



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0023557  
 (43) 공개일자 2016년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)  
*B21J 15/02* (2006.01) *B21J 15/10* (2006.01)  
*B21J 15/16* (2006.01) *B21J 15/24* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*B21J 15/02* (2013.01)  
*B21J 15/10* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2015-0113356  
 (22) 출원일자 2015년08월11일  
 심사청구일자 없음  
 (30) 우선권주장  
 14/464,951 2014년08월21일 미국(US)

(71) 출원인  
**더 보잉 컴파니**  
 미국, 일리노이스 60606, 시카고, 100 노스 리버  
 사이드 플라자  
 (72) 발명자  
**크리스텐센, 타일러**  
 미국 60606-1596 일리노이 시카고 피35-50 피.오.  
 박스 16858 더 보잉 컴파니 (내)  
**샤, 브란코**  
 미국 60606-1596 일리노이 시카고 피35-50 피.오.  
 박스 16858 더 보잉 컴파니 (내)  
**그로스너클, 제임스 애이.**  
 미국 60606-1596 일리노이 시카고 피35-50 피.오.  
 박스 16858 더 보잉 컴파니 (내)  
 (74) 대리인  
**특허법인 남앤드남**

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 동기화된 다단식 전자기 리벳 건을 위한 장치 및 방법

### (57) 요약

리벳들을 설치하는 방법(400) 및 시스템(100)이 개시된다. 상기 방법(400)은: 결합될 구조물(202)을 통해 리벳을 위치시키는 단계(402)를 포함한다. 상기 방법(400)은 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건(102)을 위치시키는 단계 및 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건(104)을 위치시키는 단계(404)를 포함한다. 상기 방법은 또한 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계(406)를 포함하여, 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물(202) 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄한다.

(52) CPC특허분류

*B21J 15/16* (2013.01)

*B21J 15/24* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

리벳들을 설치하는 방법(400)으로서, 결합될 구조물(202)을 통해 리벳(206)을 위치시키는 단계(402); 상기 리벳(206)의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건(102)을 위치시키는 단계(404); 상기 리벳(206)의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건(104)을 위치시키는 단계(404); 및 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계(406)를 포함하여, 상쇄되지 않으면, 리벳(206) 설치 중 구조물(202) 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄하는, 리벳들을 설치하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 리벳(206)에 복수 회 충격을 부여하도록 구성되며, 상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계는, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격을 동기화하는 단계를 포함하는, 리벳들을 설치하는 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 각각의 리벳 건(102, 104)은 발사 튜브(602) 및 발사 튜브(602) 내의 발사체(606)를 포함하며, 상기 발사체(606)의 속도는, 리벳 건이 리벳(206)에 충격을 부여하는 힘 및 리벳 건(102, 104)의 힘이 리벳(206)에 충격을 부여하는 시기 중 하나 이상에 영향을 미치고, 상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계는: 각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계를 포함하여, 제 1 리벳 건(102)의 발사체(606) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사체(606)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 실질적으로 동시에 리벳(206)에 충격을 부여하게 하는 것을 유발하는, 리벳들을 설치하는 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는, 상기 발사 튜브(602) 내에서 발사체(606)의 위치를 검출하도록 각각의 리벳 건(102, 104)에서 광학 센서(604a 내지 604h)들을 활용하는 단계, 및 상기 발사체(606)의 검출된 위치에 기초하여 리벳 건(102, 104)에서 전자기 코일(608a 내지 608h)들의 발사를 제어하는 단계를 포함하는, 리벳들을 설치하는 방법.

#### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는,

상기 리벳(206)의 구조적 특성들 또는 결합되는 구조물(202)의 구조적 특성들 중 하나 이상에 기초하여 각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 제어하는 단계를 포함하는,

리벳들을 설치하는 방법.

### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는,

각각의 리벳 건(102, 104)에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계를 포함하여, 제 1 리벳 건(102)의 발사체(606) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사체(606)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 서로 100 마이크로초 내에서 리벳(206)에 충격을 부여하는 것을 유발하는,

리벳들을 설치하는 방법.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계는 전자기 리벳 건(102, 104)들의 발사를 동기화하는 단계를 포함하는,

리벳들을 설치하는 방법.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 결합될 구조물(202)을 통해 리벳(206)을 위치시키는 단계는 금속 구조물 또는 복합재 구조물(202)을 통해 리벳(206)을 위치시키는 단계를 포함하는,

리벳들을 설치하는 방법.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 리벳(206)의 설치 중 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 공냉하는 단계를 더 포함하는,

리벳들을 설치하는 방법.

### 청구항 10

리벳팅 시스템(100)으로서,

제 1 리벳 건(102);

제 2 리벳 건(104); 및

콘트롤러(106)를 포함하며,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 상기 제 2 리벳 건(104)은 구조물(202)을 결합하기 위해서 설치될 리벳(206)의 양쪽 측면들 상에서 작동하도록 구성되며,

상기 콘트롤러(106)는, 상쇄되지 않으면, 구조물(202) 내로 전파할 수 있는 힘들이 상쇄되도록 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하도록 구성되는,

리벳팅 시스템.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은, 발사 튜브(602) 내에 발사체(606)를 포함하고,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은 상기 발사 튜브(602)에 대해 배치된 복수 개의 광학 센서(604a 내지 604h)들을 포함하며, 상기 콘트롤러(106)는 상기 발사 튜브(602) 내에서 검출된 발사체(606) 위치 상에 적어도 부분적으로 기초하여 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 작동시키도록 프로그램되는,

리벳팅 시스템.

### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 콘트롤러(106)는, 리벳(206)의 구조적 특성들 또는 결합되는 구조물(202)의 구조적 특성들 중 하나 이상에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 작동시키도록 더 프로그램되는,

리벳팅 시스템.

### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은 상기 발사체(606)의 이동을 유발하도록 작동가능한 복수 개의 전자기 코일(608a 내지 608h)들을 포함하고,

상기 콘트롤러(106)는 검출된 발사체(606) 위치에 기초하여 상기 전자기 코일(608a 내지 608h)들의 발사를 제어하기 위해 신호들을 적용하도록 작동가능한,

리벳팅 시스템.

### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 리벳(206)에 복수 회 충격을 부여하도록 구성되며,

상기 콘트롤러(106)는, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격을 동기화하도록 구성되는,

리벳팅 시스템.

### 청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 전자기 리벳 건들인,

리벳팅 시스템.

## 발명의 설명

### 배경기술

[0001] 본원에서 달리 나타내지 않는 한, 본 섹션에서 설명된 재료들은 청구항들에 대한 종래 기술이 아니며, 본 섹션에 포함함으로써 종래 기술로 인정되지 않는다.

[0002] 항공 산업에서, 리벳들과 같은 구조적 패스너(fastener)들은 보편적으로 판금 구성요소들과 같은 구조물을 결합하는데 사용된다. 일례에서, 리벳들은, 항공기의 주요 구조물들(예컨대, 동체(fuselage), 날개(wing)들, 및 테일(tail)) 뿐만아니라 항공기 부속 구조물들(예컨대, 방향타(rudder)들)의 구성을 위해 사용된다. 리벳들은 보편적으로 강력한 공기역학적 평활면을 제공하도록 공기역학적 표면(aerodynamic skin)을 프레임에 체결하는데 사용된다. 게다가, 리벳들은 또한 리벳들이 구조용 구성요소들을 함께 체결하는 경량이며 확실한 방법을 제공하기 때문에 항공기들의 내부 구조물에 보편적으로 사용된다.

[0003] 설치 이전에, 리벳은 통상적으로 일단부 상에 헤드를 그리고 타단부 상에 테일(보편적으로, 베크-테일(buck-

tail)로 지칭됨)을 갖는 원통형 샤프트로 구성된다. 구조물을 결합하기 위해서 리벳들을 설치하기 위한 설치 프로세스는, 전형적으로 리벳 건(rivet gun) 및 버킹 바(bucking bar)의 사용을 포함한다. 특히, 전형적인 리벳 설치 프로세스는, 구조물에서 구멍을 형성하는 단계 그리고 이후에 리벳 구멍에 리벳을 배치하는 단계를 포함한다. 리벳 건은 리벳의 일측 상에 배치되고, 버킹 바는 리벳의 반대측 상에 배치된다. 리벳 건은 이후 리벳 상에서 해머작용을 하며, 리벳 건의 힘의 일부는 버킹 바에 의해 흡수된다. 이러한 힘 상태에서, 리벳의 각 단부는 리벳이 리벳 구멍을 채우도록 리벳의 외측방 팽창을 유발하도록 가압된다. 전형적으로, 리벳은 리벳이 얹지끼워맞춤(tight fit)(이는, 보편적으로 인터피어런스 끼워맞춤(interference fit)이라 지칭됨)을 형성할 때 까지 압축된다. 게다가, 설치 중, 테일이 변형되어, 테일이 팽창하고(예컨대, 원래 샤프트 직경의 약 1.5 배), 이에 의해 리벳을 제 위치에 확실히 유지한다.

[0004] 리벳은, 전형적으로, 결합될 구조물의 두께 및 견뎌야 할 응력에 대해 크기가 정해진다. 게다가, 리벳 건의 충격 에너지는, 전형적으로 리벳의 테일 상에서 버튼 엔드(button end)를 완전히 형성하여 리벳 생크와 구멍 사이, 그리고/또는 리벳 헤드와 구조물의 표면 사이의 소망하는 간섭(interference)의 정도를 유발하도록 설계된다.

[0005] 그러나, 전형적인 리벳 설치 프로세스는 다수의 단점들을 갖는다. 예컨대, 전형적인 리벳 설치 프로세스는, 리벳 뿐만아니라 리벳이 설치되는 구조물을 통해 전파하는 충격 에너지를 형성한다. 사실상, 시스템 도처에서 충격 에너지의 전파를 정교하게 제어하는 것은 극도로 어렵다. 시스템 도처에서의 충격 에너지의 전파에 대한 제어의 부족(lack)은, 리벳이 소망하는 간섭의 정도에 부합하는 것에 실패함을 유발할 것이다. 전형적인 리벳 설치 프로세스에서, 리벳 건이 리벳에 충격을 부여할 때, 충격 에너지는 리벳을 통해 이동하며 버킹 바에 부딪히는 충격파를 형성한다. 많은 양의 이러한 충격 에너지가 리벳에 전달되고, 이에 의해 리벳의 변형을 유발한다. 그러나, 리벳 건의 충격 에너지는 또한 다양한 다른 방식들로 전달 또는 발산된다. 예컨대, 전형적으로, 충격 에너지 중 일부는 (예컨대, 열로서) 손실되고, 충격 에너지 중 일부는 버킹 바로 전달되며, 그리고 충격 에너지 중 일부는 결합될 구조물로 전달된다. 이러한 충격 에너지의 전파를 정교하게 제어하는 것이 어렵기 때문에, 바람직하지 않은 에너지 양이 구조물 및/또는 리벳으로 전달될 수 있다. 이에 따라, 전통적인 리벳 설치 프로세스는 리벳들이 소망하는 간섭의 정도에 정밀하게 부합하지 못하는 것을 종종 유발한다.

[0006] 전통적인 리벳 설치 프로세스의 다른 단점은, 전형적인 리벳 설치 프로세스가 대량의 휴먼 피드백(human feedback)을 포함한다는 것이다. 예를 들어, 전형적인 리벳 프로세스는, 고도로 숙련된 작업자가 리벳의 품질을 일관되게 생산하는 것을 포함한다. 게다가, 전형적인 리벳 프로세스는, 리벳들의 설치가 플러시니스(flushness), 간섭 및 버튼 포메이션(button formation)의 특별한 사양들에 일치하는 것을 고도로 숙련된 품질 제어 검사자들이 확인하는 것을 포함한다.

[0007] 전통적인 리벳 설치 프로세스의 또 다른 단점은, 전형적인 리벳 설치 프로세스가 복합재 재료들과 같은 구조물을 결합하는데 적합하지 않다는 것이다. 항공 산업에서, 복합재 재료들을 포함하는 구성요소들의 사용은 널리 알려져 있다. 그러나, 현재에는, 전통적인 리벳 프로세스가 복합재 재료 상에 부과하는 힘 때문에, 복합재 재료들을 결합하도록 리벳들을 사용하는 것은 극도로 어렵다. 상기 설명된 바와 같이, 리벳 건에 의해 형성된 충격 에너지가, 결합될 구조물로 종종 전달된다. 복합재 재료들이 전형적으로 표준 리벳 설치 프로세스의 힘들을 견딜 수 없기 때문에, 보편적으로 리벳들이 복합재 재료들을 결합하는데 사용되지는 않는다.

## 발명의 내용

[0008] 리벳들을 설치하는 방법 및 시스템이 개시된다. 예시적 방법은, 결합될 구조물을 통해 리벳을 위치 설정하는 단계를 포함한다. 이 방법은, 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건을 위치설정하는 단계 및 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건을 위치설정하는 단계를 더 포함한다. 또한 게다가, 이 방법은, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 발사를 동기화하는 단계를 포함하여, 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄한다.

[0009] 예시적 실시예에서, 리벳팅 시스템은, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건을 포함하며, 상기 제 1 리벳 건 및 상기 제 2 리벳 건은 구조물을 결합하기 위해서 설치될 리벳의 양쪽 측면들 상에서 작동하도록 구성된다. 리벳팅 시스템은 콘트롤러를 더 포함하며, 상기 콘트롤러는, 상쇄되지 않으면, 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들이 상쇄되도록 리벳 건들의 발사를 동기화하도록 구성된다.

[0010] 다른 예시적 실시예에서, 리벳팅 시스템은 제 1 리벳 건, 제 2 리벳 건 및 콘트롤러를 포함한다. 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건은, 설치될 리벳의 양쪽 측면들 상에 배열된다. 게다가, 콘트롤러는, 제 1 리벳 건 및 제 2 리

벳 건이 리벳에 복수 회 충격을 부여하는 것을 유발하도록 구성된다. 콘트롤러는 또한 제 1 리벳 건의 각각의 충격이 제 2 리벳 건의 각각의 충격과 실질적으로 동시에 발생하도록 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 각각의 충격의 타이밍을 제어하도록 구성된다.

[0011] 특징들, 기능들 및 이점들은, 본 개시물의 다양한 실시예들에서 독립적으로 성취될 수 있거나 또 다른 실시예들에서 조합될 수 있으며, 그의 추가의 상세들은 하기 설명 및 도면들을 참조하여 알 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 예시적 실시예에 따른 리벳 시스템의 단순화된 블록도이다.

도 2a는 도 1에 도시된 리벳 시스템과 같은 리벳 시스템에서 작동가능한 리벳 건들의 도면이다.

도 2b는 도 2a에 도시된 리벳 건들의 단면의 확대도이다.

도 3은 도 1에 도시된 리벳 시스템과 같은 리벳 시스템에서 작동가능한 컨트롤러의 단순화된 블록도이다.

도 4는 예시적 방법에 따라 실행될 수 있는 기능들을 도시하는 흐름도이다.

도 5a 내지 도 5e는 예시적 실시예에 따른 리벳 설치의 예시적 단계들을 도시한다.

도 6은 도 2에 도시된 리벳 건과 같은 예시적 리벳 건의 횡단면을 도시한다.

도 7은 도 6에 도시된 리벳 건의 횡단면 사시도를 도시한다.

도 8은 도 6에 도시된 리벳 건의 예시적 코일 모듈의 사시도를 도시한다.

도 9는 예시적 냉각 플레이트를 갖는 도 8의 예시적 코일 모듈의 사시도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 하기 상세한 설명에서, 설명의 일부를 형성하는 첨부 도면들을 참조한다. 도면들에서, 동일한 부호들은 문맥에서 달리 표현하지 않는 한 통상적으로 동일한 구성요소들로 인정된다. 상세한 설명, 도면들 및 청구항들에서 설명된 예시적 실시예들은 제한적인 것으로 여겨지는 것은 아니다. 다른 실시예들이 활용될 수 있으며, 본원에 제시된 요지의 범주 또는 사상을 벗어나지 않으면서 다른 변형예들이 이루어질 수 있다. 일반적으로 본원에 설명되고 도면들에 예시되는 바와 같이, 본 개시물의 양태들은 매우 광범위한 상이한 구성들로 배열, 치환, 조합, 분리 및 설계될 수 있으며, 이들 모두는 본원에서 분명히 예측된다.

#### 1. 예시적 방법들 및 시스템들의 개관

[0014] [0015] 상기 언급된 바와 같이, 전통적인 리벳 설치 프로세스는 다수의 단점들을 갖는다. 예컨대, 전형적인 리벳 설치 프로세스는 시스템을 통해 전파되는 충격 에너지를 형성하고, 실제로, 시스템 도처에서 충격 에너지의 전파를 정교하게 제어하는 것은 극도로 어렵다. 시스템 도처에서 충격 에너지의 전파에 대한 제어의 부족은, 리벳 내 측에 설치되는 구조물에 충격을 부여할 수 있고/있거나 리벳이 소망하는 간섭의 정도에 부합하지 못함을 유발할 수 있다. 이에 따라, 개시된 실시예들은, 구조물에 충격을 부여하지 않으며 간섭의 정도를 보다 정확하게 제어하는 능력을 제공하는 개선된 리벳 프로세스를 제공한다.

[0016] 본 개시물에 따른 방법들 및 시스템들은 이러한 리벳 프로세스를 유용하게 제공한다. 본 개시물에 따른 예시적 방법 및 시스템은, 리벳의 양쪽면들 상에 배치된 리벳 건들의 발사(firing) 타이밍의 미세 조정(fine-tuning) 그리고 또한 리벳 건들이 리벳에 충격을 주거나 리벳에 작용할 때의 힘의 미세 조정을 포함한다.

[0017] 특히, 본 개시물에 따른 예시적 방법은, 결합될 구조물을 통해 리벳을 위치 설정하는 단계를 포함한다. 본 방법은, 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건을 위치설정하는 단계 및 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건을 위치설정하는 단계를 더 포함한다. 또한 게다가, 이 방법은, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 발사를 동기화하는 단계를 포함하여, 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄한다. 예시적 실시예에서, 각각의 리벳 건은 발사 튜브 및 발사 튜브 내의 발사체를 포함하며, 발사체의 속도는, 리벳 건이 리벳에 충격을 부여하는 힘에 및/또는 리벳 건의 힘이 리벳에 충격을 부여하는 시기에 영향을 미친다. 예시에서, 이 방법은, 각각의 리벳 건에서 발사체의 속도를 조절하는 단계를 포함하여, 제 1 리벳 건의 발사체 및 제 2 리벳 건의 발사체는 리벳 건들이 실질적으로 동시에(예컨대, 서로 마이크로초 또는 밀리초 내에서) 리벳에 충격을 부여하는 것을 유발한다.

[0018] 리벳 건이 제 1 단부 상에서 리벳에 충격을 부여할 때, 충격파는 리벳 재료를 통해 리벳의 제 2 단부로 보내진다. 예시적 실시예에서, 이 방법은 충격파가 리벳의 제 2 단부에 도달하는 시간과 동시에 또는 실질적으로 동시에 제 2 단부 상에서 리벳에 충격을 부여하는 단계를 포함한다. 충격파가 그 제 2 단부에 도달할 때와 동시에 리벳의 제 2 단부에 충격을 부여함으로써, 적시의(well-timed) 제 2 충격은 상쇄되지 않으면, 주위 시스템 내로(예컨대, 리벳 건 및/또는 구조물로) 전파할 힘들을 상쇄시킨다. 특히, 이러한 방식으로 제 2 단부 상에서 제 2 충격의 시기를 지정함으로써, 제 2 충격은, 리벳을 통해 이동하는 제 1 충격파를 상쇄하는 제 2 충격파를 형성한다. 이러한 적시의 충격들을 통해, 에너지의 전부 또는 실질적으로 전부가 차례로 리벳을 변형시키기 시작한다.

[0019] 유용하게는, 개시된 방법들 및 시스템들은, 리벳 설치중 간섭에 대한 정교한 제어를 허용하고, 개시된 방법들 및 시스템들은 또한 감소 또는 제거되지 않으면, 구조물 내로 전파할 힘들을 감소 또는 제거한다. 특히, 개시된 방법들 및 시스템들이 에너지의 전부 또는 실질적으로 전부가 리벳 변형의 시작을 유발할 수 있기 때문에, 리벳 설치 중 간섭을 정교하게 제어하는 것이 가능하다. 게다가, 이러한 적시의 대향하는 충격들을 통해, 상쇄되지 않으면, 구조물 내로 전파할 힘들이 상쇄된다.

## 2. 예시적 리벳 시스템

[0021] 도 1은 예시적 실시예에 따른 리벳 시스템의 단순화된 블록도이며, 여기서 본 방법의 예시적 실시예가 구체화될 수 있다. 그러나, 본원에 설명된 이러한 배열 및 다른 배열과 프로세스들이 단지 예시 목적들을 위해서 설명되고, 다른 배열체들 및 요소들(예컨대, 머신들, 인터페이스들, 기능들, 요소들의 순서들 등)이 추가되거나 대신 사용될 수 있으며, 일부 요소들은 함께 생략될 수 있음이 이해되어야 한다. 게다가, 당업자들은 본원에 설명된 요소들 중 많은 요소들이 임의의 적절한 조합 및 위치에서 불연속적인 구성요소들로서 또는 다른 구성요소들과 함께 구현될 수 있는 기능적 독립체들(functional entities)임을 인정할 것이다.

[0022] 도 1의 리벳 시스템(100)은, 한 예로서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 포함한다. 리벳 시스템(100)은 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)과 통신하는 콘트롤러(106)를 포함한다. 리벳 건들은, 구조물을 결합하도록 설치될 리벳의 양쪽 측면들 상에서 작동하도록 구성된다. 게다가, 콘트롤러(106)는, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 작동을 제어하도록, 이를테면 리벳 건들의 발사를 정밀하게 제어하도록 구성된다.

[0023] 다음으로, 도 2a는 결합될 구조물의 양쪽 측면들 상에 배열된 리벳 건(102) 및 리벳 건(104)의 측면도이며, 도 2b는 구조물의 확대도를 제공한다. 도 2a에 도시된 바와 같이, 리벳 건(102)은 구조물(202)의 제 1 측면 상에 위치되는 반면, 리벳 건(104)은 구조물의 반대 측면 상에 위치된다. 구조물(202)은 리벳들에 의해 결합될 임의의 구조물일 수 있다. 구조물은 결합될 2 또는 그 초과의 구성요소들을 포함한다. 예컨대, 구조물(202)은 2 개의 구성요소들(예컨대, 금속 구성요소들)로서 도 2b에 도시된다. 게다가, 도 2b에 도시된 바와 같이, 구조물(202)은 리벳 구멍(204)을 포함한다. 리벳 시스템(100)은 구조물(202)을 결합하기 위해서 리벳(206)과 같은 리벳을 설치하도록 구성된다.

[0024] 예시적 실시예에서, 리벳 시스템(100)은 또한 리벳 설치 프로세스 중 사용되는 추가 구성요소들, 이를 테면 리벳-구멍-형성 장치(108) 및 리벳-배치 장치(110)를 갖는다. 항공기 표면(aircraft skin)과 같은 항공기 구조물을 조립하는데 요구되는 다수의 구멍들 및 리벳들 때문에, 리벳 구멍 형성, 리벳 배치 및 리벳 설치를 조합하는 시스템들이 항공 산업에서 보편적으로 사용된다. 리벳 구멍 형성 장치(108)는 리벳 구멍을 형성하는데 적합한 임의의 장치를 포함할 수 있다. 일례에서, 리벳-구멍-형성 장치(108)는 드릴 또는 편침 장치이다. 일례에서, 리벳-구멍-형성 장치(108)는 접시머리 리벳(countersunk rivet)들의 설치를 위한 접시머리가공된 구멍(countersunk hole)들을 형성하도록 구성된다. 예컨대, 접시머리 가공된 구멍으로서 구멍(204)이 도시된다. 리벳 배치 장치(110)는 리벳들을 배치 또는 위치 설정하는데 적합한 임의의 장치를 포함할 수 있다. 일례에서, 리벳 배치 장치(110)는 형성된 리벳 구멍들에 리벳들을 배치하도록 구성된 하나 또는 그 초과의 로봇 아암들을 포함하는 로봇 조립체이다.

[0025] 도 1에 도시된 바와 같이, 리벳-구멍-형성 장치(108) 및 리벳-배치 장치(110)는 콘트롤러(106)와 통신된다. 다른 예에서, 콘트롤러(106)는 제 1 리벳 건 및/또는 제 2 리벳 건을 위한 콘트롤러이며, 그리고 하나 또는 그 초과의 다른 콘트롤러들이 다른 리벳 시스템 구성요소들을 제어하는데 사용된다.

[0026] 일례에서, 리벳 시스템(100)은, 항공기 구조물들의 제조를 위해 구성된 로봇 조립 시스템, 이를테면 항공기의 주요 구조물들(예컨대, 동체(fuselage), 날개(wing)들, 및 테일(tail)) 및/또는 항공기의 부속 구조물들(예컨대, 방향타(rudder)들)이다. 그러나, 이 리벳 시스템(100)이 주로 항공기 구조물들의 리벳팅에

관하여 설명되었지만, 리벳 시스템(100)은 다른 유형의 구조물들, 이를테면 빌딩 구조물들, 교량 구성요소들, 그리고 리벳팅을 통해 결합하는데 적합한 다른 구조물들에도 역시 적합하다는 것이 이해되어야 한다.

[0027] 도 6은 일례의 리벳 건의 횡단면도를 예시한다. 특히, 도 6은 리벳 건(104)의 횡단면을 예시한다. 이 도면은, 발사체(projectile)(606)를 포함하며 복수 개의 전자기 코일(608a 내지 608h)들에 의해 둘러싸이는 일례의 발사튜브(602)를 예시한다. 각각의 코일(608a 내지 608h)들은 각각의 코일 모듈(614a 내지 614h) 내에 유지된다. 스프링 장전식(spring-loaded) 해머(612)가 발사 튜브(602)의 단부(610)에 위치된다. 하기에 설명된 바와 같이, 이 해머(612)는 리벳에 충격을 가하여 이에 의해 리벳을 변형시키도록 기능한다. 게다가, 해머(612)는 리코일 스프링(613)에 연결되거나 다른 방식으로 커플링된다. 또한 게다가, 해머(612)는 하우징, 이를 테면 노즐(615)에 의해 에워싸인다. 디스크(617)와 같은 디스크가 발사 튜브(602)와 해머(612) 사이의 경계면에 위치된다. 게다가, 이 예에서, 리코일 스프링(613)의 일단부가 디스크(617)에 연결되는 한편, 타단부는 해머(612)의 일부분에 연결된다. 이렇게 함으로써, 발사체(606)가 해머에 충격을 가할 때, 발사체(606)가 해머(612)를 제 1 방향으로 가압하여 리벳에 충격을 가하며, 이어서 리코일 스프링(613)이 반대 방향으로 해머를 역으로 가압한다.

[0028] 도 6은, 또한 발사 튜브(602)에 대해서 배치되는 복수 개의 광학 센서(604a 내지 604h)들의 일례를 예시한다. 하기에 설명되는 바와 같이, 이러한 광학 센서들은 발사 튜브(602)를 통한 발사체(606)의 이동을 검출한다.

[0029] 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 발사 튜브(602) 및 코일 모듈(614)들이 하우징 내에 배치된다. 예컨대, 도 6은 코일 모듈(614a 내지 614h)들 및 발사 튜브(602)를 에워싸는 리벳 건 하우징 플레이트(618, 620)들 및 엔클로저(616)를 예시한다. 게다가, 일 예에서, 리벳 건은 또한 하우징 플레이트들과 코일 모듈들 사이에 배치되는 압축 링을 포함한다. 예컨대, 도 6 및 도 7은 i) 하우징 플레이트(618)와 코일 모듈(614a) 사이의 압축 링(622) 및 ii) 하우징 플레이트(620)와 코일 모듈(614h) 사이의 압축 링(624)을 예시한다.

[0030] 조립 시스템은 장시간 주기들에 걸쳐 연속적으로 작동할 수 있다. 따라서, 일 예에서, 리벳 시스템(100)은, 리벳 건(102, 104)들 및/또는 리벳 시스템(100)의 다른 구성요소들의 냉각을 허용하는 냉각 시스템을 포함한다. 예시적 실시예에서, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건은 공냉식 리벳 건들이다. 일예에서, 리벳 건들은 히트 싱크 클램프들로 구성되며, 이는 리벳 건들이 공냉되는 것을 허용하며 공장 설비에서 워터 라인들을 필요로 하지 않는다. 다른 예에서, 리벳 건들은 수냉(water-cooled) 또는 펠티어 냉각된다(peltier-cooled). 뿐만 아니라 다른 냉각 시스템들이 가능하다.

[0031] 도 6 및 도 7에 도시된 리벳 건은, 각각의 코일 모듈 사이에 위치된 냉각 플레이트들을 갖는 핀 타입 히트 싱크 클램프(fin-type heat sink clamp)들로 구성된 공냉식 리벳 건이다. 특히, 도 6 및 도 7은 리벳 건 및 리벳 건의 구성요소들을 냉각하도록 구성된 예시적 팬(626, 627 및 628)들을 예시한다. 이들 냉각 팬들은 방향(629)으로 공기를 지향시켜, 작동 중 리벳 건 및 리벳 건의 구성요소들을 냉각한다. 게다가, 각각의 코일 모듈들은 냉각 핀들을 포함하며, 냉각 플레이트들이 코일 모듈(614a 내지 614h)들 사이에 위치된다. 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 각각의 코일 모듈(614)은 내부 코일 하우징(630)과 외부 코일 하우징(632) 사이에 배치된 코일(608)을 포함한다. 외부 코일 하우징(632)은 복수 개의 냉각 핀(634)들을 포함한다. 게다가, 냉각 플레이트(636)(도 6, 도 7 및 도 9 참조)와 같은 냉각 플레이트가 각각의 코일 모듈 사이에 위치된다. 유용하게는, 냉각 플레이트는 코일(608)로부터 열을 흡수한다. 도 8 및 도 9는 또한 코일 모듈 및 냉각 플레이트의 복수 개의 구멍들, 이를테면 구멍(638, 640)들을 도시한다. 이들 구멍들은 인클로저(616) 및 하우징 플레이트(618, 620)들 내의 코일 모듈(614a 내지 614h)을 안정화하는데 사용되는 오버볼트(overbolt)들을 위한 구멍들로서 기능한다.

### 3. 예시적 콘트롤러 구성요소들

[0032] 다음으로, 도 3은 이러한 요소가 포함할 수 있는 물리적 구성요소들의 일부를 도시하는 리벳 시스템 콘트롤러의 단순화된 블록도이다. 이러한 블록도는 예를 들어 도 1에 도시된 콘트롤러(106)를 나타낸다.

[0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 콘트롤러(106)는 커뮤니케이션 인터페이스(302), 프로세싱 유닛(304) 및 데이터 스토리지(306)를 포함하며, 이들 모두는 시스템 버스, 네트워크 또는 다른 접속 기구(308)에 의해 함께 통신방식으로 링크된다. 이러한 배열체에 의해, 커뮤니케이션 인터페이스(302)는, 다양한 다른 리벳 시스템 요소들과의 통신을 제공하도록 기능하며, 이에 따라 예를 들어 유선 및/또는 무선 통신을 허용하는 다양한 형태들을 취할 수 있다. 프로세싱 유닛(304)은, 하나 또는 그 초과의 범용(general purpose) 프로세서들(예컨대, 마이크로프로세스들) 및/또는 하나 또는 그 초과의 전용(special purpose) 프로세서들((예컨대, 응용 주문형 집적 회로들

(application specific integrated circuits))을 포함하며, 그리고 커뮤니케이션 인터페이스에 전체 또는 부분적으로 통합될 수 있다. 그리고, 데이터 스토리지(306)는 하나 또는 그 초과의 회발성 및/또는 비회발성 스토리지 구성요소들, 이를테면 광학, 자기 또는 플래시 메모리를 포함하며, 프로세싱 유닛에 전체 또는 부분적으로 통합될 수 있다. 도시된 바와 같이, 일례로서, 데이터 스토리지(306)는 본원에 설명된 다양한 기능들을 실행하도록 프로세싱 유닛(304)에 의해 실시가능한 프로그램 명령(310)들을 포함한다.

[0035] 예시적 실시예에서, 데이터 스토리지(306)는 리벳 시스템(100)이 i) 결합될 구조물을 통해 리벳을 위치시키고; ii) 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건을 위치시키며; iii) 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건을 위치시키고; 그리고 iv) 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 발사를 동기화하여 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄시키는 것을 유발하도록 실시가능한 프로그램 명령(310)들을 포함한다.

#### 4. 예시적 작동

[0036] 다음으로, 도 4는 본 개시물에 따라 실행될 수 있는 방법(400)을 도시하는 흐름도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 블록(402)에서, 이 방법은 결합될 구조물을 통해 리벳을 위치설정하는 단계를 포함한다. 이 방법은 또한, 블록(404)에서, 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건을 위치설정하는 단계 및 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건을 위치설정하는 단계를 포함한다. 게다가, 이 방법은, 블록(406)에서, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 발사를 동기화하여 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄하는 단계를 포함한다. 예시적 실시예에서, 방법(400)의 이러한 기능들은 도 1에 예시된 리벳 시스템(100)과 같은 리벳 시스템에 의해 실행된다. 게다가, 이 방법(400)은 리벳 시스템(100)의 구성요소 또는 구성요소들의 조합에 의해 실행된다.

##### i. 리벳 위치 설정

[0037] 도 4로 돌아가서, 블록(402)에서, 리벳 시스템(100)은 결합될 구조물을 통해 리벳을 위치설정한다. 예컨대, 리벳 배치 장치(110)는 리벳(206)을 리벳 구멍(204) 내로 위치 설정한다. 예시적 실시예에서, 리벳 배치 장치(110)는, 리벳(206)을 파지하며 소망하는 위치로 리벳을 이동시키는 하나 또는 그 초과의 로봇 아암들을 포함한다. 예를 들어, 일례에서, 리벳 배치 장치(110)는 기계식 평거(mechanical finger)들을 포함하는 그립퍼(gripper)이다. 뿐만 아니라 다른 예시들이 가능하다.

[0038] [0039] 상기 나타낸 바와 같이, 리벳(206) 위치 설정 이전에, 리벳 시스템(100)은 내부에 리벳이 설치될 구멍(204)을 형성한다. 예컨대, 리벳 구멍 형성 장치(108)는 구멍(204)을 형성한다. 이 장치(108)는 소망하는 구멍을 형성하도록 구성된 임의의 적합한 장치, 이를테면 드릴 또는 편침 장치이다.

##### ii. 리벳 건들의 위치 설정

[0040] [0041] 도 4로 돌아가서, 블록(404)에서, 리벳 시스템(100)은, i) 리벳(206)의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건(102)을 위치 설정하고 그리고 ii) 리벳(206)의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건(100)을 위치설정한다. 예컨대, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 제 1 리벳 건(102)은 리벳의 헤드(220)에 배치되고, 제 2 리벳 건(104)은 리벳의 테일(222)에 배치된다. 예시적 실시예에서, 시스템(100)은, 리벳 건들의 방위가 복수 개의 설치 배향들을 허용하게 조정가능하도록 구성된다. 예컨대, 리벳 건(102, 104)들은, 리벳(206)의 위치 및 결합될 구조물(202)의 위치에 기초하여 배향을 조절하도록 구성된다. 예를 들어, 리벳 건들은 곡면 구조물 상의 상이한 위치들에 복수 개의 리벳들을 설치하도록 구성된다. 일 실시예에서, 곡면 구조물은 설치 프로세스 내내 정지상태(stationary)를 유지하며, 리벳 건(102, 104)들의 배향은 각각의 리벳을 위해서 필요에 따라 조절된다. 다른 예에서, 리벳 건(102, 104)들은 설치 프로세스 내내 정지상태를 유지하며, 리벳 시스템(100)은 정지 상태 리벳 건들에 대해 구조물을 이동시키도록 구성된다.

##### iii. 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 발사의 동기화

[0042] [0043] 블록(406)에서, 리벳 시스템(100)은 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화한다. 특히, 리벳 시스템(100)은, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하여, 제 2 리벳 건(104)이 리벳에 충격을 부여함과 실질적으로 동시에 제 1 리벳 건(102)이 리벳(206)에 충격을 부여한다. 유용하게는, 리벳 건들의 발사를 동기화함으로써, 리벳 시스템(100)은 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄한다.

##### a. 리벳에 복수 회 충격 부여하는 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건

[0044] 예시적 실시예에서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 리벳(206)에 복수 회 충격을 부여하도록 구성된

다. 예를 들어, 일 실시예에서, 리벳 건은 리벳에 10회 내지 20회 충격을 부여하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 리벳 건은 리벳에 5회 내지 50회 충격을 부여하도록 구성된다. 또 다른 실시예에서, 리벳 건은 리벳에 5회 미만 또는 50회를 상당히 초과하여 충격을 부여하도록 구성된다. 리벳(206)에 복수 회 충격을 부여함으로써, 리벳 설치 중 간섭(interference)을 보다 양호하게 제어할 수 있다. 예컨대, 리벳 건들이 리벳에 단지 1회(single time)의 충격을 부여할 때, 리벳의 변형 및 간섭, 뿐만 아니라 시스템 도처에서의 힘의 전파를 정교하게 제어하는 것은 극도로 어렵다. 그러나, 리벳에 복수 회 충격을 부여하고 각각의 충격을 정교하게 제어함으로써, 리벳의 변형 및 간섭을 정교하게 제어하고 시스템 도처에서의 힘들의 전파를 제한하는 것이 가능하다.

[0047] 도 5a 내지 도 5e는, 리벳 건(102, 104)들이 리벳에 복수 회 충격을 부여하는 리벳 설치 프로세스를 도시한다. 이들 도 5a 내지 도 5e는 시작 단계로부터 최종 단계까지 범위의 리벳 설치 프로세서의 5 개의 상이한 단계들을 도시한다. 특히, 도 5a는 제 1 충격 이후의 리벳(206)을 도시하며, 도 5b는 제 2 충격 이후의 리벳을 도시하고, 도 5c는 제 3 충격 이후의 리벳을 도시하며, 도 5d는 제 4 충격 이후의 리벳을 도시하고, 도 5e는 마지막 제 5 충격 이후의 리벳을 도시한다(이후에, 리벳은 성공적으로 설치됨). 일례에서, 이러한 5 회의 충격들은 단지 리벳(206)을 변형시키기 위해 사용된 충격들의 세트이다. 그러나, 상기 언급된 바와 같이, 5 회 미만의 충격들 또는 5 회 초과의 충격들이 가능하다. 이에 따라, 다른 예에서, 5 회로 도시된 각각의 충격들 사이에 하나 또는 그 초과의 충격들이 존재한다.

[0048] 도 5a 내지 도 5e에서 볼 수 있는 바와 같이, 각각의 충격은, 리벳이 최종적으로 리벳 구멍(204)을 완전히 채우게 리벳(206)을 변형시키도록 작용한다. 각각의 단부에서의 충격들의 시기를 정함(timing)으로써, 리벳 건들의 모든 에너지가 리벳을 변형시키기 시작하며, 이는 리벳 건 및 버킹 바(bucking bar)를 사용하는 전통적인 리벳 설치 방법에서 발생할 수 있었던 것보다 더 양호하게 제어되고 더 효율적인 방식으로 리벳을 변형시킨다. 게다가, 각각의 단부에서의 충격들의 시기를 정교하게 정함으로써, 대향하는 충격들은, 힘들 또는 실질적으로 모든 힘들을 상쇄하고, 만일 상쇄되지 않으면 그 힘들 또는 실질적으로 모든 힘들을 구조물 내로 전파할 수 있다. 예를 들어, 마주하는 충격들은, 힘들을 상쇄하는데, 만일 이 힘들이 상쇄되지 않으면, 전통적인 리벳 설치 프로세스(예컨대, 리벳 건 및 버킹 바를 사용함) 중 발생할 수 있다.

#### b. 실질적으로 동시에 발생하도록 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 충격들을 동기화

[0049] 일 예에서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사 동기화는, 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 각각의 충격을 동기화하는 것을 포함한다. 본원에 사용된 바와 같이, 각각의 충격의 동기화는 제 2 리벳 건의 충격과 동시에 또는 실질적으로 동시에 발생하도록 제 1 리벳 건의 각각의 충격의 시기를 정하는 것을 포함한다. 시스템 도처에서 발산된 리벳 건들의 에너지량을 최소화하도록 충격들은 정교하게 시기가 정해져, 모든 에너지 또는 실질적으로 모든 에너지가 리벳의 변형을 시작하는 것을 보장한다. 유용하게, 이는, 고도로 제어되고 효율 좋은 변형 프로세스를 형성하는 한편, 또한 그렇지 않으면 구조물 내로 전파할 수 있는 힘들을 감소 또는 제거시킨다. 일례에서, 효과적인 변형은, 리벳을 형성하는데 사용되는 충격들의 수를 감소시킨다(예컨대, 시스템 도처에서의 발산에 의해 적은 에너지가 소모되기 때문임). 추가로 또는 대안으로, 효과적인 변형은, 시스템이 달리 요구될 수 있는 것보다 리벳을 변형시키기 위해서 낮은 에너지 충격들을 사용하는 것을 허용한다.

[0050] 일례에서, 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것은, 서로 0.1 마이크로초 내지 10 마이크로초 내에서 리벳에 충격을 가하는 리벳 건들을 포함한다. 다른 예에서, 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것은, 서로 10 마이크로초 내지 100 마이크로초 내에서 리벳에 충격을 가하는 리벳 건들을 포함한다. 다른 실시예에서, 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것은, 서로 0.1 내지 10 밀리초 내에서 리벳에 충격을 가하는 리벳 건들을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것은, 서로 100 밀리초 내에서 리벳에 충격을 가하는 리벳 건들을 포함한다.

[0051] [0052] 일례에서, 설치되는 리벳은 알루미늄 리벳이다. 알루미늄에서, 음속은 대략 5,100 미터/초이며, 이는 0.2 인치/마이크로초( $\mu\text{s}$ )이다. 이에 따라, 1 인치의 알루미늄 리벳에 대해서, 충격파(impact wave)는 1 인치 리벳의 제 1 측면으로부터 대향 측으로 이동하는데 대략 5  $\mu\text{s}$ 가 걸릴 것이다. 이 예에서, 리벳 건들은 서로 대략 5  $\mu\text{s}$  내에서 리벳에 충격을 부여할 것이다. 뿐만 아니라, 다른 예시의 리벳 길이들 및 리벳 재료들(그리고 이에 따라 재료를 통한 음속들)이 가능하다.

[0053] 상기 언급된 바와 같이, 리벳 건이 리벳에 충격을 부여할 때, 충격파는 리벳을 통해서 리벳의 타측으로 보내진다. 시스템 도처에서 발산되는 리벳 건들의 에너지량을 최소화하고 리벳 자체에 의해 흡수되는 에너지를 최대화하도록 대향하는 충격의 시기를 정교하게 정하기 위해서, 리벳 시스템(100)은 제 1 리벳 건에 의해 형성된 충

격파가 제 2 리벳 건이 위치설정되는 측면에 도달함과 동시에 또는 실질적으로 동시에 발생하도록 제 2 리벳 건에 의해 형성된 제 2 충격의 시기를 정한다. 예를 들어, 일례에서, 리벳 건(102)이 리벳 헤드(220) 상에서 리벳(206)에 충격을 부여할 때, 충격파는 리벳(206)을 통해 리벳 테일(222)로 보내진다. 충격파가 리벳 테일(222)에 도달함과 동시에 또는 실질적으로 동시에, 제 2 리벳 건(104)이 리벳 테일(222)에 충격을 부여한다.

[0054] 충격파가 그 단부에 도달할 때와 동시에 또는 실질적으로 동시에 리벳 테일(222)에 충격을 부여함으로써, 리벳 건(104)의 제 2 충격은, 리벳을 통해 이동하는 제 1 충격파를 상쇄시키는 충격을 형성할 것이다. 이는, 모든 에너지 또는 실질적으로 모든 에너지가 리벳(206)을 변형시키기 시작하는 것을 허용하며, 이에 따라 시스템의 어딘가 다른곳으로(예컨대, 리벳 건(104) 및/또는 구조물(202)로) 발산될 에너지의 양을 감소시킨다. 그 결과, 정교하게 시기가 정해진 대향하는 충격들은 힘들을 상쇄시키는데, 만일 상쇄되지 않는다면, 그 힘들은 주변 시스템으로(예컨대, 리벳 건(104) 및/또는 구조물(202)로) 전파할 것이다.

### c. 동기화된 충격들의 타이밍 및 힘을 정교하게 제어하는 것

[0055] 상쇄되지 않는다면, 구조물 내로 전파할 힘들을 상쇄하도록 리벳 건들의 발사를 동기화하기 위해서, 리벳 건(102, 104)들은 이들이 정교하게 제어된 힘들과 함께 정교하게 제어된 시간으로 리벳에 충격을 부여하도록 구성된다. 예시적 실시예에서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은, 다단식 전자기 리벳 건(electromagnetic multi-stage rivet gun)들이다. 일례에서, 다단식 전자기 리벳 건은 발사체를 수납하며 전자기 코일들에 의해 둘러싸이는 발사 튜브를 포함한다. 발사 튜브 내에서의 발사체의 움직임을 제어함으로써, 리벳 건은 리벳 건의 충격들의 타이밍 및 힘을 정교하게 제어한다.

[0056] 예시적 실시예에서, 리벳 건은, 발사 튜브 발사체가 발사 튜브를 통한 그의 이동 종료시 해머링 장치에 작용하도록 구성된다. 일례에서, 해머링 장치는 스프링 장전식 해머이다. 차례로, 발사체가 스프링 장전식 해머에 작용한 이후에, 스프링 장전식 해머가 활성화되어 설정된 양의 힘에 의해 리벳에 작용한다.

[0057] 상기 언급된 바와 같이, 도 6은 리벳 건(104)의 횡단면을 예시한다. 리벳 건은 발사체(606)를 포함하며 전자기 코일(608a 내지 608h)들에 의해 둘러싸이는 발사 튜브(602)를 포함한다. 발사 튜브(602)를 통한 그의 이동 종료시, 발사체(606)는 스프링 장전식 해머(612)에 작용하며, 이는 차례로 설정된 양의 힘에 의해 리벳에 작용한다.

[0058] 이에 따라, 발사체의 속도는 리벳 건에 의해 형성된 충격들에 영향을 미치는 파라미터이다. 예를 들어, 발사체의 속도는 리벳 건이 리벳에 충격을 부여하는 힘에 영향을 미친다. 게다가, 발사체의 속도는 리벳 건의 힘이 리벳에 충격을 부여할 때 영향을 미친다. 발사 튜브에서 발사체의 속도를 제어함으로써, 리벳 건(예컨대, 스프링 장전식 해머)이 리벳에 충격을 부여하는 타이밍 및 힘을 정교하게 제어하는 것이 가능하다.

[0059] 일례에서, 발사체의 속도는 다양한 전자기 코일(608a 내지 608h)들을 통해 이동하는 전류를 제어함으로써 조절된다. 특히, 전자기 코일(608a 내지 608h)들을 통해 이동하는 전류는, 자기장을 발생시키며, 이러한 자기장은 발사체(606)를 이동시키는 힘을 부여한다. 전자기 코일(608a 내지 608h)들을 통해 이동하는 전류가, 발사 튜브(602)를 통해 발사체(606)를 이동시키는 자기장을 정교하게 제어하도록 조절된다. 이에 따라, 일례에서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 것은, 각각의 리벳 건에서 발사체의 속도를 조절하는 것을 포함하여, 제 1 리벳 건의 발사체 및 제 2 리벳 건의 발사체는 리벳 건들이 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것을 유발한다.

[0060] 게다가, 예시적 실시예에서, 발사체(606)의 속도를 정교하게 제어하기 위해서, 이러한 코일(608a 내지 608h)들을 통해 이동하는 전류가 각각의 튜브에서 발사체의 검출된 위치에 기초하여 조절된다. 발사 튜브(602)에서 발사체(606)의 위치를 검출하기 위해서, 리벳 건(102, 104)들은 위치를 검출하도록 구성된 검출기들을 포함한다. 예를 들어, 이 예에서, 리벳 건은 발사체의 위치를 정교하게 검출하도록 구성된 복수 개의 광학 센서들을 포함한다. 도 6은 복수 개의 광학 센서(604a 내지 604h)들의 일례를 예시한다. 이러한 광학 센서들은 발사 튜브(602)를 통해 발사체(606)의 이동을 검출한다.

[0061] 이때, 리벳 시스템(100)은, 검출된 발사체 위치에 기초하여 리벳 건에서 특별한 전자기 코일(608a 내지 608h)들의 발사를 제어한다. 각각의 리벳 건(102, 104)이 발사체(606)의 위치를 정교하게 검출하기 때문에, 리벳 시스템(100)은, 각각의 건에서의 발사체들이 소망하는 시간에 리벳에 작용하도록 각각의 발사체의 속도를 제어한다. 예를 들어, 리벳 시스템(100)은 각각의 건에서의 발사체들이 실질적으로 동일한 시간에 리벳에 작용하도록 각각의 발사체의 속도를 제어한다. 예시적 실시예에서, 자기적으로 저장된 에너지가 리벳 건들의 각각의 발사 이후에 스토리지 커뮤니케이션을 통해 재설정된다. 이 에너지 재설정은 리벳 건들이 최소 에너지를 폐열로 변하는 것을

허용한다.

**[0063] d. 리벳 및/또는 구조물의 구조적 특성들에 기초하여 동기화된 충격들의 다양한 파라미터들을 제어하는 것**

리벳들은 다양한 상이한 유형의 재료, 상이한 형상들 및 상이한 길이들이 도입된다. 리벳들의 상이한 구조적 특성들로 인해, 상이한 리벳들이 리벳 건(102, 104)들의 충격들에 대해 종종 상이하게 반응한다. 예컨대, 제 1 리벳은 주어진 힘 하에서 제 2 리벳이 변형될 수 있는 것보다 더 빠르게 변형될 수 있다. 게다가, 리벳 시스템(100)은 상이한 재료들의 구조물들에 리벳들을 설치하도록 사용된다. 예를 들어, 리벳 시스템(100)은 알루미늄 구조물들, 구리 구조물들, 강 구조물들, 복합재 구조물들 및/또는 다른 재료 구조물들에 리벳들을 설치할 것이다. 상이한 재료들이 상이한 구조적 특성들을 가지며, 이에 따라 리벳 설치가 상이한 구조물들에 충격들을 상이하게 부여할 것이다. 예를 들어, 복합재 재료들은 전형적으로 금속 구조물들 보다 리벳 설치에 더욱 민감하다.

[0065] 이에 따라, 예시적 실시예에서, 리벳 시스템(100)은, 설치되는 리벳의 구조적 특성들에 기초하여 및/또는 리벳에 의해 결합되는 구조물의 구조적 특성들에 기초하여 동기화된 충격들의 다양한 파라미터들을 제어한다. 제어를 위한 이러한 다양한 파라미터들은, 예컨대, 동기화된 충격들의 회수, 동기화된 충격들의 힘 및 동기화된 충격들의 타이밍을 포함한다.

[0066] 충격파가 리벳을 통해 이동하는 속도는, 충격을 발생시키는 힘 및 리벳 재료의 재료 특성들 양자 모두에 의존한다. 예컨대, 강 리벳 상의 힘의 양( $x$ )에 의해 형성된 충격파는, 다른 단부에 도달하기 위해서 알루미늄 리벳 상의 힘의 양( $x$ )에 의해 형성된 충격파와는 상이한 양의 시간을 취할 것이다. 다른 예로써, 1인치 리벳 상의 힘의 양( $y$ )에 의해 형성된 충격파는, 다른 단부에 도달하기 위해서 2인치 리벳 상의 힘의 양( $y$ )에 의해 형성된 충격파와는 상이한 양의 시간을 취할 것이다. 이에 따라, 리벳 시스템(100)은, 충격을 발생시키는 힘 및 설치되는 리벳의 재료 특성들에 기초하여 대향하는 충격들의 시기를 정한다(time). 실제로, 대향하는 충격들 사이의 전형적인 시간 차이는 대략 마이크로초 또는 밀리초일 것이다.

[0067] 예시적 실시예에서, 리벳(206)과 같은 리벳을 설치하기 이전에, 리벳 시스템(100)은 설치될 리벳에 대한 미리 정해진 설치 파라미터들을 선택한다. 상기에 나타낸 바와 같이, 이러한 미리 정해진 설치 파라미터들은 리벳 및/또는 결합될 구조물들의 특성들에 기초하여 선택된다. 예컨대, 부여된 재료 및 부여된 길이의 리벳에 대해서, 리벳 시스템(100)은, i) 제 1 리벳 건과 제 2 리벳 건이 리벳에 충격을 부여할 특정 횟수, ii) 리벳 건들이 리벳에 충격을 부여하는 특정 힘, 및 iii) 제 1 리벳 건 및 제 2 리벳 건의 대향하는 충격들이 시간상 얼마나 떨어져 있을지를 선택한다. 리벳 시스템(100)은, 각각의 리벳 건에서 전자기 코일들의 발사를 위한 적절한 타이밍을 선택하여, 충격들의 횟수, 충격들의 타이밍, 및 충격들의 힘에 대한 미리 선택된 파라미터들을 획득한다. 이때, 리벳 시스템(100)은 미리 선택된 시간들에서 전자기 코일들을 발사함으로써 미리 규정된 설치 파라미터들을 실행한다.

[0068] 다른 예시적 실시예에서, 리벳 시스템(100)은 설치 프로세스 동안 설치 파라미터들을 조절하도록 시스템으로부터 피드백을 사용한다. 예를 들어, 리벳 시스템(100)은 리벳 건들의 발사 튜브에서 발사체의 광학 센서 측정들에 기초하여 설치 파라미터들을 조절한다. 예시에서, 각각의 리벳 건의 발사체의 정밀한 위치를 측정함으로써, 리벳 시스템(100)은, 전자기 코일들의 발사를 조절하여, 미리 선택된 파라미터들(예컨대, 각각의 충격의 힘 및 타이밍)을 보다 정확하게 획득한다. 다른 실시예에서, 리벳 시스템은 리벳 설치의 경과를 감시하며, 이때 리벳 시스템(100)은 미리 선택된 파라미터들과 상이한 파라미터들이 설치 완료에 보다 적합한지를 판정한다. 이에 따라, 리벳 시스템(100)은 이후 리벳 시스템으로부터의 피드백(예컨대, 광 센터들로부터의 피드백)에 기초하여 선택된 파라미터들(예컨대, 각각의 충격의 힘 및 타이밍)을 조절한다.

**[0069] 5. 개시된 방법들 및 시스템들의 예시적 이점**

[0070] 제안된 방법들 및 시스템들은 구조물, 이를테면 항공기 구성요소들을 결합하기 위해 리벳을 설치하기 위한 개선된 방법을 유용하게 제공한다. 유용하게는, 개시된 방법들 및 시스템들은 리벳 설치 중 경계면의 정교한 제어를 허용한다. 항공 산업에서, 리벳들에 의해 결합된 구조물들은, 구조물의 수명 내내 많은 하중 주기들을 겪게 되며, 리벳의 품질은 이러한 하중 주기들 동안 리벳 및 구조물들이 어떻게 지탱(hold up)되는지에 영향을 미친다. 간접은, 리벳의 유효 수명 및/또는 리벳에 의해 결합되는 구조물의 수명에 영향을 미치는 파라미터이다. 유용하게는, 리벳 설치 프로세스 중 간접을 정교하게 제어함으로써, 개시된 방법들 및 시스템들은 이에 따라 리벳 및 설치될 구조물의 수명 연장을 돋는다.

[0071] 개시된 방법들 및 시스템들은, 또한 감소 또는 제거되지 않는다면, 구조물 내로 전파할 수 있는 힘을 유용하게

감소 또는 제거한다. 개시된 방법들 및 시스템이 이러한 힘을 감소 또는 제거하기 때문에, 개시된 리벳 방법들 및 시스템들은 복합재 재료들을 결합하는데 적합하다. 전통적인 리벳 프로세스는 복합재 재료들 상에 힘을 부과하는데, 이는 전통적인 리벳 프로세스가 복합재 재료들을 결합하는데 적합하지 않게 한다. 그러나, 개시된 방법들 및 시스템들은 복합재 재료들의 성공적인 확실한 결합을 허용한다.

[0072] 게다가 또한, 개시된 방법들 및 시스템들은 간접의 정교한 제어를 허용하며, 개시된 방법들 및 시스템들은 리벳 설치 프로세스에 사용되는 휴면 피드백량을 유용하게 감소시킨다. 전통적인 리벳 설치 프로세스는, 설치 프로세스 및 품질 검사 프로세스 양자 모두 동안 상당한 정도의 휴면 피드백을 종종 포함한다. 그러나, 개시된 방법 및 시스템에 의해 부여되는 정교한 제어를 고려하면, 미숙한(inexperienced) 조작자 또는 완전 자동화된 로봇 조립 시스템은 리벳 품질들을 일관되게 제조하는데 높은 신뢰도로 리벳들을 변형시킬 수 있다. 리벳 설치에 사용되는 휴면 피드백을 감소 또는 제한함으로써, 개시된 방법 및 시스템은 리벳 설치 프로세스의 속도를 유용하게 증가시키며, 리벳 설치 프로세스에 포함된 비용들을 감소시킨다.

[0073] 게다가, 본 개시물은 하기 항목들에 따른 실시예들을 포함한다:

항목 1. 리벳들을 설치하는 방법(400)에 있어서, 상기 방법(400)은: 결합될 구조물(202)을 통해 리벳을 위치시키는 단계(402); 리벳의 제 1 측면 상에 제 1 리벳 건(102)을 위치시키는 단계(404); 리벳의 제 2 측면 상에 제 2 리벳 건(104)을 위치시키는 단계(404); 그리고 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계(406)를 포함하여, 상쇄되지 않으면, 리벳 설치 중 구조물(202) 내로 전파할 수 있는 힘들을 상쇄한다.

항목 2. 항목 1에 따른 방법(400)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 리벳에 복수 회 충격을 부여하도록 구성되며, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사 동기화 단계는, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격을 동기화하는 단계를 포함한다.

항목 3. 항목 2에 따른 방법(400)에 있어서, 각각의 리벳 건은 발사 튜브(602) 및 발사 튜브(602) 내의 발사체(606)를 포함하며, 발사체(606)의 속도는, 리벳 건이 리벳에 충격을 부여하는 힘 그리고 리벳 건의 힘이 리벳에 충격을 부여하는 시기 중 하나 이상에 영향을 미치고, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계는: 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계를 포함하여, 제 1 리벳 건(102)의 발사체(606) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사체(606)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것을 유발한다.

항목 4. 항목 3에 따른 방법(400)에 있어서, 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는, 발사튜브(602) 내에서 발사체(606)의 위치를 검출하도록 각각의 리벳 건에서 광학 센서(604a 내지 604h)들을 활용하는 단계, 및 발사체(606)의 검출된 위치에 기초하여 리벳 건에서 전자기 코일들의 발사를 제어하는 단계를 포함한다.

항목 5. 항목 3에 따른 방법(400)에 있어서, 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는, 리벳의 구조적 특성들 또는 결합되는 구조물(202)의 구조적 특성들 중 하나 이상에 기초하여 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 제어하는 단계를 포함한다.

항목 6. 항목 3에 따른 방법(400)에 있어서, 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계는, 각각의 리벳 건에서 발사체(606)의 속도를 조절하는 단계를 포함하여, 제 1 리벳 건(102)의 발사체 및 제 2 리벳 건(104)의 발사체(606)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 서로 100 마이크로초 내에서 리벳에 충격을 부여하는 것을 유발한다.

항목 7. 항목 1에 따른 방법(400)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하는 단계는 전자기 리벳 건들의 발사를 동기화하는 단계를 포함한다.

항목 8. 항목 1에 따른 방법(400)에 있어서, 결합될 구조물(202)을 통해 리벳을 위치시키는 단계는 금속 구조물 또는 복합재 구조물(202)을 통해 리벳을 위치시키는 단계를 포함한다.

항목 9. 항목 1에 따른 방법(400)에 있어서, 리벳의 설치 중 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 공냉하는 단계를 더 포함한다.

항목 10. 리벳팅 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102); 제 2 리벳 건(104), 및 콘트롤러(106)를 포함하여, 상기 제 1 리벳 건(102) 및 상기 제 2 리벳 건(104)은 구조물(202)을 결합하기 위해서 설치될 리벳의 양쪽 측면 들 상에서 작동하도록 구성되며, 상기 콘트롤러(106)는, 상쇄되지 않으면, 구조물(202) 내로 전파할 수 있는 힘

들이 상쇄되도록 제1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 발사를 동기화하도록 구성된다.

[0084] 항목 11. 항목 10에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은, 발사 튜브(602) 내에서 발사체(606)를 포함하고, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은 상기 발사 튜브(602)에 대해 배치된 복수 개의 광학 센서(604a 내지 604h)들을 포함하며, 상기 콘트롤러(106)는 상기 발사 튜브(602) 내에서 검출된 발사체(606) 위치 상에 적어도 부분적으로 기초하여 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 작동시키도록 프로그램된다.

[0085] 항목 12. 항목 11에 따른 시스템(100)에 있어서, 상기 콘트롤러(106)는, 리벳의 구조적 특성들 또는 결합되는 구조물(202)의 구조적 특성들 중 하나 이상에 적어도 부분적으로 기초하여 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)을 작동시키도록 더 프로그램된다.

[0086] 항목 13. 항목 10에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은 상기 발사체(606)의 이동을 유발하도록 작동가능한 복수 개의 전자기 코일들을 포함하고, 상기 콘트롤러(106)는 검출된 발사체(606) 위치에 기초하여 상기 전자기 코일들의 발사를 제어하도록 신호들을 적용하게 작동가능하다.

[0087] 항목 14. 항목 10에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 리벳에 복수 회 충격을 부여하도록 구성되며, 상기 콘트롤러(106)는, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격을 동기화하도록 구성된다.

[0088] 항목 15. 항목 10에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)은 전자기 리벳 건들이다.

[0089] 항목 16. 리벳팅 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102); 제 2 리벳 건(104); 및 콘트롤러(106)를 포함하며, 상기 제 1 리벳 건(102) 및 상기 제 2 리벳 건(104)은 구조물(202)을 결합하기 위해서 설치될 리벳의 양쪽 측면들 상에 배치되며, 상기 콘트롤러(106)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 리벳에 복수 회 충격을 부여하도록 구성되고, 콘트롤러(106)는 제 1 리벳 건(102)의 각각의 충격이 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격과 실질적으로 동시에 발생하도록 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격의 타이밍을 제어하도록 구성된다.

[0090] 항목 17. 항목 16의 리벳팅 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102)은 제 1 발사 튜브(602) 및 제 1 발사 튜브(602) 내에 제 1 발사체(606)를 포함하며; 제 2 리벳 건(104)은 제 2 발사 튜브(602) 및 제 2 발사 튜브(602) 내에 제 2 발사체(606)를 포함하고; 제 1 발사체(606)의 속도는, 제 1 리벳 건(102)이 리벳에 충격을 부여하는 힘 그리고 제 1 리벳 건(102)의 힘이 리벳에 충격을 가하는 시기 중 하나 이상에 영향을 미치고, 제 2 발사체(606)의 속도는, 제 2 리벳 건(104)이 리벳에 충격을 부여하는 힘 그리고 제 2 리벳 건(104)이 리벳에 충격을 가하는 시기 중 하나 이상에 영향을 미치고, 콘트롤러(106)는, 제 1 리벳 건(102)에서의 제 1 발사체(606)의 속도 및 제 2 리벳 건(104)에서의 제 2 발사체(606)의 속도를 조절하도록 구성되어, 제 1 리벳 건(102)의 제 1 발사체(606) 및 제 2 리벳 건(104)의 제 2 발사체(606)는 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104)이 실질적으로 동시에 리벳에 충격을 부여하는 것을 유발한다.

[0091] 항목 18. 항목 17에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102) 및 제 2 리벳 건(104) 각각은, 상기 발사 튜브(602)에 대해 배치된 복수 개의 광학 센서(604a 내지 604h)들을 더 포함하고, 상기 콘트롤러(106)는 상기 발사 튜브(602) 내에서 검출된 발사체(606) 위치에 기초하여 상기 제 1 리벳 건(102) 및 상기 제 2 리벳 건(104)을 작동시키도록 프로그램된다.

[0092] 항목 19. 항목 17에 따른 시스템(100)에 있어서, 상기 콘트롤러(106)는 리벳의 구조적 특성들 또는 결합될 구조물(202)의 구조적 특성들 중 하나 이상에 기초하여 제 1 리벳 건(102)에서의 제 1 발사체(606)의 속도 및 제 2 리벳 건(104)에서의 제 2 발사체(606)의 속도를 조절하도록 프로그램된다.

[0093] 항목 20. 항목 16에 따른 시스템(100)에 있어서, 제 1 리벳 건(102)의 각각의 충격은 제 2 리벳 건(104)의 각각의 충격의 100 마이크로초 내에서 발생한다.

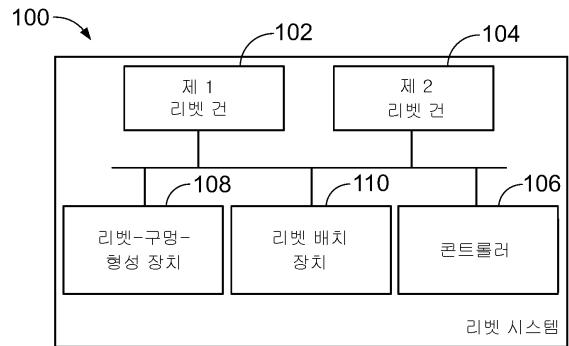
## 6. 결론

[0095] 예시적 실시예들이 위에서 설명되었다. 그러나, 당업자들은, 변형예들 및 수정예들이 본 발명의 사상 및 범주를 벗어나지 않으면서 이들 실시예들에서 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 상이한 유리한 실시예들의 설명이 예시 및 설명의 목적들을 위해 제시되었으며, 개시된 형태로 실시예들을 한정 또는 제한되도록 의도되지 않는다. 많은 수정예들 및 변경예들이 당업자에게 명백할 것이다. 게다가, 상이한 유리한 실시예들이 다른 유리

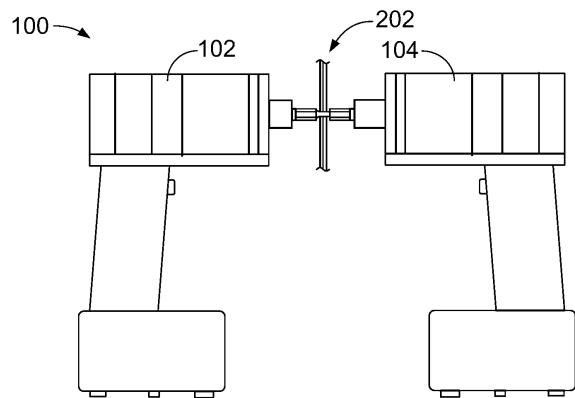
한 실시예들에 비해서 상이한 이점들을 제공할 수 있다. 선택된 실시예 또는 실시예들은, 실시예들의 원리들 및 실제 적용을 가장 잘 설명하고, 예측되는 특별한 용도에 적합한 것으로서 다양한 수정예들을 갖는 다양한 실시예들에 대한 개시를 다른 당업자들이 이해하는 것을 가능하게 하기 위해서 선택되고 설명된 것이다.

## 도면

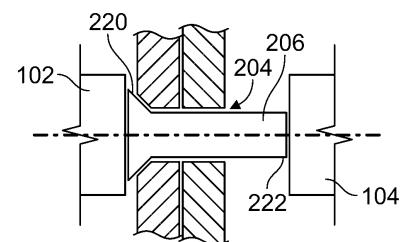
### 도면1



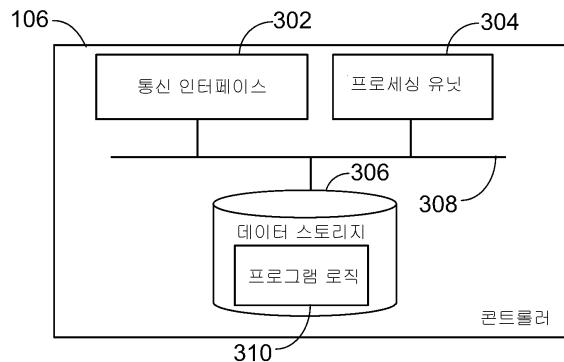
### 도면2a



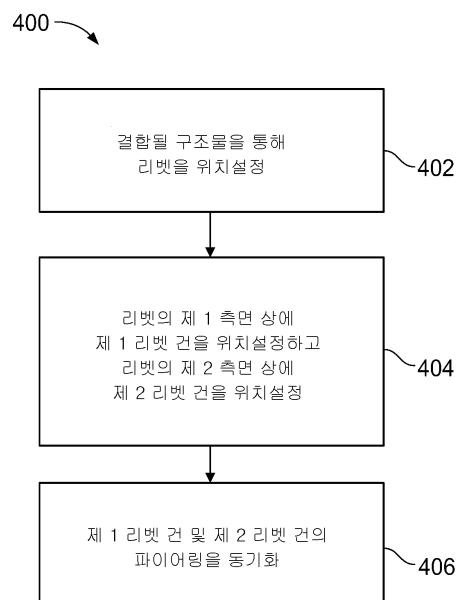
### 도면2b



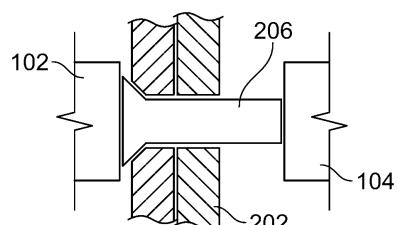
도면3



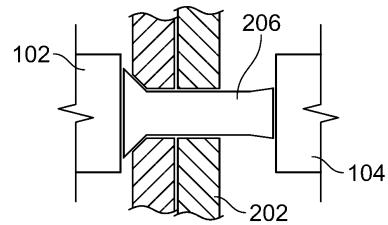
도면4



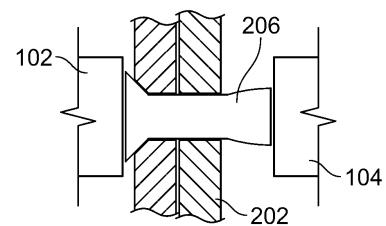
도면5a



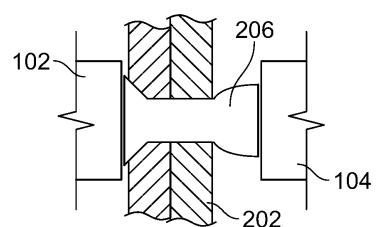
도면5b



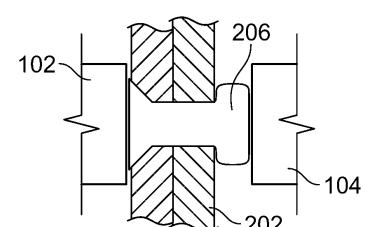
도면5c



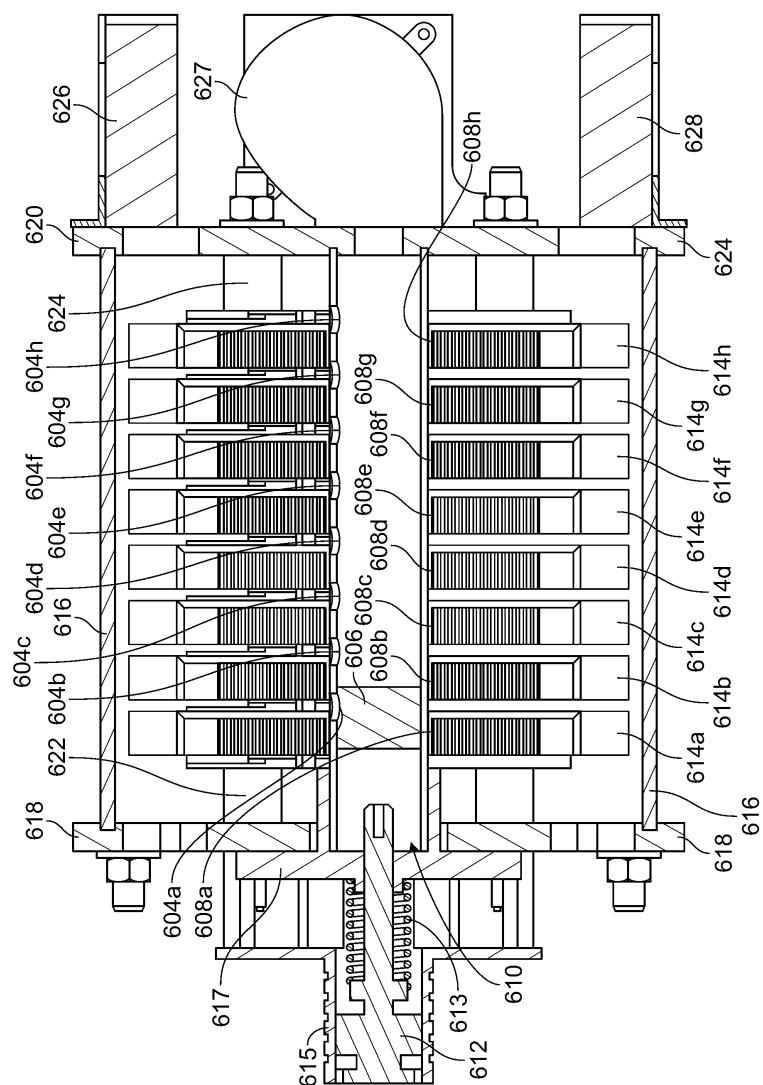
도면5d



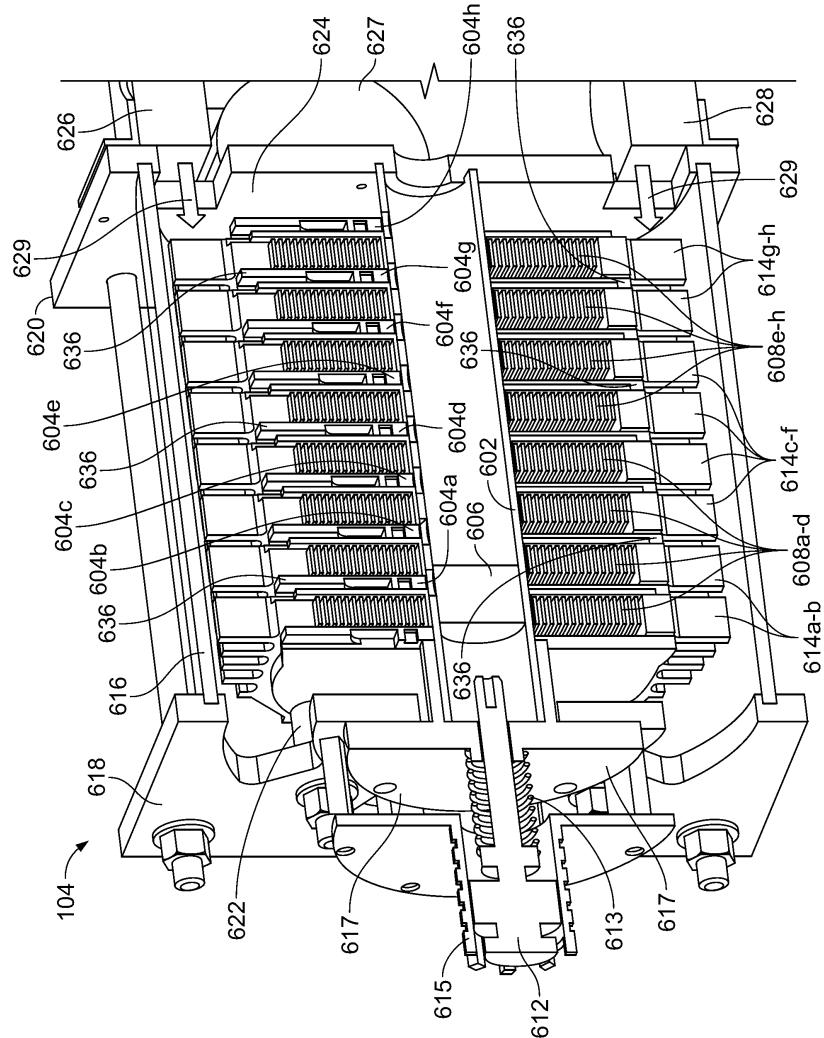
도면5e



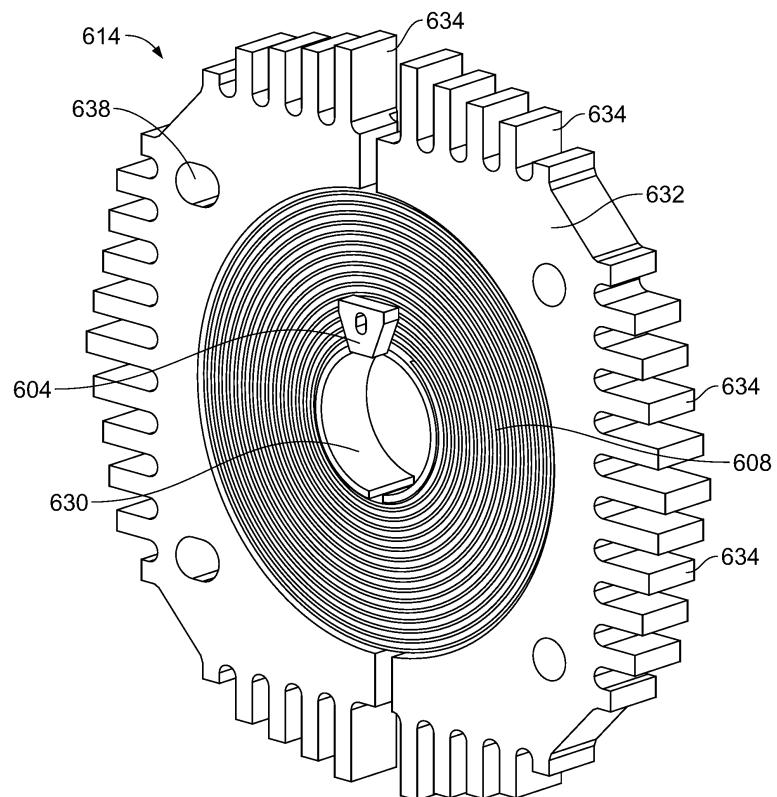
도면6



도면7



도면8



도면9

