프-세타 렌즈(F-theta lens)를 포함할 수 있다.
- [0060] 또한, 편광 조절기, 레이저 파워 측정 장치, 레이저 빔 위치 모니터링 장치, 광학 필터 등 광학 장치 등이 포함될 수도 있다.
- [0061] 이러한 구성들을 통해, 레이저 파워, 레이저 주파수, 레이저 빔의 조사 위치, 초점 거리, 출력되는 레이저 빔의 펄스 파형, 조사 시간, 스캐닝 속도, 발산 특성, 비점 수차 등 다양한 파라미터 중 적어도 하나 이상을 조절할 수 있다.
- [0062] 제어부(500)는 취성 기관의 가공면의 표면에 기 결정된 패턴으로 레이저 가공하기 위해, 기 결정된 패턴 데이터에 의해 레이저 빔이 이동될 수 있도록 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)를 동작(틸팅)시키는 제어를 할 수 있다. 또한, 2차원 상의 패턴에서 레이저 초점에 대한 z축의 초점 위치 데이터는 다이내믹 포커싱 모듈(400)이 제어함으로써 패턴에 따라 이동되면서 변화하는 가공높이에 대응할 수 있다. 따라서, 취성 기관의 가공면(10)을 대상으로 다양한 모양을 갖는 홀을 제작할 수 있다.
- [0063] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 드릴링 장치는 일반적인 비점 검사 장치 이외에도 레이저 간섭계, 공초점 현미경(confocal microscope), 이광자 현미경(two-photon microscope) 중 하나를 포함하여, 곡면을 갖는 취성 기관의 가공면의 표면 형상 정보를 추출할 수 있다. 이를 기반으로 3차원인 취성 기관의 가공면의 표면 상에 레이저 빔을 조사하여 마이크로 크기에서 나노미터 크기의 직경에서 밀리미터 크기를 갖는 다양한 모양의 형상을 제작할 수 있다. 물론, 레이저 드릴링을 하기 위한 레이저는 나노초, 피코초, 또는 펨토초 레이저 중 하나일 수 있다.
- [0064] 도 3을 참조하면, 레이저 빔은 취성 기관의 가공면(10)에 도달하고 기 결정된 패턴을 따라 이동되며 방출될 수 있다. 원형의 홀을 가공하는 경우 레이저는 원형의 패턴을 따라 취성 기관의 가공면(10) 상에서 이동되며 방출될 수 있다. 레이저의 포커스는 앞서 설명한 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 의해 조절될 수 있고, 기 결정된 상기 패턴은 제2레이저 조향기(320)에 의해 조절될 수 있다. 본 예시에서는 원형의 홀을 가공하기 위해 원형으로 반복적인 가공을 수행할 수 있으나, 보다 다양한 패턴을 따라 가공되어 원형 이외의 홀 형상도 가공 가능함은 물론이다. 레이저 빔을 원뿔대형상으로 도시한 것은 레이저 빔의 포커스가 취성 기관의 가공면(10)에 집중된 것을 표시하기 위함이고 실제 가공시에는 육안으로 원뿔형의 레이저 빔을 확인하기는 어렵고 직선에 가깝게 확인될 수 있다.

- [0065] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법 중 레이저의 궤적의 다양한 예를 나타낸 평면 개념도이다.
- [0066] 도 6을 참조하면, 가장 외측의 원형은 임의의 가공영역이고, 상기 임의의 가공영역 내에는 레이저 빔이 취성 기관의 가공면(10) 상에서 이동되는 패턴의 형상이 될 수 있다. 도 6의 (a)에 의하면, 레이저는 임의의 가공영역 중심에서 반경이 점차 증가되면서 원형을 유지하며 연장되는 형태일 수 있다. 물론 레이저 빔의 이동방향은 그 반대로 반경이 점차 감소(곡률이 증가)하면서 원형을 유지하는 형태가 될 수도 있다. 이러한 궤적은 시계방향 또는 반시계방향으로 형성될 수 있고, 가공정도에 따라 달라지는 높이방향(z축)에 대한 초점위치는 다이내믹 포커싱 모듈(400)에 의해 조절될 수 있다. 상기 패턴을 따라 1회 이상 레이저를 방출하는 과정에서 관통 또는 비관통형의 레이저 가공 결과를 기대할 수 있다.
- [0067] 상기 패턴은 도 6의 (a) 및 도 6의 (d)와 같이 곡선을 따라 형성된 원형의 패턴으로 형성될 수 있고, 도 6의 (b), 도 6의 (c), 도 6의 (e) 및 도 6의 (f)와 같이 직선으로 구성된 패턴일 수 있다.
- [0068] 상기 패턴을 나타낸 선은 레이저의 중심 위치를 나타내기 위해 예시한 것으로서, 실제 레이저의 단면은 지름 또는 폭이 형성되므로, 상기 지름 또는 폭이 일부 중첩되어 상기 패턴을 따라 레이저를 방출할 수 있다.
- [0069] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치의 레이저 중첩율을 나타낸 도면이다.
- [0070] 도 7을 참조하면, 직경 또는 폭이 형성되는 레이저의 단면은 서로 중첩되는 면적을 형성하며 방출될 수 있다. 기 결정된 중첩율을 유지하며 패턴을 따라 레이저가 방출되면 중첩되는 면적은 복수회 레이저에 노출되는데 이러한 노출에 의해 가공표면은 보다 낮은 거칠기를 갖도록 형성될 수 있다.
- [0071] 도 7의 (a)의 경우, 패턴이 연장되는 방향으로 레이저의 단면이 중첩되면서 가공이 이루어지는 경우를 나타낸 것이고, 도 7의 (b)는 인접한 패턴의 선 상에 조사되는 레이저의 단면이 중첩되면서 가공이 이루어지는 경우를 나타낸 것이다.
- [0072] 상술한 중첩율을 형성하기 위해 갖춘 조건들로부터 레이저 가공 속도를 더 빠르게 조절하면 패턴의 연장방향으로의 중첩율은 낮아질 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔의 스폿 직경 300um, 레이저 주파수 10kHz, 가공 속도가 1.0m/s 인 조건에서는 가공 시에는 패턴의 연장방향으로의 중첩율이 66.7%가 될 수 있다. 즉, 레이저 빔의 스폿 직경의 반경방향으로 100um 중첩되지 않을 수 있다.
- [0073] $N =$ 중첩수, $d =$ 스폿 사이즈, $f =$ 빈도, $v =$ 이동속도 일 때, 다음 식을 만족할 수 있다.
- [0074] 수식 :
$$N = \frac{d \cdot f}{V}$$
- [0075] 중첩율을 결정하는 상술한 조건들은 일 예로서, 레이저 가공속도, 레이저 단면적(스폿 직경), 레이저의 방출빈도(주파수) 및 레이저의 출력 등의 조합에 의해 다양한 중첩율을 획득할 수 있으므로 이를 통해 가공 결과를 선택적으로 결정할 수 있다.
- [0076] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 의해 가공된 취성 기관의 가공단면을 나타낸 도면이다.
- [0077] 도 8을 참조하면, 본 발명의 홀 가공 장치의 일 실시예는, 좌측부터 첫번째 홀은 직경이 점점 좁아지는 원뿔대형, 두번째 홀은 상방으로부터 직경이 동일한 원기둥형, 세번째 홀은 직경이 점점 넓어지는 원뿔대형, 네번째 홀은 수직방향으로부터 기 결정된 각도만큼 기울어진 방향으로 형성된 홀을 가공할 수 있다. 물론, 홀의 가공 중에 레이저의 입사각을 제어하여 홀의 지름이 증감되도록 할 수도 있다.
- [0078] 예를 들어, 상방으로부터 수직방향으로 레이저가 조사되어 도 6의 패턴 중 하나의 패턴으로 가공되는 경우에 직경이 동일한 원기둥형으로 홀이 가공될 수 있고, 재료의 상면에 대한 수직방향을 기준으로 하방으로 갈수록 기 결정된 각도만큼 이격되어 레이저가 방출되면 홀이 원뿔대 형상으로 형성될 수 있다.
- [0079] 홀의 직경이 점점 넓어지거나 좁아지는 원뿔대 형상의 홀은, 상기 제1레이저 조향기(310)의 제1가로조향기(311) 및 제1세로조향기(312)의 동작(틸팅)에 의해 x좌표 및 y좌표가 변경되어 결정된 입사각으로 조사된 레이저 빔에 의한 것일 수 있다. 원기둥형의 홀은 레이저를 방출하는 헤드(제2레이저 조향기(320)를 포함하는 구성; 최종적으로 레이저를 취성 기관의 가공면(10)로 방출하는 구성이 될 수 있다.) 또는 취성 기관의 가공면(10)의 회전 및 평면 상의 직선이동 중 하나 이상의 이동에 의해 가공될 수 있다.
- [0080] 한편, 원뿔대형 및 원기둥형의 복합적인 형상을 포함하는 홀도 가공조건을 제어하여 가공 가능하다. 예를 들면, 원기둥형의 홀을 가공하고 원뿔대형의 경사부를 가공하여 원기둥형 및 원뿔대형이 복합적으로 형성된 홀을 가공

할 수 있다. 물론 순서는 선택적이며, 가공의 전후 순서가 형상에 따라 불가피하게 정해진 경우에는 그에 따라 가공할 수 있다.

- [0081] 여기서, 본 발명의 일 실시예인 홀 가공 장치는 제어부(500)를 더 포함하고, 상기 제어부(500)가 레이저 빔의 전달방향 및 출력 중 하나 이상을 제어할 수 있다. 레이저 빔의 방향의 경우에, 기 결정된 패턴을 따라 취성 기관의 가공면(10)의 표면에 방출될 수 있다. 상기 패턴을 가공하기 전에 취성 기관의 가공면(10)의 가공부 일지점에 좌표정보를 기초로 레이저 빔이 방출될 수 있다. 여기서 상기 좌표정보를 기초로 레이저 빔이 취성 기관의 가공면(10)의 일지점을 향해 결정된 입사각으로 방출되도록 하는 기능을 제1레이저 조향기(310)가 수행할 수 있다. 즉, 제어부(500)에 의해 임의의 평면인 가로축(x축) 및 세로축(y축) 상에서 제1가로조향기(311) 및 제1세로조향기(312)가 상기 일지점을 향해 결정된 입사각으로 레이저 빔이 방출될 수 있도록 제어된다.
- [0082] 상기 일지점을 향해 결정된 입사각으로 레이저 빔이 방출될 수 있도록 제어되면, 상기 일지점으로부터 기 결정된 패턴을 따라 이동되며 취성 기관의 가공면(10)을 가공할 수 있다. 이 때 방출되는 레이저 빔의 포커싱은 다이나믹 포커싱 모듈(400)에 의해 조절되고, 제2레이저 조향기(320)에 의해서는 상기 패턴을 따라 레이저 빔이 이동될 있도록 상기 패턴에 대응되는 이동궤적으로 조사되도록 레이저 빔을 이동시킬 수 있다.
- [0083] 상기 제2레이저 조향기(320)도 제1레이저 조향기(310)와 같이 임의의 평면(xy) 상에서 레이저 빔이 도달할 가로축(x축) 및 세로축(y축)의 좌표를 이동시켜 패턴을 따라 레이저 빔이 이동될 수 있도록 한다.
- [0084] 예를 들면, 제2레이저 조향기(320)는 제2가로조향기(321) 및 제2세로조향기(322)를 포함하고, 제2가로조향기(321)가 가로축(x축) 좌표를 틸팅(동작)에 의해 조향하고, 제2세로조향기(322)가 세로축(y축) 좌표를 틸팅(동작)에 의해 동시다발적으로 조향가능하여 기 결정된 패턴을 따라 레이저 빔을 이동시킬 수 있다.
- [0085] 즉, 레이저 가공이 될 취성 기관의 가공면(10)의 표면으로 제1레이저 조향기(310)에 의해 레이저 빔의 입사각이 결정되면, 제2레이저 조향기(320)에 의해 레이저 빔이 기 결정된 패턴을 따라 레이저 빔을 이동시키도록 레이저 빔의 이동궤적이 결정되어 가공이 수행할 수 있다.
- [0086] 이 때, 상기 패턴은 레이저에 의해 표면이 가공되므로 높이가 일정한 평면상에서 레이저 빔이 이동되지 않고 높이 정보가 지속적으로 변경될 수 있는데 가공과정에서 높이방향(z축)의 레이저 빔의 초점이 변화하는 경우에는 다이나믹 포커싱 모듈(400)에 의해 레이저 빔의 초점이 실시간으로 조절될 수 있고, 패턴의 궤적 또한 깊어지는 가공지점의 위치에 따라 레이저 빔의 방출각도가 제1레이저 조향기(310)에 의해 대응되도록 제어될 수 있다.
- [0087] 앞서 설명한 바와 같이 레이저 빔을 취성 기관의 가공면(10)의 표면상에서 이동궤적으로 레이저 빔을 이동시키는 제2레이저조향부(320)는 두 개의 미러(반사부재)인 제2가로조향부(321) 및 제2세로조향부(322)를 포함한다. 기 결정된 패턴을 따라 레이저 빔을 이동시킴으로써 취성 기관의 가공면(10)을 가공하는 제2레이저조향부(320)는 두 개의 축인 제2가로조향부(321) 및 제2세로조향부(322)를 포함한다. 또한, 가공과정에서 홀이 형성됨에 따라 달라지는 높이방향의 초점을 실시간으로 보정하기 위한 다이나믹 포커싱 모듈(400)의 이동 축을 본 발명의 일 실시예인 홀 가공 장치는 포함할 수 있다. 즉, 다섯 가지의 축을 이동시킴으로써 레이저 빔의 굴절율을 제어하여 취성 기관의 가공면(10)을 레이저 빔으로 가공하는 내용을 포함하고 있다.
- [0088] 본 발명의 일 실시예 따른 홀 가공 장치를 이용하여 후술하는 레이저 조절 단계(S40)를 구현하기 위한 작동 모습을 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0089] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 방법 중 레이저 빔이 제1레이저 조향기 및 제2레이저 조향기에 의해 굴절율이 제어되는 것을 나타낸 도면이고, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 의한 다양한 레이저 빔의 굴절 경로를 나타낸 구성도이며, 도 11은 도 10의 굴절렌즈를 통해 입사되는 하나의 레이저를 분할하고 분할된 각각의 레이저 빔을 집속렌즈를 통해 집속하여 가공대상물로 방출하는 것을 나타낸 도면이고, 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치에 따른 가공대상물의 표면에 레이저 빔이 입사되는 입사각의 예시를 나타낸 도면이다.
- [0090] 도 2 및 도 9에 참조된 바와 같이, 레이저발생부(100)에서 발생(S1)된 레이저 빔은 빔 익스펜더(200)로 전달(S2)되고, 빔익스펜더를 통과한 레이저 빔은 제1레이저 조향기(310)에 전달될 수 있다. 제1레이저 조향기(310)는 제1가로 조향기(311) 및 제1세로 조향기(312)를 포함하는데, 제1가로 조향기(311) 및 제1세로 조향기(312) 각각은 임의의 평면 상에 가로축(x축) 및 세로축(y축) 상에서의 레이저 빔이 가공대상물(10)에 전달될 입사각을 조절할 수 있다.
- [0091] 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따른 가공대상물의 표면에 레이저 빔이 입사되는 입사각의 예시들을 나타낸

도 7을 참조하면, 레이저 빔은 제1레이저 조향기(310)에 의해 가공대상물(10)의 표면에 도달하는 입사각이 제어될 수 있다. 제어된 입사각에 의해 레이저 빔의 입사방향으로 홀의 형성을 수행할 수 있다. 레이저 빔의 입사각 제어는 이하의 설명과 같다.

[0092] 가공대상물(10)에 입사되는 레이저의 입사각을 설명하기 위한 일 예로써, 제2레이저 조향기(320)로부터 가공대상물(10)로 전달되는 제2레이저(도 9의 B)가 평면인 가공대상물(10)의 일 표면으로부터 수직으로 입사되는 기본상태를 기준으로 후술한다. 또한, 상기 기본상태는 제2레이저 조향기(320)가 제어하지 않고 고정된 상태로써, 제1레이저 조향기(310)의 제어에 의존하여 전달되는 제1레이저(A)의 각편향을 설명한다. 제1레이저 조향기(310)에 의해 각편향되어 조사되는 제1레이저(도 9의 A)의 각편향은 제2레이저 조향기(320)를 경유하여 제2레이저(B)의 형태로 가공대상물(10)에 도달할 수 있다. 여기서, 제2레이저(B)의 형태란, 각편향 제어가 된 각편향레이저(A1)가 제2레이저 조향기(320)를 경유하면서 굴절이 되면서 가공대상물(10)에 입사되는 것을 의미한다. 입사각은 제2레이저 조향기(320)에 포함되는 제2가로 조향기(321) 및 제2세로 조향기(322)에 의해서 달라질 수도 있고, 상기 입사각은 제1레이저 조향기(310)의 전적으로 제어에 의해 결정될 수도 있다.

[0093] 그리고, 기 결정된 패턴을 가공대상물(10)에 가공하기 위해 가공형상(10a, 10b) 상의 일지점으로부터 가공형상(10a, 10b)의 형태를 따라 레이저가 이동될 수 있다. 도시된 가공레이저(B1, B2)를 일 예로 설명하면 가공대상물(10)에 수직 이외의 각도로 가공레이저(B1)가 입사되면, 제2레이저 조향기(320)에 의해 가공형상(10a)을 따라 제1이동레이저(B1')와 같이 이동될 수 있다. 이 때 제2레이저 조향기(320) 내의 레이저 조사점과 가공대상물(10) 간의 거리는 레이저의 이동에 따라 달라질 수 있고, 달라지는 거리에 의해 레이저의 입사각도 달라질 수 있다. 이러한 변경값을 보정하고 제어하기 위해 제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320)에 포함된 제1가로 조향기(311), 제1세로 조향기(312), 제2가로 조향기(321) 및 제2세로 조향기(322) 중 하나 이상이 가능할 수 있다. 즉, 이들 중 하나 이상의 제어에 의해 이러한 변경값의 보정이 이루어질 수 있다.

[0094] 또한, 제1레이저(A)의 오프셋 제어는 오프셋레이저(A2)와 같이 레이저의 위치를 변경할 수 있다. 예를 들어, 제2레이저(B)가 가공대상물(10)의 평면인 일 면에 대하여 수직으로 입사되는 것을 기준이라고 할 때, 상기 기준으로부터 레이저 입사위치를, 입사각도의 변경없이 가공레이저(B2)로부터 제2이동레이저(B2')로 변경시킬 수 있다. 물론 가공시에는 가공형상(10a, 10b)을 따라 레이저가 이동되는 과정에서 레이저의 입사위치 및 입사각이 변경될 수 있으나 제1레이저 조향기(310)에 의해서 레이저의 초기 입사위치가 결정될 수 있다.

[0095] 상기 기준으로부터 제1레이저 조향기(310)에 의해 오프셋이 제어된 레이저인 제2이동레이저(B2')는 레이저의 초기 입사위치로 이동된 형태의 일 예라고 할 수 있다. 물론, 상기 기준으로부터 제1레이저 조향기(310)에 의해 각편향이 제어된 레이저인 제3이동레이저(B2'')의 형태로 레이저는 이동될 수도 있다.

[0096] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 가공 장치는 레이저발생부(100)에서 생성된 레이저를 빔 익스펜더(200)에 통과되도록 조사할 수 있다. 빔익스펜더(200)를 통과한 레이저는 레이저는 제1레이저 조향기(310)를 통과하면서 각편향 및 오프셋 중 하나 이상의 제어가 될 수 있다. 각편향 또는 오프셋 중 하나 이상의 제어가 되거나 기본형으로 조사되는 레이저는 다이내믹 포커싱 모듈(400)을 경유(S4)하여 제2레이저 조향기(320)에 도달할 수 있다.

[0097] 상기 제2레이저 조향기(320)에 도달한 레이저는 제2레이저 조향기(320)에 의해 가공대상물(10)에 형성될 가공형상을 따라 이동되도록 제어될 수 있다. 제2레이저 조향기(320)를 통과한 레이저는 가공대상물(10)에 전달되어 가공대상물(10)을 가공할 수 있다.

[0098] 여기서, 레이저발생부(100)에서 발생된 레이저를 전달받는 제1레이저 조향부(310)에 포함되는 제1가로 조향기(311) 및 제1세로 조향기(312)는 임의의 XY평면 상에서 가로방향(X방향) 및 세로방향(Y방향)으로 각각 레이저를 각편향시킬 수 있으므로, 제1가로 조향기(311) 및 제1세로 조향기(312)가 하나 이상 제어되며 제1레이저(A1)의 각편향을 수행할 수 있다. 오프셋은 제1가로 조향기(311) 및 제1세로 조향기(312) 중 하나 이상이 각도는 유지하되, 위치이동되며 제어될 수 있고, 제1레이저 조향기(310)는 각도는 유지하되, 자체가 이동되며 제어될 수 있다.

[0099] 상기와 같이 각편향 및 오프셋 중 하나 이상이 제어되거나 별도의 제어없이 레이저가 제2레이저 조향기(320)로 전달되면, 레이저는 제2레이저 조향기(320)를 경유하여 가공대상물(10) 상의 가공형상 일지점에 조사될 수 있다. 즉, 가공대상물(10)을 임의의 XY평면이라고 할 때, 제2가로 조향기(321) 및 제2세로 조향기(322)에 의해 가로방향(X방향) 및 세로방향(Y방향)으로 제어 가능하므로, 가공형상(10a, 10b)을 따라 레이저가 이동되도록 제어할 수 있다.

- [0100] 이러한 레이저의 이동은 레이저가 상기 XY평면 상에 상기 일지점을 향해 조사되는 경우에 상기 일지점이 XY평면 으로부터 수직방향을 제외한 방향으로 조사되는 경우에도 적용될 수 있다.
- [0101] 한편, 도 10을 참조하면, 프리즘(Prism), 웨지옵틱(Wedge optic), 렌즈(Lens) 등의 광학계 회전을 이용한 광학 헤드를 이용할 수도 있다.
- [0102] 이러한 광학계는 굴절 및 집광 등의 기능을 하는 구성을 포함하며, 상기 구성은 회전중심으로부터 각도편향 배 치가 되어 회전각도에 따라 굴절 및 집광 결과가 달라질 수 있다. 이러한 원리를 이용하여 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다.
- [0103] 도 10을 참조하면, 헬리컬 드릴링 장치는 복수 개의 렌즈(600; 610, 620, 630, 640, 650)를 각각 수용하는 보조 헤드부 및 각 보조헤드부가 개별적인 회전이 가능하도록 연결된 메인헤드부를 포함할 수 있다. 레이저발생부 (100)로부터 생성된 레이저를 굴절시켜 가공대상물(10)의 표면에 도달하는 레이저 빔의 각도를 기 결정된 각도 로 조절할 수 있다.
- [0104] 후술할 본 실시예의 구현예인 도 10(a)는 4개 이상의 렌즈를 포함하고 있는 실시예이며, 이를 통해 구체적으로 설명하도록 한다. 상기 복수 개의 렌즈는, 레이저 빔이 통과되는 순서로 제1렌즈, 제2렌즈, 제3렌즈 및 제4렌즈 를 포함한다. 다이내믹 포커싱 모듈(400)을 통해 조절된 레이저 빔은 제1렌즈를 통해 1차적으로 굴절될 수 있다. 굴절된 레이저 빔은 제2렌즈 내지 제4렌즈를 더 통과하며 기 결정된 굴절값으로 굴절되어 가공대상물(1 0)의 표면에 도달하는 각도를 형성할 수 있다. 가공대상물(10)의 표면에 도달하는 각도는 상기 표면으로부터 수 직방향인 90도가 될 수 있고, 수직방향으로부터 일정각도 이격된 각도가 될 수도 있다.
- [0105] 상기 기 결정된 각도는, 본 실시예의 다른 구현인 도 10(b)의 예시와 같이, 복수 개의 렌즈 중 어느 하나 이상 이 제거되거나, 또 다른 렌즈가 새로 추가되어 형성될 수 있고, 기 장착된 어느 하나의 렌즈가 새로운 렌즈로 교체되어 구현될 수 있다. 이는 굴절율을 결정하기 위한 방법 중 하나이고 요구되는 굴절율에 따라, 요구에 만 족할 수 있는 경사면이 마련된 렌즈를 선택적으로 채용(렌즈의 위치 및 렌즈의 수)할 수 있다. 또한, 복수 개의 렌즈는 각각이 회전 가능하여 렌즈 굴절율을 조절하기 위해 기 결정된 각도 회전이 될 수 있다. 여기서 상기 회 전은 보조헤드부 각각이 메인헤드부의 내경과 회전가능하도록 연결됨으로써, 가공대상물(10)에 도달할 레이저 빔의 기 결정된 각도를 형성할 수 있다.
- [0106] 상기 가공대상물(10)의 표면에 도달하는 각도가 복수 개의 렌즈에 의해 형성되면, 메인헤드부는 각각의 보조헤 드부와 고정된 상태로 회전될 수 있다. 물론, 앞서 설명한 원뿔대형의 홀을 가공하기 위해 각각의 보조헤드부는 메인헤드부에 고정되어 회전될 수 있다. 즉, 가공대상물(10)의 표면에 대하여 기 결정된 각도로 방출되는 레이 저 빔이 상기 기 결정된 각도를 유지하면서 메인헤드부의 원심을 회전축 삼아 회전될 수 있다. 물론 기 결정된 각도를 유지하기 위해서는 가공대상물(10)의 표면과 메인헤드부의 회전축방향이 서로 수직이 되도록 배치되어야 하므로, 상술한 설명은 일 실시예에 불과하며, 가공될 홀의 통공 방향에 따라 달리 결정될 수도 있다.
- [0107] 아울러, 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 일 실시예는, 도 11에 참조된 바와 같이, 굴절렌즈(660, 670)를 통해 입사되는 하나의 레이저를 분할하고 분할된 각각의 레이저 빔을 집속렌즈(680)를 통해 집속하여 가공대상물(1 0)로 방출하는 실시예로 구현될 수 있다. 즉, 본 실시예에서는, 굴절율을 굴절렌즈(660, 670)의 회전, 제거 및 추가 중 하나 이상의 선택사항을 채용하여 결정할 수 있다.
- [0108] 레이저의 입사각의 예시가 도시된 도 12를 참조하면, 제2레이저 조향기(320)를 통과한 레이저가 가공대상물(1 0)에 도달하는 예시를 개시하고 있다. 여기서 가공대상물(10) 표면으로부터 수직하방으로 전달되는 레이저는 수 직입사레이저(I)이고, 상기 표면으로부터 제1각도(θ')의 입사각을 형성하면서 입사되는 레이저는 제1각도입사 레이저(II)이며, 상기 표면으로부터 제2각도(θ'')의 입사각을 형성하면서 입사되는 레이저는 제2각도입사레이 저(III)이다.
- [0109] 상기 표면에 도달하는 레이저는 제2레이저 조향기(320)에 의해, 가공될 가공형상에 따라 이동되도록 제어될 수 있다. 측면측을 도시한 도 12는 레이저가 하방으로 전달되는 방향과 상기 레이저(I, II, III)가 이동된 상태의 위치(I', II', III')도 함께 도시되어 있다.
- [0110] 수직입사레이저(I)의 경우에, 수직방향의 홀을 형성할 수 있고 제2레이저 조향기(320)에 의해 레이저 조사위치가 홀의 중심축을 기준으로 반대편에 위치(I'의 위치)될 수 있다. 평면상에서는 레이저가 홀의 둘레를 따라 원 형으로 이동되므로 원형의 홀이 형성될 수 있다.
- [0111] 한편, 제1각도(θ') 및 제2각도(θ'')는 서로 다를 수 있는데, 제1각도입사레이저(II) 및 제2각도입사레이저

(III)이 가공대상물(10)과 형성하는 각도가 될 수 있다. 제1각도입사레이저(II)는 원형의 홀을 가공하는 경우에 제2레이저조향기(320)에 의해 레이저가 원형의 홀의 둘레를 따라 회전되도록 이동될 수 있다. 회전시에는 레이저가 교차하는 교차점이 발생할 수 있는데, 레이저의 교차점이 가공대상물(10)의 표면으로부터 상방에 위치하면 가공대상물(10)에 형성되는 홀은 하방으로 갈수록 지름이 넓어질 수 있고, 제2각도입사레이저(III)와 같이 상기 교차점이 가공대상물(10)의 표면으로부터 하방에 위치하면 교차점에 도달할때까지는 가공대상물(10)에 형성되는 홀은 하방으로 갈수록 지름이 좁아질 수 있다.

[0112] 물론, 상기 홀의 가공 중에 제1레이저 조향기(310) 및 제2레이저 조향기(320)의 동작이 개입되어 상기 제1각도 및 상기 제2각도는 변경될 수 있다. 따라서, 원형의 홀뿐만 아니라 다양한 가공형상에 대응되도록 레이저가 가공대상물(10)과 간섭을 피할 수 있는 제어가 이루어질 수 있다.

[0113] 이하, 상기한 구성으로 이루어진 본 발명에 따른 홀 가공 장치를 이용한 홀 가공 방법의 일 실시예를 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0114] 도 1을 참조하면, 기관 준비 단계(S10)는, 완전 소결된 상태로 준비된 취성 기관을 미도시의 작업대에 거치 및 고정하는 단계일 수 있다. 취성 기관이 완전 소결된 것으로서, 일반 드릴링 공구에 의한 정밀 홀 가공 작업이 불가능하여, 본 발명에 따른 프린팅 기관의 홀 가공 방식인 레이저 가공 방식을 취할 경우에 해당되는 취성이 높은 재질이면 취성 기관에 한정되는 것은 아님에 주의하여야 한다.

[0115] 레이저 발진 단계(S20)는, 레이저발생부(100)를 이용하여 레이저 드릴링을 하기 위한 나노초, 피코초, 또는 펨토초 레이저 중 하나를 선택하여 구동 발진하는 단계일 수 있다. 여기서, 발진되는 레이저의 빔폭은 상술한 바와 같이, 취성 기관의 상면에 가공할 홀의 직경보다 작은 크기의 빔 폭을 가지는 것이 바람직하다.

[0116] 한편, 레이저 고정 단계(S30)는, 다이내믹 포커싱 모듈(400)을 이용하여 빔 익스팬더(200)를 경유한 레이저 빔의 수렴 및 발산을 조절하여 레이저 빔의 취성 기관의 가공면 상의 z축 위치, 즉 레이저 빔의 초점 높이를 조절하는 단계일 수 있다.

[0117] 이와 같은 레이저 고정 단계(S30)는 후술하는 레이저 조절 단계(S40)와 개별적으로 수행되거나 동시에 수행되는 단계일 수 있다.

[0118] 한편, 레이저 조절 단계(S40)는, 도 8에 참조된 바와 같이, 제1레이저 조향기(310)를 통해 제2레이저 조향기(320)로 전달되는 레이저인 제1레이저(A)의 오프셋 양을 제어하는 오프셋 제어 과정을 포함할 수 있다.

[0119] 나아가, 레이저 조절 단계(S40)는, 오프셋 제어 과정과 각편향 제어 과정이 동시에 제어되도록 제1레이저 조향기(310)는 제1레이저(A)의 오프셋 및 각편향을 동시에 제어할 수도 있고, 동시 제어에 의해 제2레이저 조향기(320)를 통한 취성 기관의 가공면(10)로의 레이저 입사각 및 레이저 위치를 특정할 수 있다.

[0120] 아울러, 레이저 조절 단계(S40)는, 제2레이저 조향기(320)에 의해 곡선 및 직선 중 하나 이상을 포함하는 궤적으로 레이저를 이동시키는 단계로 정의될 수 있다. 따라서, 취성 기관의 가공면에 형성할 홀의 일부면에 제1레이저 조향기(310)에 의하여 입사각이 결정된 후에, 홀의 형상에 맞도록 상술한 곡선 및 직선 중 하나 이상의 궤적으로 제2레이저 조향기(320)를 제어함으로써 최종적으로 원하는 홀을 가공할 수 있게 된다.

[0121] 한편, 레이저 조절 단계(S40)는, 취성 기관에 형성할 홀의 내측면 경사도를 포함하는 형상에 따라 제2레이저 조향기(320)에 구비된 한 쌍의 스캔미러를 상이하게 작동 제어하는 단계일 수 있다.

[0122] 여기서, 레이저 조절 단계(S40)는, x축 및 y축 상의 수평방향을 따라 레이저 빔의 동작을 제어하는 제2레이저 조향기(32)에 의하여 취성 기관을 완전히 관통하는 홀을 형성하여야 하므로, 다이내믹 포커싱 모듈(400)의 제어를 통해 레이저 조절 단계(S40)의 수행과 동시에 레이저의 초점이 가변 가능하도록 레이저 고정 단계(S30)를 동시에 수행할 수 있는 단계일 수 있다.

[0123] 한편, 본 발명에 따른 홀 가공 장치 및 방법의 실시예들은 상술한 취성 기관인 프린팅 기관으로 설정되는 가공대상물(10)에 한정되는 것은 아니며 다양한 가공대상물에 적용될 수 있다.

[0124] 일 예로, 도 13 및 14는 본 발명에 따른 홀 가공 장치가 터빈 블레이드(B)의 냉각홀(H) 가공에 적용되어 냉각홀(H)이 가공된 터빈 블레이드를 예시한 도면이다.

[0125] 도 13 및 14를 참조하면, 본 발명에 따른 홀 가공 장치의 일 실시예를 이용하여, 냉각홀(H)을 터빈 블레이드(B)의 하나의 면을 구성하는 블레이드 면(B1 및 B2) 중 일면(B1)에 형성할 수 있다.

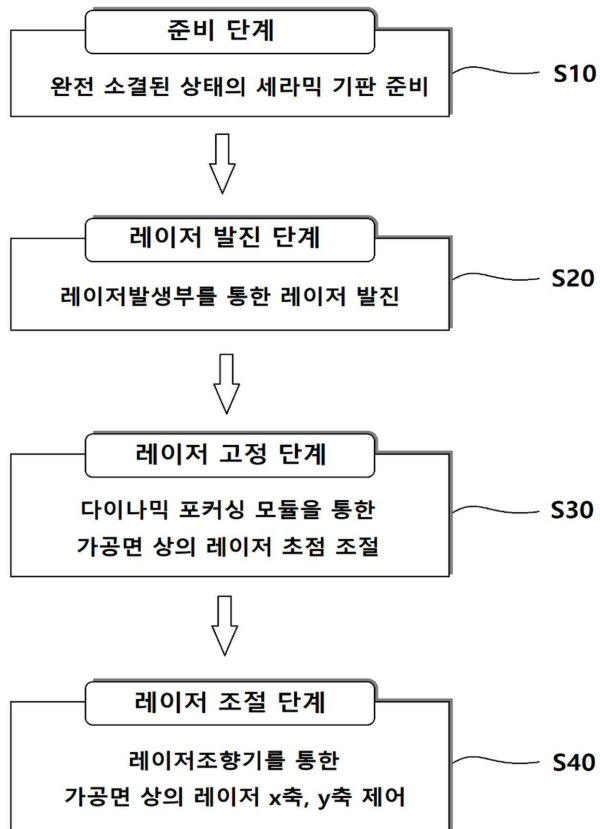
[0126] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

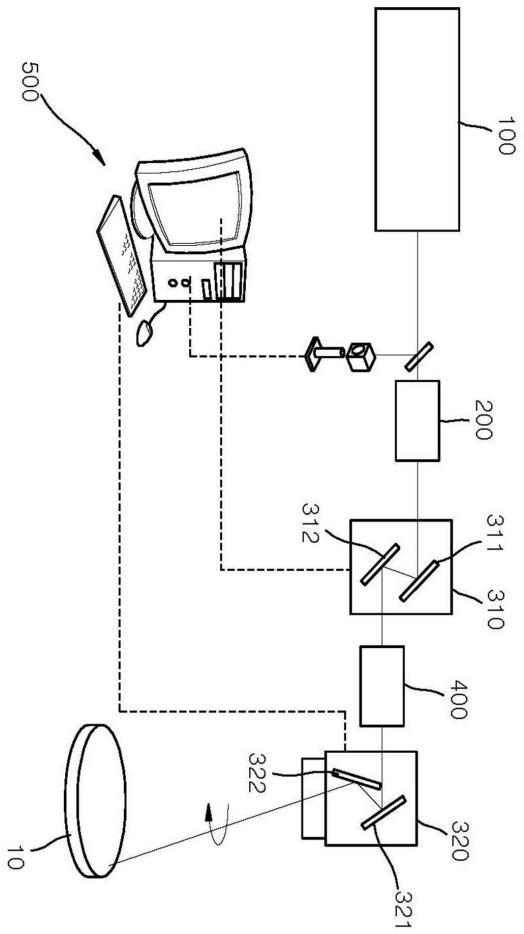
- [0127]
- | | |
|---------------------|---------------------|
| 10 : 취성 기관의 가공면 | 10a, 10b : 가공형상 |
| 11 : 취성 기관의 가공면의 일측 | 12 : 취성 기관의 가공면의 타측 |
| 100 : 레이저발생부 | 200 : 빔익스펜더 |
| 300 : 레이저조향기 | 310 : 제1레이저 조향기 |
| 311 : 제1가로조향기 | 312 : 제1세로조향기 |
| 320 : 제2레이저 조향기 | 321 : 제2가로조향기 |
| 322 : 제2세로조향기 | 400 : 다이내믹 포커싱 모듈 |
| 500 : 제어부 | M1 : 제1이동 |
| M2 : 제2이동 | A : 제1레이저 |
| A1 : 각편향레이저 | A2 : 오프셋레이저 |
| B : 제2레이저 | B1, B2 : 가공레이저 |
| B1' : 제1이동레이저 | B2' : 제2이동레이저 |
| B2'' : 제3이동레이저 | |

도면

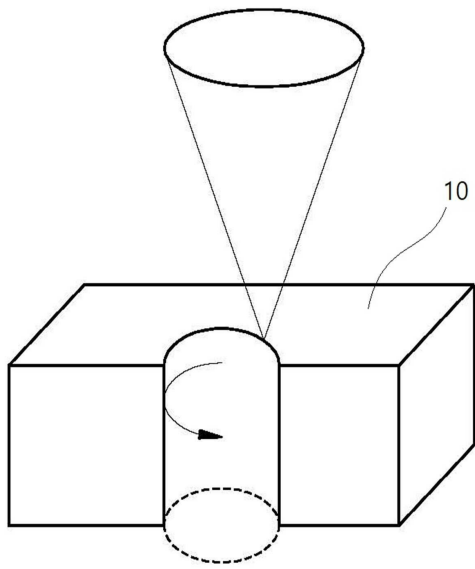
도면1



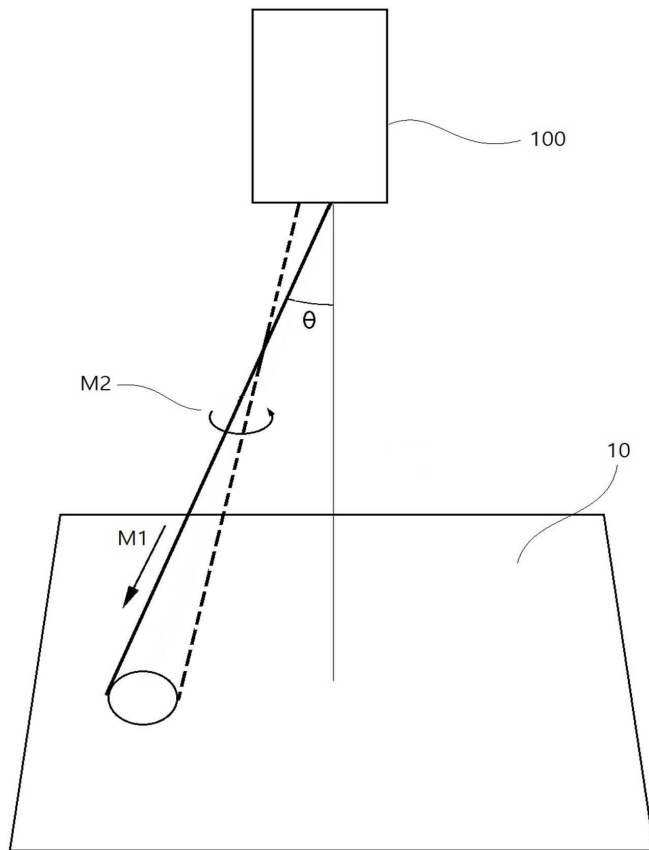
도면2



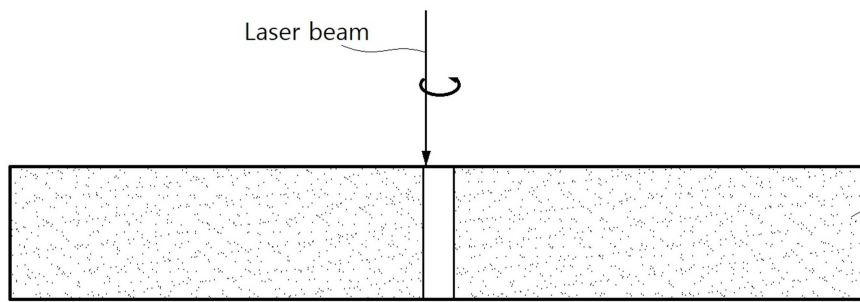
도면3



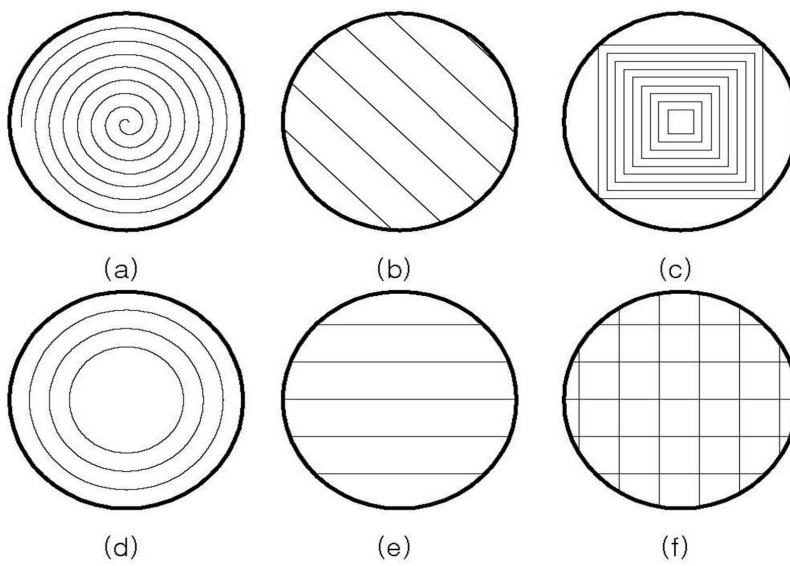
도면4



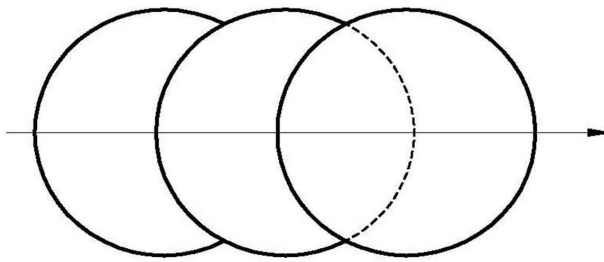
도면5



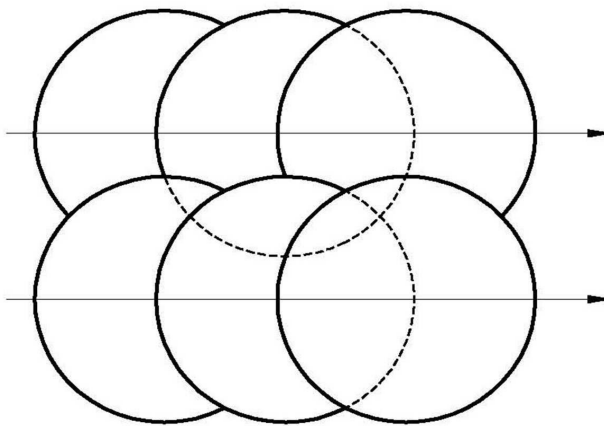
도면6



도면7

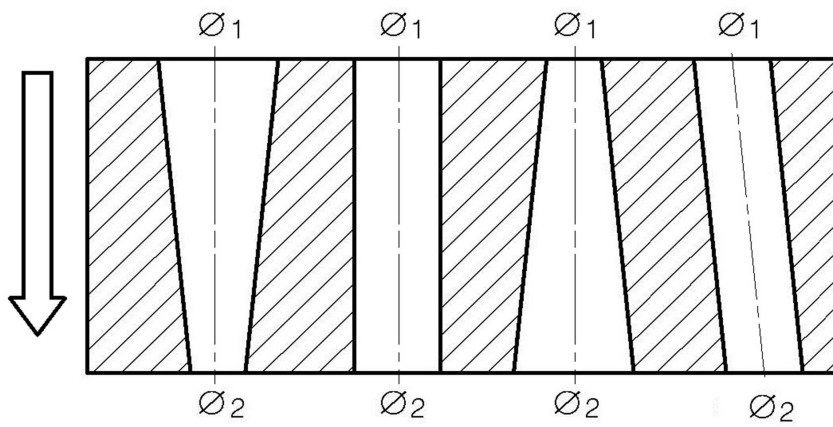


(a)

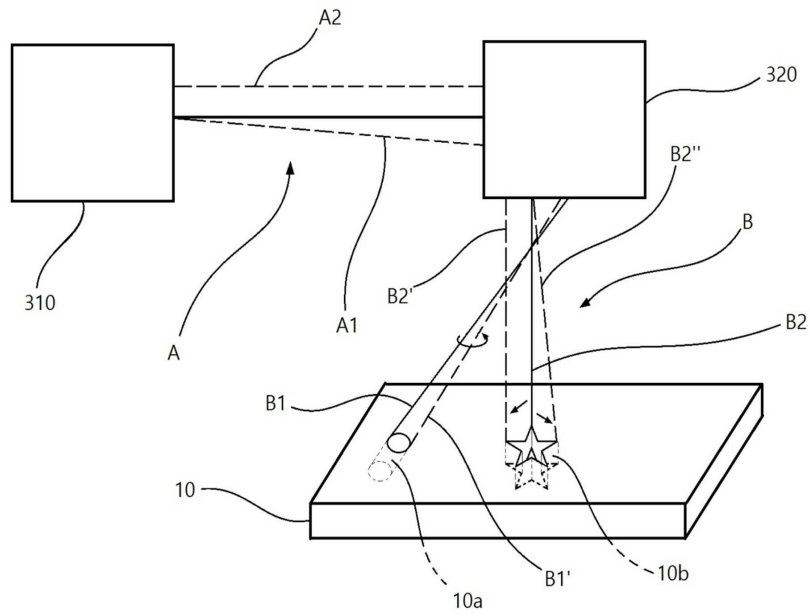


(b)

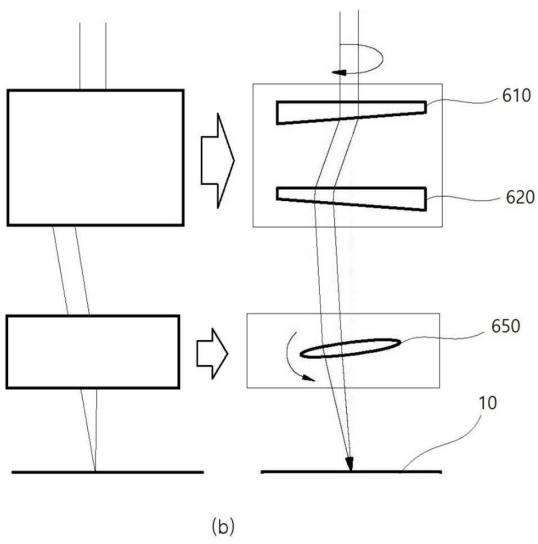
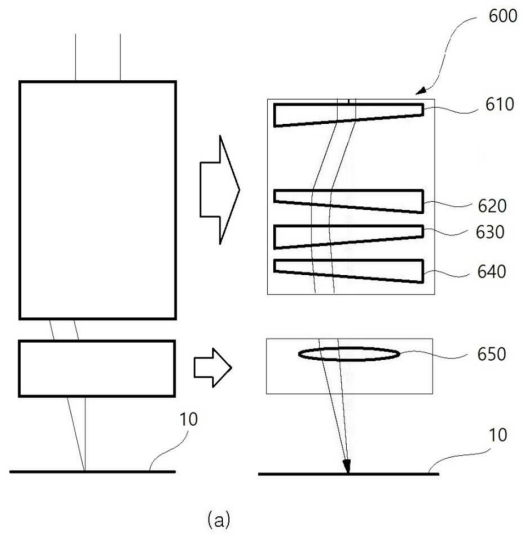
도면8



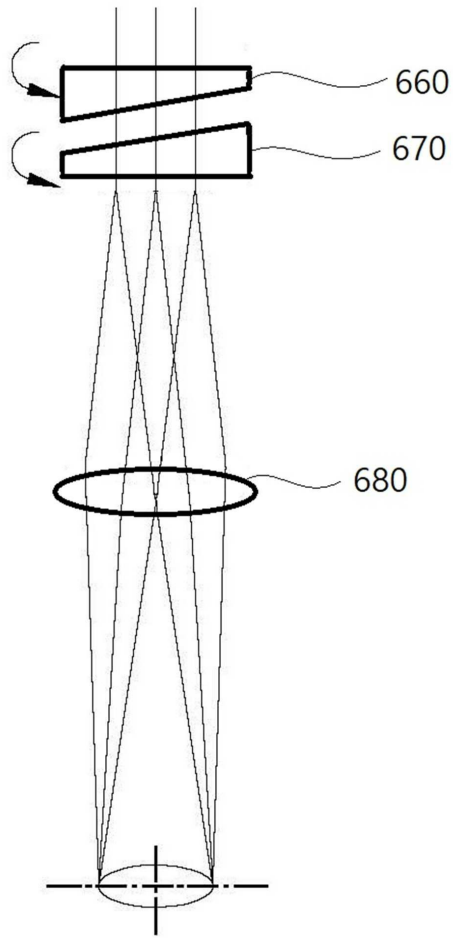
도면9



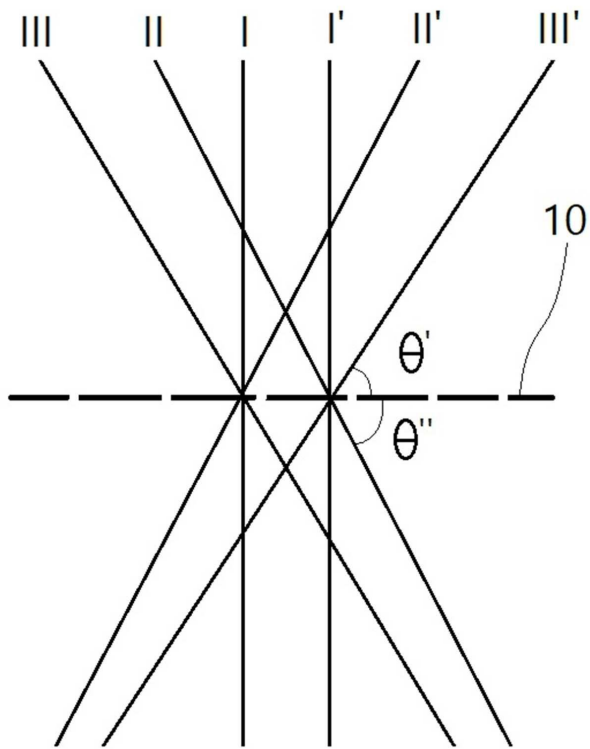
도면10



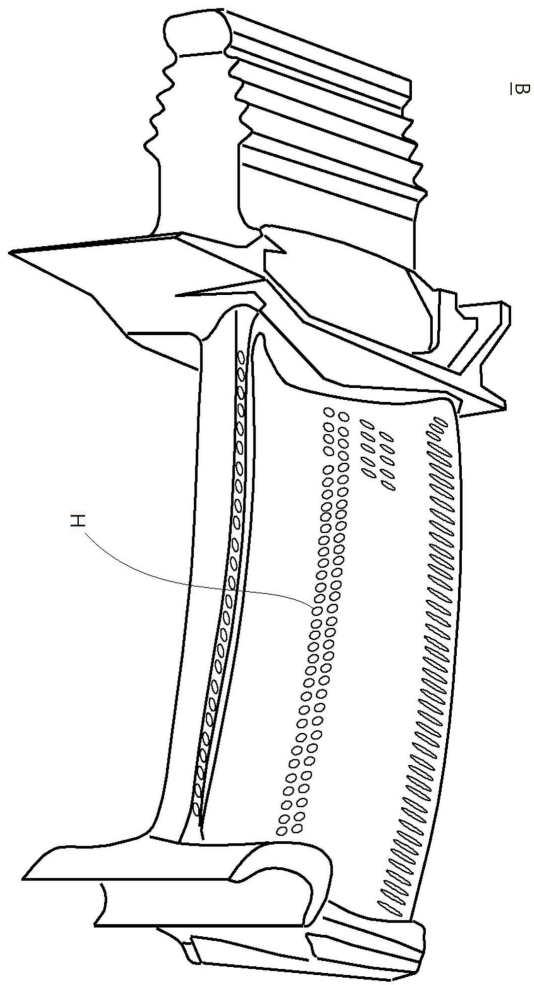
도면11



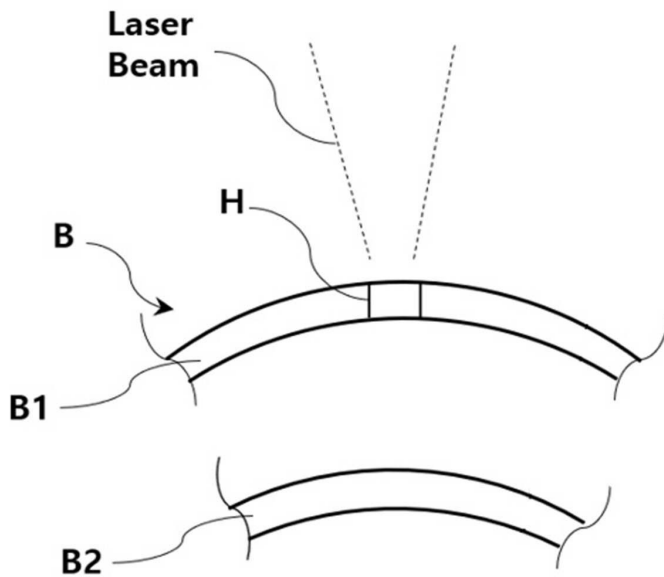
도면12



도면13



도면14



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

청구항 2에 있어서,

상기 제1레이저 조향기의 상기 제1가로조향기 및 상기 제1세로조향기와, 상기 제2레이저 조향기의 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기는, 각각 수평축을 기준으로 회동되는 한 쌍의 스캔미러로 구성되고,

상기 레이저 조절 단계는,

상기 가공대상물에 형성할 홀의 내측면 경사도를 포함하는 형상에 따라 상기 한 쌍의 스캔미러를 상이하게 작동 제어하는, 홀 가공 형성 방법.

【변경후】

청구항 2에 있어서,

상기 제1레이저 조향기의 상기 제1가로조향기 및 상기 제1세로조향기와, 상기 제2레이저 조향기의 상기 제2가로조향기 및 상기 제2세로조향기는, 각각 수평축을 기준으로 회동되는 한 쌍의 스캔미러로 구성되고,

상기 레이저 조절 단계는,

상기 가공대상물에 형성할 홀의 내측면 경사도를 포함하는 형상에 따라 상기 한 쌍의 스캔미러를 상이하게 작동 제어하는, 홀 가공 방법.