



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

(45) 공고일자 2013년04월22일  
 (11) 등록번호 10-1257123  
 (24) 등록일자 2013년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**B29C 65/08** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2007-7014919  
 (22) 출원일자(국제) 2005년12월30일  
 심사청구일자 2010년12월14일  
 (85) 번역문제출일자 2007년06월29일  
 (65) 공개번호 10-2007-0090980  
 (43) 공개일자 2007년09월06일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2005/047560  
 (87) 국제공개번호 WO 2006/074105  
 국제공개일자 2006년07월13일  
 (30) 우선권주장  
 60/641,048 2005년01월03일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 WO1996014202 A1  
 US20020074380 A1  
 전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자  
**쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니**  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터  
 (72) 발명자  
**네야 새턴더 케이.**  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠센터 내  
**오블락 도널드 에스.**  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠센터 내  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**안국찬, 김영, 양영준**

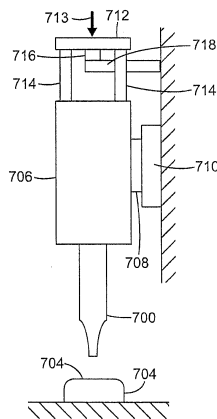
심사관 : 이병진

(54) 발명의 명칭 **초음파 용접 시스템을 위한 갭 조정**

**(57) 요약**

초음파 용접 시스템 내의 혼(700)과 앤빌(704) 사이의 갭을 조정하기 위한 시스템 및 방법은 혼과 앤빌 사이에서 갭이 확립되도록, 앤빌에 근접하여 혼을 위치시키는 동작을 포함한다. 힘이 혼에 적용되어, 앤빌을 향해 혼을 압박한다. 변형 가능한 멈춤부(718)는 압박력의 적용이 혼에 작동식으로 연결된 부재(716)를 변형 가능한 멈춤부에 맞닿아서 멈춤부를 변형시키게 하는 위치에 위치된다. 압박력은 변형 가능한 멈춤부의 변형 정도를 조정하고 혼과 앤빌 사이의 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 혼의 작동 중에 반복적으로 조정된다.

**대표도 - 도7**



(72) 발명자

**리나 존 알.**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스  
33427 쓰리엠센터 내

**페티그 폴 엠.**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스  
33427 쓰리엠센터 내

**포샤트 도널드 엘.**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스  
33427 쓰리엠센터 내

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

병진 이동 부재 및 고정된 탄성 변형 가능한 멈춤부를 포함하는 장착부;

초음파 에너지 공급원에 결합되며, 병진 이동 부재에 작동식으로 연결된 혼;

갭에 의해 혼으로부터 분리된 앤빌; 및

혼과 앤빌 사이의 갭이 장치의 작동 중에 일정하게 유지되도록, 한 쌍의 부재에 의해 혼에 결합되고 접촉 표면에 의해 탄성 변형 가능한 멈춤부에 결합되는 힘 수신 플레이트에 힘을 인가하여 앤빌을 향해 혼을 압박하고, 힘 수신 플레이트에 인가된 힘에 따라 탄성 변형 가능한 멈춤부를 변형시키도록 구성된 힘 적용기

를 포함하며,

갭은 혼의 공진 진동수에 기초하여 모니터링되는 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 힘 적용기는 부재에 작동식으로 연결된 팽창 가능한 블래더를 포함하는 장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 탄성 변형 가능한 멈춤부는 강철 몸체를 포함하는 장치.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 탄성 변형 가능한 멈춤부는 힘 적용기에 의해 가해지는 힘에 비례하는 힘을 나타내는 장치.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 혼은 종축을 갖고, 앤빌은 작업편 지지 표면을 가지며, 혼의 종축은 앤빌의 지지 표면에 대해 직교하는 장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 혼은 종축을 갖고, 앤빌은 작업편 지지 표면을 가지며, 혼의 종축은 앤빌의 지지 표면에 대해 평행한 장치.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 힘 적용기는 제어 신호에 응답하는 힘을 가하며, 힘 적용기로 제어 신호를 송출하도록 구성된 제어기를 더 포함하며; 제어기는 프로세서 및 메모리를 포함하고, 메모리는 실행될 때 프로세서가,

혼의 길이의 변화를 결정하는 동작과,

길이의 변화에 기초하여, 혼과 앤빌 사이의 갭을 결정하는 동작과,

갭에 기초하여, 힘 적용기에 의해 가해지는 힘을 결정하는 동작을 수행하게 하는 일 세트의 명령을 저장하는 장치.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 진동체와 고정점 사이의 갭을 결정하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이고, 특히 진동체의 공진 진동수에 기초하여 그러한 결정에 도달하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 초음파 용접(때때로 "음파 용접" 또는 "소닉 용접"으로 불림)에서, (전형적으로, 열가소성 부품인) 결합되는 2개의 부품은 진동 에너지를 송출하기 위한 초음파 "혼(horn)"으로 불리는 공구에 근접하여 위치된다. 이러한 부품 (또는 "작업편")은 혼과 앤빌 사이에 구속된다. 종종, 혼은 작업편 및 앤빌 위에 수직으로 위치된다. 혼은 전형적으로 20,000 Hz 내지 40,000 Hz에서 진동하여, 전형적으로 마찰열 형태의 에너지를 압력 하에서 부품에 전달한다. 마찰열 및 압력으로 인해, 부품들 중 적어도 하나의 일부가 연화되거나 용융되어, 부품들을 결합시킨다.

[0003] 용접 공정 중에, 교류(AC) 신호가 컨버터, 부스터, 및 혼을 포함하는 혼 스택에 공급된다. 컨버터("트랜스듀서"로도 불림)는 AC 신호를 수신하고, AC 신호와 동일한 진동수에서 압축 및 팽창함으로써 그에 대해 응답한다. 그러므로, 음파가 컨버터를 통해 부스터로 이동한다. 음파 파면이 부스터를 통해 전파될 때, 이는 증폭되어 혼에 의해 수신된다. 마지막으로, 파면은 혼을 통해 전파되고, 작업편 상에 추가되어, 앞서 설명된 바와 같이 이들을 용접한다.

- [0004] 다른 유형의 초음파 용접은 "연속 초음파 용접"이다. 이러한 유형의 초음파 용접은 전형적으로 대체로 연속적인 방식으로 용접 장치를 통해 공급될 수 있는 천 및 필름, 또는 다른 "웹" 작업편을 밀봉하기 위해 사용된다. 연속 용접에서, 초음파 혼은 전형적으로 고정되고, 용접되는 부품들이 그 아래에서 이동된다. 연속 초음파 용접의 한 가지 유형은 회전방향으로 고정된 바아 혼과 회전 앤빌을 사용한다. 작업편은 바아 혼과 앤빌 사이로 공급된다. 혼은 전형적으로 작업편을 향해 종방향으로 연장되고, 진동이 혼을 따라 축방향으로 작업편 내로 이동한다. 다른 유형의 연속 초음파 용접에서, 혼은 원통형이며 종축에 대해 회전하는 회전식이다. 입력 진동은 혼의 축방향이고, 출력 진동은 혼의 반경방향이다. 혼은 용접되는 작업편이 원통형 표면의 접선 속도와 실질적으로 동일한 선속도로 원통형 표면들 사이를 통과하도록, 전형적으로 회전할 수 있는 앤빌에 가까이 위치된다. 이러한 유형의 초음파 용접 시스템은 본 명세서에서 전체적으로 참조되어 통합된 미국 특허 제 5,976,316호에 설명되어 있다.
- [0005] 각각의 전술한 초음파 용접 기술에서, 결합되는 작업편은 용접 공정 중에 혼과 앤빌 사이에 배치된다. 한 가지 용접 방법은 혼과 앤빌 사이의 갭을 고정시키는 것이다. 혼과 앤빌 사이의 갭은 작업편들을 이들이 결합될 때 제 위치에 유지하는 파괴력을 생성한다. 균일하고 신뢰할 수 있는 용접 작업을 이루기 위해, 혼과 앤빌 사이에 일정한 갭을 유지하는 것이 바람직하다.
- [0006] 작업 중에, 혼을 포함한 혼 스택의 하나 이상의 구성요소 자체가 대체로 온도 상승을 겪는다. 따라서, 혼 스택은 대체로 열 팽창을 겪는다. 혼 스택이 팽창함에 따라, 혼과 앤빌 사이의 갭은 감소되고, 이는 균일하고 신뢰할 수 있는 용접 작업을 이루기 위한 전술한 목적에 대해 해로운 결과이다.
- [0007] 상기 내용이 제안하는 바와 같이, 기존의 초음파 용접 계획은 혼 스택과 앤빌 사이의 갭이 계속되는 용접 작업 중에 좁아지는 점에서, 단점을 나타낸다.

**발명의 상세한 설명**

- [0008] 이러한 결점에 대해, 본 발명이 개발되었다. 방법은 혼과 앤빌 사이에서 갭이 확립되도록, 앤빌에 근접하여 혼을 위치시키는 단계를 포함한다. 힘이 혼에 적용되어, 앤빌을 향해 혼을 압박한다. 변형 가능한 멈춤부는 압박력의 적용이 혼에 작동식으로 연결된 부재를 변형 가능한 멈춤부에 맞닿아서 멈춤부를 변형시키게 하는 위치에 위치된다. 압박력은 혼의 작동 중에 반복적으로 조정되어, 변형 가능한 멈춤부의 변형 정도를 조정하고, 혼과 앤빌 사이의 갭을 실질적으로 일정하게 유지한다.
- [0009] 다른 실시예에 따르면, 시스템은 병진 이동 부재를 포함하는 장착부 및 고정된 탄성 변형 가능한 멈춤부를 포함한다. 혼이 초음파 에너지 공급원에 결합된다. 혼은 병진 이동 부재에 작동식으로 연결된다. 앤빌이 갭에 의해 혼으로부터 분리된다. 힘 적용기는 혼과 앤빌 사이의 갭이 시스템의 작동 중에 실질적으로 일정하게 유지되도록, 앤빌을 향해 혼을 압박하고, 혼에 작동식으로 연결된 부재가 탄성 변형 가능한 멈춤부와 다양한 정도로 접촉하여 변형시키게 하도록 구성된다.
- [0010] 또 다른 실시예에 따르면, 시스템은 장착 시스템에 의해 앤빌로부터 분리된 혼을 포함한다. 초음파 에너지 공급원이 혼에 결합된다. 시스템은 혼이 열 팽창을 겪는 동안 분리를 일정한 길이로 실질적으로 유지하기 위한 수단을 또한 포함한다.

**실시예**

- [0031] 본 발명의 다양한 실시예가 유사한 도면 부호가 여러 도면에 걸쳐 유사한 부품 및 조립체를 표시하는 도면을 참조하여 상세하게 설명될 것이다. 다양한 실시예에 대한 참조는 첨부된 청구범위의 범주에 의해서만 제한되는 본 발명의 범주를 제한하지 않는다. 추가적으로, 본 명세서에서 설명되는 모든 예는 제한적으로 의도되지 않고, 단지 청구된 발명에 대한 많은 가능한 실시예 중 일부를 설명한다.
- [0032] 도1은 AC 전기 에너지 공급원(102)에 결합된 단순 혼 스택(100)의 일례를 도시한다. 도1로부터 알 수 있는 바와 같이, 혼 스택(100)은 컨버터(104), 부스터(106), 및 초음파 용접 혼(108)을 포함한다. 작동 중에, AC 공급원은 전기 에너지를 컨버터(104)에 공급하고, 컨버터는 AC 신호와 동일한 진동수로 압축 및 팽창함으로써 그에 대해 응답한다. 그러므로, 음파는 컨버터(104)를 통해 부스터(106)로 이동한다. 음파 파면이 부스터(106)를 통해 전파될 때, 이는 증폭되어 용접 혼(108)에 의해 수신된다. (몇몇 실시예에서, 혼(108)은 계인을 달성하도록 설계되어, 부스터(106)에 대한 필요를 제거한다). 마지막으로, 파면은 혼(108)을 통해 전파되고, 이 때 이는 용접 혼(108)과 앤빌(110) 사이에 위치한 (도1에 도시되지 않은) 작업편에 부가된다. 혼 스택의 다른 예가

기술 분야에 공지되어 있고, 본 명세서에서 설명되는 다음의 시스템, 계획, 및 방법에 의해 가능하다.

- [0033] 혼(108)은 도1에서 "갭"으로 표시된 거리에 의해 앤빌(110)로부터 분리된다. 작업편에 마찰 에너지를 추가하는 공정은 혼 스택(100)의 다양한 요소들이 온도가 상승하게 한다. 혼 스택(100)의 요소들이 온도가 상승함에 따라, 이들은 열 팽창을 나타내고, 이는 혼(108)과 앤빌(110) 사이의 갭이 혼 스택(100)이 장착된 특정 방식에 따라, 치수가 변하기 쉽다는 것을 의미한다.
- [0034] 도2는 도1의 혼 스택(100)의 단순화된 예시적인 장착 계획을 도시한다. 장착 계획은 강성의 대체로 3부분인 프레임(200)을 사용한다. 프레임(200)은 앤빌(110)이 장착되는 제1 부분(202)과, 혼 스택(100) 상의 노드점에 접한 제2 부분(206)을 포함한다. 예를 들어, 프레임의 제2 부분(206)은 도2에서 부스터(106)의 중간점(208)에 결합된 것으로 도시되어 있다. 프레임(200)의 제3 부분(204)은 제1 및 제2 부분(202, 206)들 사이에서 연장된다.
- [0035] 장착 시스템(200)은 앤빌(110)의 작업편 지지 표면(210)과 혼 스택(100)의 일 부분 사이에 실질적으로 고정된 거리를 유지한다. 이러한 경우에, 장착 시스템(200)은 앤빌(110)의 상부 표면(210)과 부스터(106)의 중간점/노드점(208) 사이에 실질적으로 고정된 거리를 유지한다. 그러므로, 혼 스택(100)이 작동 중에 팽창하면, 혼 스택(100)은 도2에서 "팽창"으로 표시된 화살표에 의해 표시된 바와 같이, 스택(100)의 종축을 따라, 부스터(106)의 중간점(208)으로부터 외측으로 팽창한다. 다양한 다른 장착 시스템이 또한 앤빌(110)의 상부 표면(210)과 혼 스택(100)의 일 부분 사이에 실질적으로 고정된 거리를 유지할 수 있고, 그러한 다른 장착 시스템은 본 출원의 범주 내에 있다는 것이 이해되어야 한다.
- [0036] 도2의 장착 배열이 주어지면, 컨버터(104) 및 부스터(106) 상부의 열 팽창은 갭 길이에 대해 영향을 주지 않는다 (프레임(200)이 스택(100)과 결합하는 지점(208)에 대한 이러한 요소들의 위치 때문에, 이러한 요소들은 상방으로, 즉 앤빌(110)로부터 멀리 자유롭게 팽창한다). 다른 한편으로, 갭 길이는 부스터(106) 하부의 팽창 및 혼(108)의 팽창에 의해 영향을 받고, 이러한 요소들이 팽창함에 따라, 이들은 앤빌(110)을 향해 팽창하고, 갭은 축소된다.
- [0037] 일 실시예에 따르면, 컨버터(104) 및 부스터(106)는 실질적으로 일정한 온도로 유지된다. 예를 들어, 컨버터(104) 및 부스터(106)는 컨버터(104) 및 부스터(106)의 표면으로 비교적 차가운 공기를 순환시키는 하나 이상의 팬에 의한 것과 같은 냉각 시스템에 의해 냉각될 수 있어서, 이들의 온도를 실질적으로 유지하고, 이들의 열 팽창을 실질적으로 억제한다. 그러므로, 그러한 실시예에 따르면, 혼 스택(100)의 길이의 임의의 변화는 실질적으로 용접 혼(108)의 팽창에 기인하는 것으로 고려될 수 있다.
- [0038] 또한, 몇몇 실시예에 따르면, 혼(108)은 냉각 시스템에 의해 냉각되어, 작동 중에 가열되는 경향을 억제하거나 감소시킨다. 대체로, 그러한 계획은 혼(108)의 열 팽창을 완전히 제거하지는 않고, 이는 그가 여전히 갭 길이가 실질적으로 일정하게 유지되어야 하면 고려되어야 하는 어느 정도의 열 팽창을 나타낸다는 것을 의미한다.
- [0039] 주어진 물체의 길이는 주어진 물체의 공진 진동수에 반비례한다는 것이 공지되어 있다. 달리 말하면, 물체는 길이가 길어짐에 따라, 더 낮은 공진 진동수를 나타낸다. 그러므로, 혼 스택(100)은 예를 들어 열 팽창에 의해 발생하는 바와 같이 길이가 길어짐에 따라, 더 낮은 공진 진동수를 나타낸다. 구체적으로, 물체의 길이(l)는 다음의 방정식에 의해 그의 공진 진동수(f)와 연관된다.

[0040]

$$l \approx \frac{\sqrt{E/\rho}}{2f}$$

- [0041] 여기서, E는 대상의 탄성 계수를 표현하고, ρ는 대상의 밀도를 표현한다. 대상이 복합체이면 (예를 들어, 복수의 부분으로 구성되거나 상이한 재료들로부터 만들어진 다양한 구획을 가지면), E 및 ρ는 그의 다양한 부분들을 고려하여, 재료의 거동을 표현하는 할당 값일 수 있다 (예를 들어, 가중 평균 등일 수 있다).
- [0042] 몇몇 실시예에 따르면, 에너지 공급원(102)은 혼 스택(100)의 공진 진동수(f)를 검출하여, 그와 진동수가 동일한 AC 신호를 발생시킨다. 예를 들어, 에너지 공급원(102)은 특정 피크 대 피크 전압 (또는 실효 전압)을 나타내는 사인파 신호를 혼 스택(100)으로 송출할 수 있다. 사인파 신호의 피크 대 피크 (또는 RMS) 전압을 일정하게 유지하면서, 에너지 공급원(102)은 신호의 진동수를 조정하고, 최소 전류가 혼 스택(100)에 의해 흡수되는 진동수를 탐색하고, 이러한 진동수는 혼 스택(100)의 공진 진동수이다. 따라서, 그러한 실시예에 따르면, 스택(100)의 공진 진동수는 에너지 공급원(102)으로부터 얻어질 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 스택(100)의 공진 진동수는 검출기에 의한 스택(100)의 관찰에 의해 검출될 수 있다.

- [0043] 혼 스택(100)의 공진 진동수를 얻으면, 스택(100)의 전체 길이는 전술한 물리적 원리와 유사한 방식으로, 공진 진동수를 혼 스택 길이와 연관시킴으로써 얻어질 수 있다. 컨버터(104) 및 부스터(106)가 냉각되어, 그에 대한 열 팽창의 효과를 실질적으로 억제하면, 혼 스택(100)의 길이는 갭 길이와 연관될 수 있다. 예를 들어, 도2의 계획에 따르면, 갭 길이와 혼(108) 길이(L)는 다음의 방정식에 의해 관련된다.
- [0044]  $\text{갭 길이} \approx D - L$
- [0045] 여기서, D는 혼(108)의 상부와 앤빌(110)의 작업편 지지 표면(210) 사이의 길이를 표현하는 대체로 일정한 값이다.
- [0046] 도3은 용접 혼(108)과 앤빌(110)의 작업편 지지 표면(210) 사이의 갭의 길이를 결정하기 위한 시스템을 도시한다. 도3의 시스템은 음파 신호를 혼(302) (및 부스터)로 송출하는 초음파 전원 장치(300; 예를 들어, 신호를 음파로 변환하는 컨버터에 AC 신호를 송출하는 전원 장치)를 포함한다. 초음파 전원 장치(300)는 초음파 전원 장치(300)의 작동을 제어하는 펌웨어/소프트웨어를 저장하는 메모리 장치와 데이터 통신하는 프로세서와 같은 제어기 회로에 의해 제어된다. 대안적으로, 제어기 회로는 하드웨어 기반의 제어 루프로서 실시될 수 있다. 각 경우에, 초음파 전원 장치(300)의 제어기는 혼 스택의 공진 진동수를 식별하고, 그와 진동수가 동일한 음파 신호를 발생하기 위해 컨버터와 협동하도록 내부의 전원 장치 신호 발생 회로에 명령한다. 전원 장치(300) 내의 제어기는 갭 결정 유닛(304)과 접속할 수 있다.
- [0047] 갭 결정 유닛(304)은 혼 스택의 공진 진동수를 수신하여, 갭 길이에 대해 알려진 관계에 있는 양을 발생시킨다. 일 실시예에 따르면, 갭 결정 유닛(304)은 메모리 유닛에 결합된 프로세서 상에서 실행되는 소프트웨어 모듈이다. 갭 결정 유닛(304)은 초음파 전원 장치(300)를 제어하는 펌웨어가 실행되는 동일한 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 대안적으로, 이는 그와 데이터 통신하는 다른 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 각 경우에, 갭 결정 유닛(304)에 의해 실행되는 소프트웨어/펌웨어는 도4A - 도5B를 참조하여 (아래에서) 설명되는 계획에 따라 기능할 수 있다.
- [0048] 대안적인 실시예에 따르면, 갭 결정 유닛(304)은 초음파 전원 장치(300) 이외의 공급원으로부터 혼 스택의 공진 진동수를 수신할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 혼 스택을 관찰하고, 그의 공진 진동수를 측정하고, 공진 진동수를 갭 결정 유닛(304)으로 전달하는 검출기(306)를 포함할 수 있다. 다음의 설명에서, 공진 진동수는 단지 예시적으로 초음파 전원 장치(300)로부터 유래한다고 가정된다.
- [0049] 도4A는 갭 결정 유닛(304)을 작동시킬 수 있는 계획을 도시한다. 갭 결정 유닛(304)은 메모리 장치 내에 저장된 표(400)를 포함할 수 있다. 표(400)는 공진 진동수에 따라 조직될 수 있고, 갭 길이(G)를 공진 진동수(f)와 연관시킨다. 따라서, 공진 진동수(f)를 수신하면, 갭 결정 유닛(304)은 공진 진동수를 사용하여, 표(400)에 액세스하고 공진 진동수(f)에 대응하는 갭 길이(G)를 결정한다. 예를 들어, 갭 결정 유닛(304)이 입력으로서  $f_2$ 의 진동수를 수신한다고 가정하면, 유닛(304)은 표(400)에 액세스하여 진동수( $f_2$ )에 대응하는 열을 식별함으로써 응답한다. 열을 식별하면, 그에 입력된 갭 길이( $G_2$ )가 반환된다. 선택적으로, 표(400)는 혼 스택(100)의 길이(L)를 결정하거나 갭 길이에 대해 알려진 관계에 있는 임의의 다른 양을 결정하기 위해 액세스될 수 있다. 갭 결정 유닛(304)이 입력으로서 값( $f_x$ )을 수신하고,  $f_x$ 가 연속된 표 입력들 사이에 든다고 (즉,  $f_i < f_x < f_{i+1}$ ) 가정하면, 갭 결정 유닛(304)은 갭 길이 값( $G_i, G_{i+1}$ )을 얻기 위해 표(400)에 액세스할 수 있고, 공진 진동수( $f_x$ )에 대응하는 갭 길이에 도달하기 위해 2개의 값들 사이에서 보간될 수 있다.
- [0050] 표(400)의 다양한 입력은 표(400) 내에서, 혼 스택(100)의 길이 및 갭의 길이가 각각의 진동수(f)에 대해 기록되는 발견적 과정에 의해 사전에 채워질 수 있다. 대안적으로, 표(400)의 다양한 입력은 전술한 것과 유사한 방식으로, 이론적인 계산에 의해 채워질 수 있다.
- [0051] 도4B는 갭 결정 유닛(304)을 작동시킬 수 있는 다른 계획인, 이론적 계산을 도시한다. 예를 들어, 갭 결정 유닛(304)은 작업(402)에 도시된 바와 같이, 혼 스택(100)의 공진 진동수(f)를 수신함으로써 그의 작동을 시작할 수 있다. 그 후에, 유닛(304)은 작업(404)에 도시된 방정식의 기초가 되는 물리적 원리에 기초한 방정식의 사용에 의한 것과 같이, 공진 진동수에 기초하여, 혼(108)의 길이(L)를 계산함으로써 응답한다. 마지막으로, 작업(406)에 도시된 바와 같이, 유닛(304)은 채용된 장착 계획으로부터 도출된 특정 기하학적 구속의 인지에 기초하여, 작업(404)에서 결정된 길이(L)를 갭 길이와 연관시킬 수 있다. 예를 들어, 도2의 장착 계획의 맥락에서, 갭 길이는 다음과 같이 구해질 수 있다.

- [0052] 갭 길이  $\approx D - L$
- [0053] 여기서, D는 혼(108)의 상부와 앤빌(110)의 작업편 지지 표면(210) 사이의 거리를 표현하고, L은 혼의 길이를 표현한다.
- [0054] 도5A는 연속 초음파 용접에 대해 사용되는 용접 혼(500)의 일례를 도시한다. 혼(500)은 혼(500)이 그에 대해 회전할 수 있는 종축(502)을 내부에 포함한다. 혼(500)은 갭이 혼과 앤빌(504) 사이에 유지되도록, (도5A에 도시되지 않은) 장착 시스템에 의해 구속된다. 혼 스택은 시스템 상의 임의의 노드점에 장착될 수 있다. 혼의 종축(502)은 앤빌(504)의 작업편 지지 표면(506)에 대해 실질적으로 평행하다. 또한, 혼은 종축을 갖고, 앤빌은 작업편 지지 표면을 가지며, 혼의 종축은 앤빌의 지지 표면에 대해 실질적으로 직교할 수도 있다.
- [0055] 혼 스택의 공진 진동수에 기초하여 혼과 앤빌 사이의 갭의 길이를 결정하는 전술한 원리는 도5의 혼(500)에 적용될 수 있다. 재료는 열 팽창할 때, 모든 방향에서 동일한 비율로 팽창한다. 그러므로, 도5B에 도시된 다음의 기술이 혼과 앤빌 사이의 갭의 길이를 결정하도록 사용될 수 있다.
- [0056] 처음에, 작업(508)에 도시된 바와 같이, 혼 스택의 공진 진동수가 수신된다. 그 후에, 혼(502)의 길이(L)는 전술한 바와 같은 방식으로, 진동수에 기초하여 결정된다 (작업 510). 전과 같이, 도5A의 혼 스택은 (도5A에 도시되지 않은) 컨버터 및 (도5A에 도시되지 않은) 부스터가 작동 중에 실질적으로 일정한 온도로 유지되도록 냉각되어, 이들의 열 팽창 및 시스템 공진 진동수에 대한 영향을 억제한다.
- [0057] 혼(500)이 모든 치수에서 비례하여 팽창하므로, 그의 길이(L)와 그의 반경 사이의 비율(B)은 일정하게 유지된다. 그러므로, 혼(502)의 길이의 계산 후에, 그의 반경은 작업(512)에 도시된 바와 같이, 길이를 전술한 비율(B)로 곱함으로써 도달될 수 있다. 마지막으로, 갭의 길이는 작업(514)에 도시된 바와 같이, 혼(500)의 종축과 앤빌(504)의 작업편 지지 표면(506) 사이의 거리(D)에서 반경을 빼서 결정될 수 있다.
- [0058] 도5B에 대해 설명된 방법의 결과는 도4A를 참조하여 설명된 바와 같이, 표 내에 저장될 수 있다는 것을 알아야 한다. 따라서, 갭 길이 또는 그에 대해 알려진 관계에 있는 임의의 값은 혼 스택의 공진 진동수에 기초하여, 그러한 표에 액세스함으로써 얻어질 수 있다.
- [0059] 도6은 혼 스택의 공진 진동수의 관찰에 기초하여, 혼과 앤빌 사이에 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위한 제어 시스템을 도시한다. 시스템은 혼 스택(600)과 그에 결합된 전원 장치(602)를 포함한다. 일 실시예에 따르면, 전원 장치(602)는 전술한 바와 같이, 혼 스택(600)의 공진 진동수를 결정한다.
- [0060] 위치 조정기(606)가 혼 스택에 결합된다. 위치 조정기(606)는 혼 스택(600)을 입력 신호의 제어 하에서, 앤빌을 향해 또는 그로부터 멀리 조정한다. 조정기(606)로 송출된 입력 신호와 이에 대한 조정기의 응답 사이에 알려진 관계가 존재한다. 위치 조정기(606)는 제어 신호 발생기(604)와 데이터 통신한다. 제어 신호 발생기(604)는 입력으로서 혼 스택의 공진 진동수를 수신하고, 위치 조정기(606)로 송출되는 제어 신호를 발생시킨다. 제어 신호 발생기(604)는 혼 스택(600)의 공진 진동수와, 위치 조정기(606)의 응답과 그의 입력 신호 사이의 관계가 주어지면, 앤빌과 혼 사이에 실질적으로 일정한 갭을 유지하는 제어 신호를 발생한다.
- [0061] 제어 신호 발생기(604)는 전술한 원리에 따른 펌웨어/소프트웨어를 저장하는 메모리 장치와 데이터 통신하는 프로세서와 같은, 제어기 회로로서 실시될 수 있다. 이는 대안적으로 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위한 전술한 제어 신호를 발생하는 ASIC으로서 실시될 수 있다. 개시 내용의 다음 부분에서, 위치 조정기의 특정 실시예가 개시된다. 본 발명의 실시를 위해 후술되는 위치 조정기를 사용하는 것이 필수적이지는 않다. 또한, 명세서의 이전 부분은 혼 스택의 공진 진동수에 기초하여, 혼의 길이 또는 갭의 길이를 결정하는 특정 방법에 관한 것이었다. 다른 실시예에 따르면, 그러한 결정은 혼 스택 또는 그의 다양한 구성요소들의 온도 측정에 의해 도달될 수 있다.
- [0062] 도7은 혼과 앤빌 사이의 갭을 조정하기 위한 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다. 시스템은 앤빌(704)의 작업편 지지 표면(702) 위에 배향된 혼(700)을 내부에 포함한다. 혼(700)은 프레임(706)에 견고하게 결합된다. 프레임(706)은 프레임(706)과 혼(700)이 수직으로 병진 이동할 수 있도록, 수신기(710)와 맞물리는 슬라이드(708)를 포함한다.
- [0063] 프레임(706)은 한 쌍의 부재(714)에 의해 프레임(706)에 결합된 힘 수신 플레이트(712)를 또한 포함한다. 힘이 (도7에 도시되지 않은) 힘 적용기에 의해 힘 수신 플레이트(712)에 적용된다. 힘은 앤빌(704)을 향해 혼(700)을 압박한다. 힘의 방향은 화살표(713)에 의해 표시되어 있다. 힘은 접촉 표면(716)이 탄성 변형 가능한 멈춤부(718)와 맞닿게 하는 효과를 갖는다. 탄성 변형 가능한 멈춤부(718) 상에 가해진 힘은 멈춤부(718)가 변형되

어 하향 휨(즉, 앤빌(704)의 방향으로의 휨)을 나타내게 한다. 대체로, 플레이트(712)에 적용되는 힘이 클 수록, 멈춤부(718)에 의해 나타나는 하향 휨이 더 크다. 멈춤부(718)에 의해 나타나는 휨이 클 수록, 혼(700)과 앤빌(704) 사이의 갭이 더 작다.

[0064] 혼(700)과 앤빌(704) 사이에 일정한 갭을 유지하기 위해, 다음의 계획이 채용될 수 있다. 혼(700)이 그의 미상승 온도에 있을 때, 초기력이 플레이트(712)에 적용되어, 혼(700)과 앤빌(704) 사이의 갭이 "이상적인" 길이로 확립되게 한다. 혼(700)이 작동 중에 열 팽창함에 따라, 갭은 작아진다. 이러한 효과를 상쇄하기 위해, 플레이트(712)에 적용되는 힘은 감소되어, 멈춤부(718)가 더 적은 휨을 나타내게 하고, 이는 혼(700)과 프레임이 상방으로(즉, 앤빌로부터 멀리) 병진 이동하는 것을 의미한다. 따라서, 혼(700)과 앤빌(704) 사이의 갭은 플레이트(712)에 대한 제어된 힘의 적용에 의해 실질적으로 일정하게 유지될 수 있다. 이러한 계획의 기능성을 확보하기 위해, 플레이트(712)에 적용되는 초기력은 멈춤부(718)가 적어도 상쇄되어야 하는 예상 열 팽창만큼 휨을 나타내게 하기에 충분한 크기이어야 한다.

[0065] 변형 가능한 멈춤부(714)는 탄성이고, 양호하게는 비교적 높은 탄성 계수를 갖는다. 비교적 높은 탄성 계수를 갖는 재료의 선택에 의해, 멈춤부(714)를 휘기 위해 요구되는 힘이 공정 힘(즉, 혼에 의해 작업편 상에 가해지는 힘)에 비해 비교적 큰 환경이 설정된다. 그러한 배열은 제어 설계의 용이성을 제공한다. 일 실시예에 따르면, 멈춤부(714)는 강철, 또는 다른 적합한 재료로 제조될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 멈춤부(714) 상에 가해지는 힘은 내부의 재료가 그의 탄성 범위를 넘게 하지 않는다(즉, 멈춤부(714)는 힘의 제거 시에 그의 원래의 형상으로 복귀할 것이다). 더욱이, 일 실시예에 따르면, 멈춤부(714)는 그에 적용되는 힘에 비례하는 휨을 나타낸다. 즉, 멈춤부(714)에 적용되는 힘과 그에 의해 나타나는 휨의 범위 사이에 선형 관계가 존재한다.

[0066] 도8A는 도7의 예시적인 조정 시스템과 함께 사용하기 위한 제어 시스템의 일례를 도시한다. (후술하는 도8A의 다양한 유닛(804 - 810)은 컴퓨터 판독 가능한 매체 내에 저장되어 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로서 실시될 수 있거나, 하나 이상의 주문형 집적 회로 또는 현장 프로그램식 게이트 어레이와 같은 전용 하드웨어로서 실시될 수 있다. 더욱이, 유닛(804 - 810)들은 설계 선택의 이유로 조합되거나 분할될 수 있다.) 도8A로부터 알 수 있는 바와 같이, 시스템은 초음파 전원 장치(802)에 결합된 혼(800)을 포함한다. 갭 결정 유닛(804)이 혼(800)과 (도8에 도시되지 않은) 앤빌 사이의 갭을 결정한다. 일 실시예에 따르면, 갭 결정 유닛(804)은 전원 장치(802)로부터 혼 스택의 공진 진동수를 얻고, 그로부터 갭을 결정한다. 다른 실시예에 따르면, 갭 결정 유닛(804)은 혼의 관찰에 의해 혼(800)의 공진 진동수를 검출한다. 또 다른 실시예에 따르면, 갭 결정 유닛(804)은 혼의 온도를 측정하고, 그로부터 혼 길이를 추정하고, 혼 길이에 기초하여 갭 길이에 도달함으로써, 갭 길이에 도달한다.

[0067] 갭 결정 유닛에 의해 도달된 갭 길이는 힘 결정 유닛(806)으로 공급된다. 힘 결정 유닛(806)은 갭을 실질적으로 일정한 길이로 유지하기 위해, 프레임(예를 들어, 도7의 플레이트(712)) 상에 가해지는 힘을 결정한다. 갭 결정 유닛(806)에 의해 도달된 힘은 제어 신호 발생기(808)로 공급된다. 제어 신호 발생기(808)는 제어 신호를 발현하고, 그러한 제어 신호를 힘 적용기(810)로 전달한다. 힘 적용기(810)는 수신된 제어 신호와 그가 가하는 힘 사이의 알려진 관계를 나타낸다. 따라서, 제어 신호 발생기(808)는 그러한 관계에 비추어 제어 신호를 발현한다.

[0068] 도8B는 갭 결정 유닛(804) 및 힘 결정 유닛(806)의 예시적인 실시예를 도시한다. (도8A의 유닛의 경우에서와 같이, 후술되는 도8B의 다양한 유닛은 컴퓨터 판독 가능한 매체 내에 저장되어 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로서 실시될 수 있거나, 하나 이상의 주문형 집적 회로 또는 현장 프로그램식 게이트 어레이와 같은 전용 하드웨어로서 실시될 수 있다. 더욱이, 도8B의 유닛들은 설계 선택의 이유로 조합되거나 분할될 수 있다.) 도8B로부터 알 수 있는 바와 같이, 갭 결정 유닛(804)은 길이 결정 유닛(812) 및 갭 탐색 유닛(814)을 포함한다. 길이 결정 유닛(812)은 혼 스택의 공진 진동수를 수신하고, 혼의 길이를 탐색하기 위해 도4A 및 도4B를 참조하여 설명된 방법들 중 하나를 적용한다. 그 후에, 혼의 길이는 갭 탐색 유닛(814)에 의해 수신된다. 갭 탐색 유닛(814)은 혼의 길이의 인지, 및 장착 계획에 의해 부가되는 특정 기하학적 특징에 의해 갭 길이에 도달한다(예를 들어, 갭 길이는 혼의 상부로부터 작업편 지지 표면으로의 길이와 혼 길이 사이의 차이와 동일할 수 있다,  $갭 = D - L$ ).

[0069] 갭 길이에 도달한 후에, 이러한 값은 힘 결정 유닛(806)에 제공된다. 힘 결정 유닛(806)은 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 프레임에 적용되는 힘에 도달한다. 도달된 힘은 무엇보다도, 멈춤부의 길이( $L_{stop}$ ), 멈춤부의 탄성 계수(E), 멈춤부의 단면적(A), 초기 갭 길이와 갭 결정 유닛(804)에 의해 도달된 갭 길이 사이의 차이( $\Delta$ ), 및 조립된 시스템 힘의 함수이다.

- [0070] 도9A는 힘 결정 유닛(806)을 작동시킬 수 있는 계획을 도시한다. 힘 결정 유닛(806)은 메모리 장치 내에 저장된 표(900)를 포함할 수 있다. 표(900)는 공진 갭 길이(G)에 따라 조직되고, 힘(F)을 갭 길이(G)와 연관시킨다. 따라서, 갭 길이(G)를 수신하면, 힘 결정 유닛(806)은 갭 길이를 사용하여, 표(900)에 액세스하고 갭 길이(G)에 대응하는 힘(F)을 결정한다. 예를 들어, 힘 결정 유닛(806)이 입력으로서  $G_2$ 의 갭 길이를 수신한다고 가정하면, 유닛(806)은 갭 길이( $G_2$ )에 대응하는 열을 식별하기 위해 표(900)에 액세스함으로써 응답한다. 열의 식별 시에, 그에 입력된 힘( $F_2$ )이 반환된다. 선택적으로, 표(900)는 힘 적용기(810)로 송출되는 제어 신호(C)를 결정하거나 프레임 상에 가해지는 힘에 대해 알려진 관계에 있는 임의의 다른 양을 결정하기 위해 액세스될 수 있다. 힘 결정 유닛(806)이 입력으로서 값( $G_x$ )을 수신하고,  $G_x$ 가 연속된 표 입력들 사이에 든다고 (즉,  $G_i < G_x < G_{i+1}$ ) 가정하면, 힘 결정 유닛(806)은 힘 값( $F_i, F_{i+1}$ )을 얻기 위해 표(900)에 액세스할 수 있고, 갭 길이( $G_x$ )에 대응하는 힘에 도달하기 위해 2개의 값들 사이에서 보간될 수 있다.
- [0071] 표(900)의 다양한 입력은 표(900) 내에서, 프레임에 적용되는 힘과 그에 대응하는 제어 신호가 각각의 갭 길이(G)에 대해 실험적으로 결정되는 발견적 과정에 의해 사전에 채워질 수 있다. 대안적으로, 표(900)의 다양한 입력은 도9B를 참조하여 후술하는 것과 유사한 방식으로, 이론적인 계산에 의해 채워질 수 있다.
- [0072] 도9B는 힘 결정 유닛(806)을 작동시킬 수 있는 다른 계획인, 이론적 계산을 도시한다. 예를 들어, 힘 결정 유닛(806)은 작업(902)에 도시된 바와 같이, 갭 결정 유닛(804)에 의해 계산된 갭 길이(CG)를 수신함으로써 그의 작동을 시작할 수 있다. 그 후에, 유닛(806)은 작업(904)에 도시된 바와 같이, 초기 갭(IG)과 계산된 갭(CG) 사이의 차이를 계산함으로써 응답한다. 이러한 차이( $\Delta$ )는 멈춤부의 힘이 갭을 그의 초기 길이로 복귀시키기 위해 감소되어야 하는 양을 말한다. 따라서, 작업(906)에서, 프레임에 적용되는 새로운 힘( $F_{new}$ )이 그에 도시된 방정식의  $F_{new}$ 에 대해 풀어서 도달될 수 있다.
- [0073] 도10은 혼과 앤빌 사이의 갭을 조정하기 위한 시스템의 다른 예시적인 실시예를 도시한다. 용접 시스템(1010)은 지지 표면(1017)에 고정된 용접 시스템(1030)과, 지지 표면(1018)에 고정된 앤빌(1021)을 갖는다. 용접 시스템(1030)은 혼 지지부(1020)에 의해 지지되며 표면(1017)에 대해 이동 가능한 혼(1032)과, 표면(1017)에 대해 고정된, 지지 플레이트(1056)를 갖는 고정 멈춤부(1055)와, 팽창 가능한 공압 블래더(1061)를 포함한다.
- [0074] 블래더(1061)는 앤빌(1021)을 향해 혼 지지부(1020) 및 혼(1032)을 이동시키기 위한 힘을 적용하도록 사용되고, 힘은 블래더(1061) 내의 공기 압력을 조정함으로써 제어된다. 표면(1025)이 고정 멈춤부(1055)와 접촉하면, 지지 플레이트(1056)는 적용된 힘 하에서 약간 휘다.
- [0075] 하나의 구체적인 예에서, 원하는 제품을 용접하기 위한 최소의 허용 가능한 힘은 블래더(161) 내의 30 psig(약 207 kPa)의 공기 압력에 의해 발생하는 60 파운드(약 272 kg)이다. 원하는 고정 갭은 0.0020 인치(약 0.05 mm)이다.
- [0076] 티타늄 혼에 의한 작업 시에, 온도는 최대 50°F(약 27.7°C)만큼 실온으로부터 증가할 것이고, 이는 혼 길이를 0.0010 인치(약 0.025 mm)만큼 증가시킬 것으로 결정되었다. 결과적으로, 혼(132)과 앤빌(121) 사이의 갭은 보상이 이루어지지 않으면, 0.0010 인치(약 0.025 mm)로 감소된다. 지지 플레이트(156)의 힘은 675 파운드 힘(약 306 kg-force)당 0.0010 인치(약 0.025 mm)로 공지되어 있다. 그러므로, 실온의 혼에서 적용되는 힘은 적어도 1125 파운드(약 510 kg), 또는 60 psig(약 414 kPa)이어야 한다. 혼이 작동하여 길이가 증가함에 따라, 적용되는 공기 압력은 혼과 앤빌 사이의 갭을 일정하게 유지하기 위해 60 psig(약 414 kPa)로부터 30 psig(약 207 kPa)로 감소된다.
- [0077] 대체로 변형 가능한 멈춤 조립체를 이용함으로써 앤빌과 혼 사이의 거리를 제어하도록 구성된 용접 장치는 고정 멈춤부를 갖는 앤빌과, 혼과, 고정 멈춤부의 탄성 변형이 혼과 앤빌 사이의 갭에 대한 미세 제어를 제공하도록 고정 멈춤부에 대해 혼을 가압하기 위해 힘을 적용할 수 있도록 장착된 힘 적용기를 포함한다. 장치는 혼과 앤빌 사이의 갭을 비특성의 변화에도 불구하고 고정된 값으로 유지하기 위해, 혼의 비특성을 모니터링하고 혼에 적용되는 힘을 제어하기 위한 감지 시스템을 포함할 수 있다. 모니터링되는 특성은 예를 들어 혼의 온도, 길이, 또는 진동수일 수 있다.
- [0078] 열 팽창으로 인한 혼 길이 증가를 보상하기 위해 변형 가능하지만 고정된 멈춤부를 사용하는 것은 회전식 앤빌, 고정식 앤빌, 회전식 혼, 고정식 혼, 또는 이들의 임의의 조합에서 사용될 수 있다.
- [0079] 사용 시에, 결합되는 작업편은 혼과 앤빌 사이에 위치되고, 에너지가 혼에 적용되어 혼이 급전되고, 고정 멈춤

부의 탄성 변형이 혼과 앤빌 사이의 갭의 미세 제어를 제공하도록 고정 멈춤부에 대해 혼을 압박하도록, 힘이 혼에 적용된다.

[0080] 전술한 방법을 채용하기 위해, 시스템에 대한 데이터를 결정하고, 그 다음 이를 특정 유닛에 대한 제어 시스템 내에서 사용될 수 있는 방정식에 대입할 수 있다. 출원인은 전술한 시스템에 대해 다음의 방법을 사용했지만, 이러한 방법은 상이한 구성의 다른 시스템에 적용될 수 있다. 방정식은 공학적 원리를 사용하여 또는 개별 시스템으로부터 측정된 데이터를 사용하여 도출될 수 있다.

[0081] 방정식 2 - 5는 2개의 변수의 선형 시스템에 가장 잘 맞춰졌다. 방정식의 기울기 및 절편은 시스템의 가장 잘 맞춰진 측정 데이터로부터 실험적으로 결정되었다. 변수들 사이의 관계를 측정하는 것은 유사하게 임의의 특정 시스템의 기울기 및 절편을 산출할 수 있다. 시스템이 작동 영역 내에서 선형으로 거동하는 것이 양호하지만, 시스템이 비선형이면, 2차 이상의 방정식이 사용될 수 있다.

[0082] 출원인은 초음파 용접 중의 갭 제어를 위해 후술하는 방법을 개발하여 사용했다.

[0083] 먼저, 전술한 바와 같은 회전식 초음파 시스템에 대해, 다음의 파라미터가 결정되었다.

[0084] (1) 혼 직경 = 6.880"

[0085] (2) 주위 온도 = 65°F

[0086] (3) 주위 온도에서의 진동수 = 19.986 KHz

[0087] (4) 갭이 설정된 압력 = 72.5 psig

[0088] (5) 공정에 대한 갭 설정점 = 2 mil (1 mil = 0.001 인치)

[0089] 혼의 재료 특성도 공지되어 있다.

[0090] (6) 열 팽창 계수( $\alpha$ )

[0091]  $\alpha_{\text{Titanium}} = 5.4 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{F}/\text{inch}/\text{inch}$

[0092]  $\alpha_{\text{Aluminum}} = 5.4 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{F}/\text{inch}/\text{inch}$

[0093] 시스템이 급전되어 작동할 때, 혼은 온도가 증가할 것이다. 다음으로, 연속 용접 시에 갭이 남지 않는 온도 ( $T_{\text{final}}$ )를 결정한다 (즉, 2.0 mil 갭이 0으로 되어, 예를 들어 혼과 앤빌 사이에 접촉이 있음). 이러한 온도는 방정식 1을 풀어서 구해진다.

**수학식 1**

$$T_{\text{final}} = \left( \frac{2 * IG * 10^{-3}}{D * \alpha} \right)$$

[0094]

[0095] 방정식 1에서,  $T_{\text{final}}$ 은 갭이 사라지는 온도이고, IG는 시스템이 설치되고 작동되지 않을 때 설정되고 측정된 (mil 단위의) 초기 갭이고, D는 회전식 혼의 외경이고,  $\alpha$ 는 혼 재료의 열 팽창 계수이다. 알루미늄 혼에 대한 상기 입력을 사용하여 방정식 1을 푸는 것은 작동 중의 혼의 가열에 기초하여 갭이 0이 되는 172.7°F의 온도를 제공한다. 따라서, 혼이 172.67°F로 가열되면, 갭이 남지 않을 것이다. 따라서, 온도에 대한 상한이 있다. 임의의 주어진 시스템에 대한 상한은 회전식 시스템에 대해 방정식 1을 사용하여 구해질 수 있다. 당업자는 또한 유사한 방정식이 다른 기하학적 특징에 대해 도출될 수 있으며, 갭이 사라지는 것을 방지하기 위한 상한 작동 온도가 결정될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0096] 혼의 동적 공진 상태에 대한 온도를 측정하는 것이 어려우므로, 출원인은 간접적이지만 정확한 온도 측정을 제공하는 대안을 사용하는 것을 개발했다. 온도를 직접 측정하는 대신에, 혼의 진동수는 작동 중에 혼의 진동수를 측정하는 다음 아래의 방정식 2를 사용하여 온도를 결정함으로써 결정된다.

**수학식 2**

[0097]  $\lambda_{\min} = -0.0017 \times T_{\text{final}} + 20.096$

[0098] 방정식 2에서,  $\lambda_{\min}$ 은 갭이 0이 되기 전에 혼이 작동될 수 있는 최소 진동수이고, 선형 방정식의 계수들은 실험에 의해 실험적으로 결정되었다. 입력 파라미터에 대해 방정식 2를 풀면, 갭은 혼의 진동수가 19,802 Hz 미만으로 떨어질 때, 0이 될 것이다. 혼의 진동수가 당업자에 의해 일반적으로 사용되는 표준 장비를 사용하여 쉽게 측정될 수 있는 파라미터이므로, 방정식 1 및 2를 사용하여, 제품 손상을 일으키고 또한 접촉으로 인해 혼 및/또는 앤빌을 손상시킬 수 있는 갭 폐쇄를 방지하는 회전식 시스템의 최소 작동 진동수를 결정할 수 있다.

[0099] 방정식 1 및 2를 사용하여, 이제 갭을 온도와 그리고 온도를 진동수와 연관시키는 능력을 갖는다. 따라서, 갭을 진동수와 연관시킬 수 있다. 정상 작동 중에, 재료가 갭 (또는 닢) 내에 있을 때, 갭을 측정하는 것은 어렵지만, 상기 원리를 사용하여, 진동수가 갭을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 혼의 진동수와 혼과 앤빌 사이의 갭 사이의 관계는 다음의 (진동수의 함수로서 갭에 대해 풀 수 있거나 그 반대도 가능한) 방정식 3을 사용하여 결정될 수 있다.

**수학식 3**

[0100]  $\lambda = 0.0965 \times \text{Gap} + 19.7925$

[0101] 방정식 3에서,  $\lambda$ 는 혼 진동수이고, Gap은 mil(1 mil = 0.001 인치) 단위로 측정된다. 1 mil의 갭에 대해 방정식 3을 푸는 것은 19,889 Hz의 진동수를 제공한다. 이제 진동수의 함수로서 갭 변화를 결정하는 방법이 있다는 것을 알아야 한다. 방정식 1 - 3에 의해 이렇게 결정된 정보를 사용하여, 혼/앤빌 배열에 적용되는 힘은 혼의 온도 및 진동수가 용접 조립체의 작동 중에 변화할 때 작동 갭을 일정하게 유지하도록 제어될 수 있다.

[0102] 갭을 제어하고 일정한 작동 값으로 유지하기 위해, 시스템에 적용되는 압력은 제어되어, 작동 중에 가열되는 혼의 열 팽창을 보상한다. 다시 상기 예를 참조하면, 갭이 1 mil로 감소될 때, 시스템이 2 mil의 초기 갭 설정을 유지하거나 그로 복귀될 수 있도록 시스템 상에 가해지는 압력을 감소시킬 필요가 있다. 따라서, 열 팽창을 보상하기 위해, 압력은 갭을 2 mil로 복귀시키도록 감소된다.

[0103] 압력을 적절하게 감소시키기 위해, 먼저 다음의 방정식 4에 의해 도시된 바와 같이, 압력과 진동수 사이의 관계를 결정할 필요가 있다.

**수학식 4**

[0104]  $P_{\text{compensation}} = -367.3404 \times \lambda + 7412.7731 - P_{\text{setpoint}}$

[0105] 여기서,  $P_{\text{compensation}}$ 은 시스템 상에서의 (평방 인치당 파운드 단위의) 압력 감소이고,  $\lambda$ 는 방정식 3으로부터 결정된 진동수이고,  $P_{\text{setpoint}}$ 는 초기 갭 설정점에서의 압력이다.

[0106] 예를 들어, 상기 파라미터를 사용하여, 혼이 열 팽창으로 인해 1 mil 팽창할 때, 2 mil의 초기 갭을 이동 복원하기 위해 필요한 압력 감소를 결정할 수 있다.

[0107] 예: 갭이 1 mil로 변화되면 필요한 압력 보상은?

[0108] 먼저, 방정식 3으로부터 1 mil에서의 갭에 대한 진동수를 계산한다 (앞서 결정된 바와 같이, 그러한 값은 19.889 Hz임). 그 다음 값을 방정식 4로 대입하여 다음을 산출한다.

[0109]  $P_{\text{compensation}} = -367.3404(19.889) + 7412.7731 - 72.5$

[0110]  $= 106.7399 - 72.5$

[0111]  $P_{\text{compensation}} = 34.24 \text{ psig}$  (작동 압력의 감소)

[0112] 압력이 결정된 후에, 열 팽창을 보상하기 위해, 그러한 압력 보상에서의 갭이 확인될 수 있다. 이러한 갭은 초기 갭에 열 팽창으로 인한 갭 변화를 더한 것과 대체로 동일해야 한다. 확인을 위해, 먼저 압력과 갭 사이의 관계가 다음의 방정식 5에 의해 결정된다.

**수학식 5**

- [0113]  $P_{\text{compensation}} = 35.461 \times (\text{압력 보상에서의 갭}) + 142.205$
- [0114] 예를 들어, (방정식 4로부터의) 34.24 psig의 압력 보상에서, 방정식 5를 재배열하여 갭에 대해 풀 수 있다.
- [0115] 압력 보상에서의 갭 =  $(34.24 - 142.205) / -35.461 = 3.045 \text{ mil}$
- [0116] 따라서, 초기 갭이 2.0 mil로 설정되었고 갭 변화가 1 mil이었기 때문에, 모델을 평가할 수 있다. 그러므로, 작동 중의 혼의 가열로 인한 1 mil 팽창을 보상하기 위해, 갭을 1 mil만큼 개방하여 원래의 2.0 mil 갭을 복원한다.
- [0117] 따라서, 작동 파라미터를 결정하기 위해 전술한 방정식을 사용하거나 (선형 혼 또는 다른 기하학적 특징에 대한 등가물을 도출하여), 회전식 초음파 용접 공정에 대한 작동 한계를 결정할 수 있다. 예를 들어, 작동 온도 한계는 방정식 1 및 갭 설정점(목표)의 값을 사용하여 구해진다. 초음파 혼의 작동 진동수 한계는 방정식 2를 사용하고 방정식 1로부터의 온도 한계의 값을 사용하여 구해진다. 갭 변화 시의 진동수는 방정식 3을 사용하고 입력으로서 갭의 값을 사용하여 구해진다. 갭 변화 시의 온도는 방정식 2를 사용하지만, 방정식 3으로부터 결정된 진동수의 값을 사용하여 구해진다. 갭 변화에 대한 압력 보상은 방정식 4를 사용하지만 방정식 3으로부터의 진동수의 값을 사용하여 구해진다. 압력 보상(주위 온도)에서의 갭은 방정식 5를 사용하지만 방정식 4로부터의 압력 보상의 값을 사용하여 구해진다.
- [0118] 혼과 앤빌 사이의 갭을 제어할 수 있는 또 다른 계획이 존재한다. 전술한 바와 같이, 초음파 용접의 맥락에서, 혼은 대체로 20,000 내지 40,000 Hz의 범위 내의 음파 신호에 의해 구동된다. 도11A는 음파가 혼의 종축을 따라 전파될 때의 혼의 표면(110)을 도시한다. 음파의 전파 방향은 화살표(1102)에 의해 도시되어 있다. 도11A로부터 알 수 있는 바와 같이, 음파가 혼의 종축을 따라 전파될 때, 혼의 표면(110)은 섭동되고, 그에 대한 정상파형(1104)을 나타낸다. 정상파형(1104)은 혼 표면에 의해 나타나는 "변위"로 불리는 피크 대 피크 진폭을 나타낸다. 피크 대 피크 진폭, 또는 표면 변위는 혼을 따라 전파되는 음파 신호의 진폭의 함수이다. 당연히, 음파 신호의 진폭은 혼에 결합된 컨버터에 공급되는 전기 신호의 진폭의 함수이다. 따라서, 혼의 표면(110)에 의해 나타나는 변위는 컨버터로 송출되는 전기 신호의 진폭의 함수이다. 전형적으로, 컨버터로 송출되는 전기 신호의 진폭이 클 수록, 혼을 따라 전파되는 음파 신호의 진폭이 더 크고, 음파 신호의 진폭이 클 수록, 혼의 표면(110)에 의해 나타내는 변위가 더 크다.
- [0119] 도11A로부터 알 수 있는 바와 같이, 혼의 표면(110)과 앤빌의 표면(1106) 사이의 갭은 변위의 함수이다. 혼이 더 큰 표면 변위를 나타내면, 혼의 표면과 앤빌의 표면 사이의 갭은 감소한다.
- [0120] 더 진행하기 전에, 도11A 및 도11B는 축척에 맞지 않고, 표면 변위와 같은 몇몇 특징은 도시를 위해 과장되었다는 것이 지적되어야 한다. (전형적인 혼은 예를 들어 정상 조건 하에서 작동할 때, 대략 2 - 3 mil의 표면 변위를 나타낼 수 있다.)
- [0121] 설명을 위해, 도11A에 도시된 표면 변위를 시뮬레이팅하는 전압 신호의 진폭은 진폭<sub>1</sub>로 지칭된다. 도11B는 진폭<sub>2</sub>의 진폭을 갖는 전압 신호에 의해 시뮬레이팅될 때 출현하는 바와 같은, 도11A의 혼 표면(110)을 도시한다 (진폭<sub>2</sub>는 진폭<sub>1</sub>보다 더 작다). 도11A와 도11B의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 혼 및 앤빌의 표면(110, 1106)들 사이의 갭은 혼을 시뮬레이팅하는 전압 신호의 진폭이 감소할 때 커지고, 이는 혼의 표면(110)이 앤빌을 향해 그렇게 크게 변위되지 않기 때문이다.
- [0122] 전술한 바와 같이, 전형적인 용접 작업 중에, 혼은 예를 들어 3 mil 정도의 표면 변위를 나타낼 수 있다. 그러나, 용접 작업은 표면 변위가 예를 들어 33%만큼 감소되더라도, 만족스러운 제품을 생산할 수 있다. 따라서, 전술한 예에 따르면, 용접 작업은 2 mil만큼 작은 변위를 나타내는 혼에서 수행될 수 있다. 그 다음 용접 공정이 3 mil의 표면 변위를 시뮬레이팅하기에 충분한 진폭의 전기 신호를 사용하여 개시될 수 있다. 작동 중에, 혼은 열 팽창을 겪고, 이는 혼과 앤빌 사이의 갭이 혼이 앤빌을 향해 팽창함에 따라 감소한다는 것을 의미한다. 이러한 효과를 상쇄하기 위해, 혼을 시뮬레이팅하는 전기 신호의 진폭은 원래의 3 mil 미만의 표면 변위를 산출하여 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위해, 감소될 수 있다. 당연히, 적절한 제품을 제작하기 위해 적어도 2 mil의 변위를 요구하는 작업의 맥락에서, 전기 신호는 혼의 표면이 요구되는 2 mil 변위보다 더 작은 변위를 나타낼 정도로 감소되지 않아야 한다.
- [0123] 혼과 앤빌 사이의 갭을 제어하기 위한 시스템의 예시적인 실시예가 도12A에 도시되어 있다. 도12A로부터 알 수 있는 바와 같이, 시스템은 전원 장치(1202)로부터 AC 전기 신호를 공급받는 (컨버터 및 부스터를 포함하는) 혼

(1200)을 포함한다. 전원 장치(1202)는 혼(1200)의 공진 진동수를 갭 결정 모듈(1204)로 전달한다. (전술한 바와 같이, 전원 장치(1202)는 혼 스택의 공진 진동수를 검출하고, 그러한 진동수에서 혼 스택을 구동한다.)

[0124] 갭 결정 유닛(1204)은 전술한 바와 같이, 공진 진동수에 기초하여, 갭의 길이를 결정하거나 (또는 갭의 변화를 결정할 수 있거나, 혼의 길이에 대해 알려진 관계에 있는 임의의 다른 값을 결정할 수 있다). 그 후에, 갭 길이 (또는 그의 변화)는 진폭 결정 모듈(1206)로 공급된다. 응답으로, 진폭 결정 모듈은 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 전원 장치에 의해 송출되는 전기 신호의 적절한 진폭을 식별한다. 진폭은 참조표로부터 검색될 수 있거나, 계산에 의해 도달될 수 있다. 이에 의해 결정된 진폭은 제어 신호 발생 모듈(1208)로 전달되고, 이는 전원 장치(1202)가 신호의 진폭을 진폭 결정 모듈(1206)에 의해 선택된 것으로 조정하게 하도록 적절한 명령 또는 제어 신호를 발생시킨다.

[0125] 전술한 바와 같이, 각각의 모듈(1204 - 1208)은 서로 협동하는 하나 이상의 ASIC과 같은, 전용 하드웨어로서 실시될 수 있다. 대안적으로, 모듈(1204 - 1208)은 메모리 내에 저장되어 그와 통신하는 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어/펌웨어로서 실시될 수 있다. 펌웨어/소프트웨어로서 실시되면, 모듈(1204 - 1208)을 구성하는 명령들은 설계 선택의 이유로, 동일한 프로세서에 의해 실행될 수 있거나, 복수의 프로세서에 의해 실행될 수 있다.

[0126] 혼과 앤빌 사이의 갭을 제어하기 위한 시스템의 다른 예시적인 실시예가 도12B에 도시되어 있다. 도12B의 시스템은 갭을 조정할 수 있는 2가지 다른 계획인 (1) 혼 자체의 위치 제어 및 (2) 혼에 의해 나타나는 표면 변위량의 제어를 이용한다. 도12B로부터 알 수 있는 바와 같이, 시스템은 전원 장치(1212)로부터 AC 전기 신호를 공급받는 (컨버터 및 부스터를 포함하는) 혼(1210)을 포함한다. 전원 장치(1212)는 혼(1210)의 공진 진동수를 갭 결정 모듈(1214)로 전달한다. (전술한 바와 같이, 전원 장치(1212)는 혼 스택의 공진 진동수를 검출하고, 혼 스택을 그러한 진동수에서 구동한다.)

[0127] 갭 결정 모듈(1214)은 전술한 바와 같이, 공진 진동수에 기초하여, 갭의 길이를 결정하거나, (또는 갭의 변화를 결정할 수 있거나, 혼의 길이에 대해 알려진 관계에 있는 임의의 다른 값을 결정할 수 있다). 그 후에, 갭 길이 (또는 그의 변화)는 진폭 결정 모듈(1216) 및 조정기(1220)로 공급된다. 조정기(1220)는 탄성 멈춤부의 변형을 다양한 정도로 변경함으로써 혼의 위치를 조정하는, 도7 및 도10에 도시된 조정 시스템과 같은, 혼의 위치를 바꿀 수 있는 시스템이다. 도12A의 실시예의 경우에서와 같이, 진폭 결정 모듈(1216)은 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 전원 장치에 의해 송출되는 전기 신호의 적절한 진폭을 식별한다. 그러나, 진폭 결정 모듈(1216)은 일정한 갭을 실질적으로 유지하는 최종 목적을 달성하기 위해, 조정기(1220)와 협동하여 함께 위치를 조정하고 그리고/또는 전원 장치(1212)에 의해 송출되는 AC 신호의 진폭을 조정한다.

[0128] 예를 들어, 일 실시예에 따르면, 진폭 결정 유닛(1216) 및 조정기(1220)는 도13에 도시된 방법에 따라 작동한다. 그에 도시된 바와 같이, 모듈(1216, 1220)은 모두 작업(1300)에 도시된 바와 같이, 갭 결정 유닛(1214)으로부터, 갭 길이 또는 그의 변화를 수신한다. 그 후에, (조정기(1220)가 변형 가능한 탄성 멈춤부에 대해 혼에 힘을 가하는 힘 적용기를 포함하는 실시예를 가정하여), 진폭 결정 유닛(1216)은 조정기(1220)로부터 그에 의해 적용되는 힘을 수신한다 (작업 1302). 다음으로, 작업(1304)에 도시된 바와 같이, 힘은 용접 공정에 대해 허용 가능한 힘의 하한과 비교된다. 힘이 여전히 하한 위에 있으면, 조정기(1220)는 적용되도록 요구되는 새로운 힘을 결정하고, 그에 따라 힘을 조정한다 (작업 1306). 다른 한편으로, 힘이 하한에 도달하면, 힘은 더 이상 감소되지 않고, 제어는 작업(1308)으로 진행되어, 표면 변위의 진폭이 그의 하한에 도달했는지 결정된다. 그렇지 않으면, 제어는 작업(1310)으로 진행되어, 진폭 결정 모듈(1216)이 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 전원 장치에 의해 송출되는 전기 신호의 적절한 진폭을 식별한다. 이에 의해 결정된 진폭은 제어 신호 발생 모듈(1218)로 전달되고, 이는 전원 장치(1212)가 신호의 진폭을 진폭 결정 모듈(1216)에 의해 선택된 것으로 조정하게 하도록 적절한 명령 또는 제어 신호를 발생시킨다. 다른 한편으로, 표면 변위의 진폭이 그의 하한에 도달하면, 제어는 작업(1312)으로 진행되어, 갭이 공정 힘을 그의 허용 가능한 한계 아래로 감소시키거나 혼의 표면 변위를 그의 허용 가능한 한계 아래로 감소시키지 않고서는 일정한 길이로 유지될 수 없다는 것을 표시하는 경고가 발생된다.

[0129] 도13의 작업이 진폭 결정 모듈(1216)에 의해 수행되는 것으로 설명되었지만, 작업은 도12B에 도시된 임의의 모듈에 의해 수행될 수 있거나, 진폭 결정 모듈(1216) 및 조정기(1220)의 작동을 조화시키기 위한 전용의 다른 모듈에 의해 수행될 수 있다.

[0130] 더욱이, 작업(1302)에서, 조정기(1220)는 혼의 위치를 도13의 방법을 수행하는 모듈로 전달할 수 있다는 것을 알아야 한다. 그 다음, 작업(1304)에서, 혼의 위치는 앤빌로부터 혼을 후퇴시키는 조정기(1220)의 용량을 표현

하는 위치 한계와 비교될 수 있다. 환언하면, 작업(1304)에서, 조정기(1220)가 그가 할 수 있는 만큼 앤빌로부터 혼을 후퇴시켰는지가 결정된다.

[0131] 다른 실시예에 따르면, 진폭 결정 모듈(1216) 및 조정기(1220)는 도14에 도시된 방법에 따라 작동한다. 그에 도시된 바와 같이, 모듈(1216, 1220)은 모두 작업(1400)에 도시된 바와 같이, 갭 결정 유닛(1214)으로부터, 갭 길이 또는 그의 변화를 수신한다. 그 후에, (조정기(1220)가 변형 가능한 탄성 멈춤부에 대해 혼에 힘을 가하는 힘 적용기를 포함하는 실시예를 가정하여), 진폭 결정 모듈(1216)은 조정기(1220)로부터 그에 의해 적용되는 힘을 수신한다 (작업 1402). 다음으로, 작업(1404)에 도시된 바와 같이, 표면 변위의 진폭이 그의 하한에 도달했는지가 결정된다. 그렇지 않으면, 제어는 작업(1406)으로 진행되어, 진폭 결정 모듈(1216)이 갭을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해, 전원 장치(1212)에 의해 송출되는 전기 신호의 적절한 진폭을 식별한다. 이에 의해 결정된 진폭은 제어 신호 발생 모듈(1218)로 전달되고, 이는 전원 장치(1212)가 신호의 진폭을 진폭 결정 모듈(1216)에 의해 선택된 것으로 조정하게 하도록 적절한 명령 또는 제어 신호를 발생시킨다. 다른 한편으로, 혼에 의해 나타나는 표면 변위의 진폭이 그의 하한에 도달하면, 힘은 더 이상 감소되지 않고, 제어는 작업(1408)으로 진행되어, 작업(1402) 중에 수신된 힘의 값이 용접 공정에 대한 허용 가능한 힘의 하한에 있는지가 결정된다. 힘이 여전히 하한 위에 있으면, 조정기(1220)는 적용되도록 요구되는 새로운 힘을 결정하고, 이에 따라 힘을 조정한다 (작업 1410). 다른 한편으로, 힘이 하한에 도달하면, 제어는 작업(1412)으로 진행되고, 갭이 공정 힘을 그의 허용 가능한 한계 아래로 감소시키거나 혼의 표면 변위를 그의 허용 가능한 한계 아래로 감소시키지 않고서는 일정한 길이로 유지될 수 없다는 것을 표시하는 경고가 발생된다.

[0132] 도14의 작업이 진폭 결정 모듈(1216)에 의해 수행되는 것으로 설명되었지만, 작업은 도12B에 도시된 임의의 모듈에 의해 수행될 수 있거나, 진폭 결정 모듈(1216) 및 조정기(1220)의 작동을 조화시키기 위한 전용의 다른 모듈에 의해 수행될 수 있다.

[0133] 더욱이, 작업(1402)에서, 조정기(1220)는 혼의 위치를 도14의 방법을 수행하는 모듈로 전달할 수 있다는 것을 알아야 한다. 그 다음, 작업(1408)에서, 혼의 위치는 앤빌로부터 혼을 후퇴시키는 조정기(1220)의 용량을 표현하는 위치 한계와 비교될 수 있다. 환언하면, 작업(1408)에서, 조정기(1220)가 그가 할 수 있는 만큼 앤빌로부터 혼을 후퇴시켰는지가 결정된다.

[0134] 초음파 용접 시스템을 제어하기 위한 상기 공정을 읽고 이해할 때, 당업자는 시스템에 대한 갭 제어가 혼의 작동 진동수를 측정하는 다음 힘, 예를 들어 갭을 제어하는 압력을 조정함으로써 달성될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 특정 방정식들이 선형 및 회전식 혼을 포함한 임의의 혼의 기하학적 특징에 대해 도출되거나 실험적으로 결정될 수 있다.

[0135] 전술한 다양한 실시예는 단지 예시적으로 제공되었고, 본 발명을 제한하도록 파악되지 않아야 한다. 당업자는 본 명세서에서 도시되고 설명된 예시적인 실시예 및 적용을 따르지 않고서 그리고 다음의 청구범위에서 설명되는 본 발명의 진정한 취지 및 범주로부터 벗어나지 않고서, 본 발명에 대해 이루어질 수 있는 다양한 변형 및 변화를 쉽게 인식할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

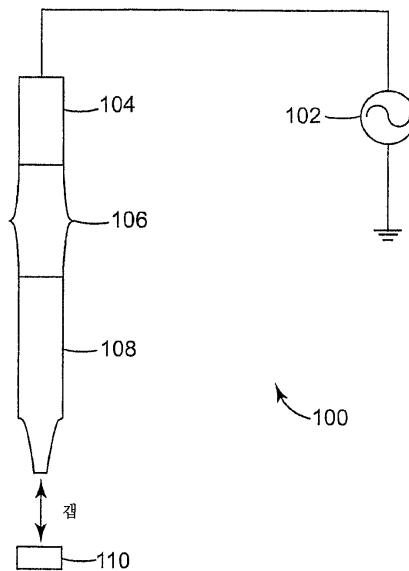
- [0011] 도1은 에너지 공급원에 결합된 단순 초음파 용접 혼 스택의 일 실시예를 도시한다.
- [0012] 도2는 도1의 초음파 용접 혼 스택에 결합된 장착 시스템의 일 실시예를 도시한다.
- [0013] 도3은 혼과 앤빌 사이의 갭의 길이를 결정하기 위한 시스템의 일 실시예를 도시한다.
- [0014] 도4A는 갭 결정 유닛의 일부로서 사용될 수 있는 표의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0015] 도4B는 갭 길이를 결정하는 방법의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0016] 도5A는 연속 초음파 용접 작업에 사용하기 위한 단순 회전식 초음파 용접 혼의 일 실시예를 도시한다.
- [0017] 도5B는 갭 길이를 결정하는 방법의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0018] 도6은 용접 혼과 앤빌 사이에 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위한 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0019] 도7은 초음파 용접 시스템 내의 혼과 앤빌 사이의 갭을 조정하기 위한 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0020] 도8A는 초음파 용접 시스템 내의 혼과 앤빌 사이에 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위한 시스템의 예시적인

실시예를 도시한다.

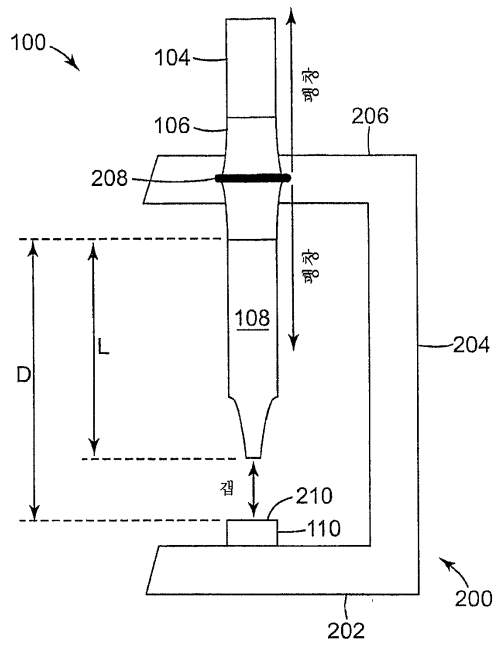
- [0021] 도8B는 초음파 용접 시스템 내의 혼과 앤빌 사이에 실질적으로 일정한 갭을 유지하기 위한 시스템의 다른 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0022] 도9A는 힘 결정 유닛의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0023] 도9B는 힘 결정 유닛의 다른 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0024] 도10은 초음파 용접 시스템 내의 혼과 앤빌 사이의 갭을 조정하기 위한 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0025] 도11A는 혼의 종축을 따라 전파되는 음파 신호에 의해 구동되는 혼의 표면을 도시한다.
- [0026] 도11B는 신호가 혼의 종축을 따라 전파될 때, 도11A의 음파 신호보다 더 작은 크기의 음파 신호에 의해 구동되는 혼의 표면을 도시한다.
- [0027] 도12A는 혼과 앤빌 사이의 갭을 제어하기 위한 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0028] 도12B는 혼과 앤빌 사이의 갭을 제어하기 위한 시스템의 다른 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0029] 도13은 조정기 및 진폭 결정 모듈의 작동을 조합하기 위한 방법의 예시적인 실시예를 도시한다.
- [0030] 도14는 조정기 및 진폭 결정 모듈의 작동을 조합하기 위한 방법의 다른 예시적인 실시예를 도시한다.

**도면**

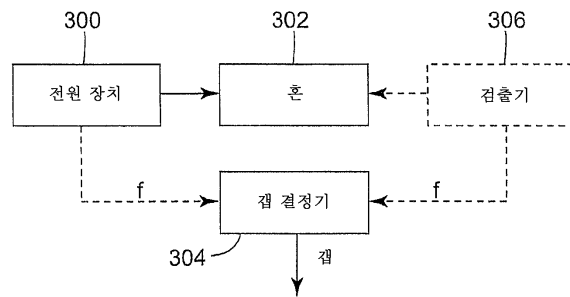
**도면1**



도면2



도면3

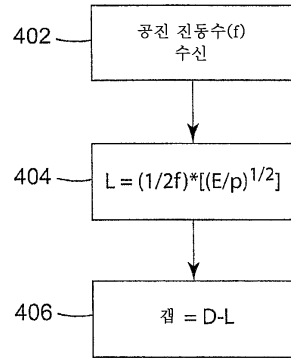


도면4A

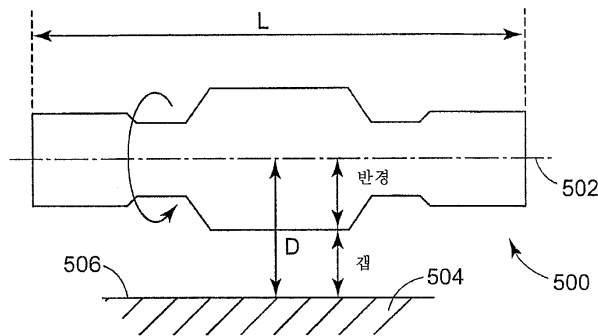
진동수	L	잡
$f_1$	$L_1$	$G_1$
$f_2$	$L_2$	$G_2$
$f_3$	$L_3$	$G_3$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$f_n$	$L_n$	$G_n$

400

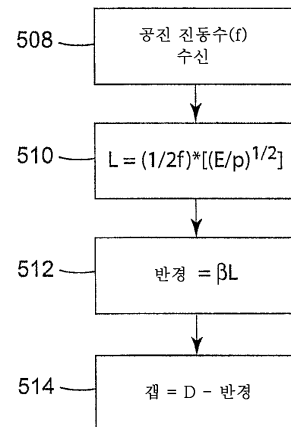
도면4B



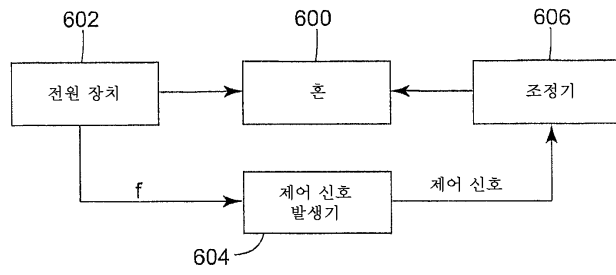
도면5A



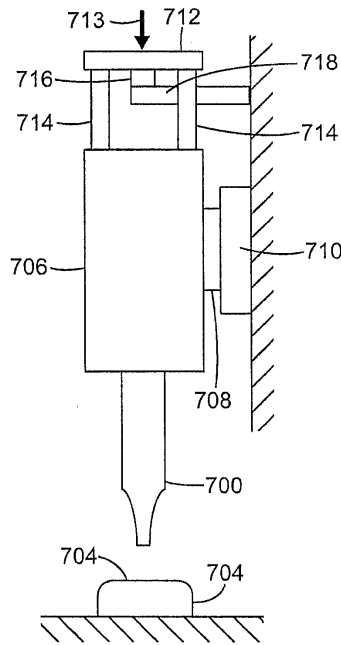
도면5B



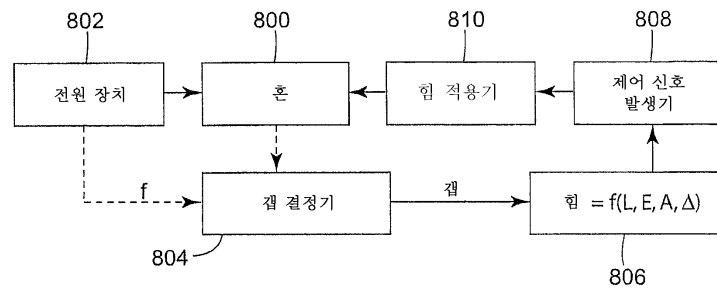
도면6



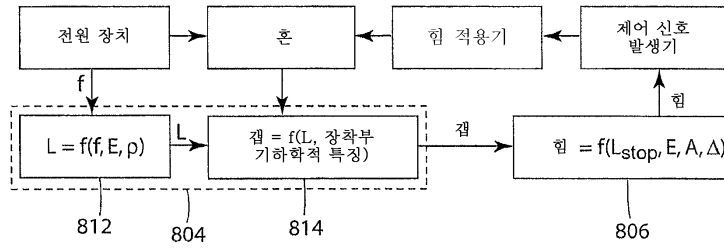
도면7



도면8A



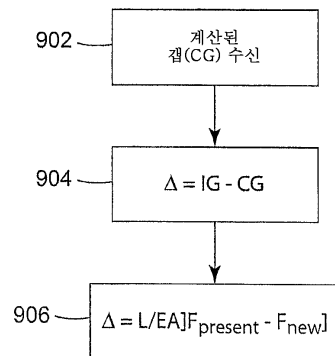
도면8B



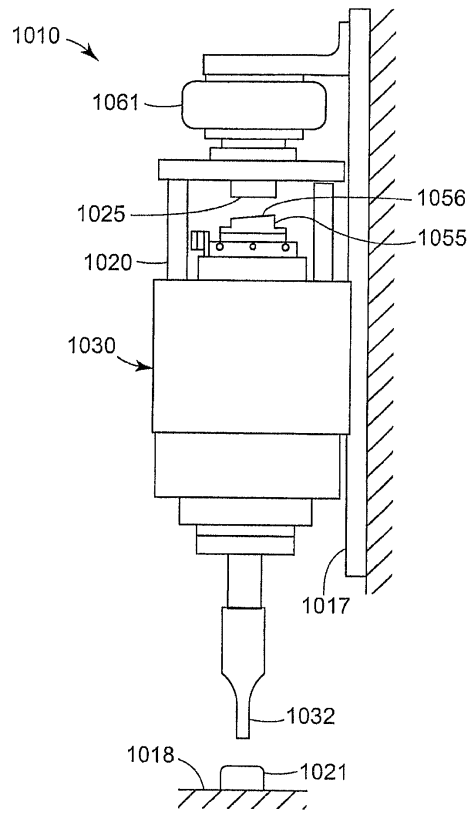
도면9A

	갭	F	C
	G <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
	G <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
	G <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
900	⋮	⋮	⋮
	G <sub>n</sub>	F <sub>n</sub>	C <sub>n</sub>

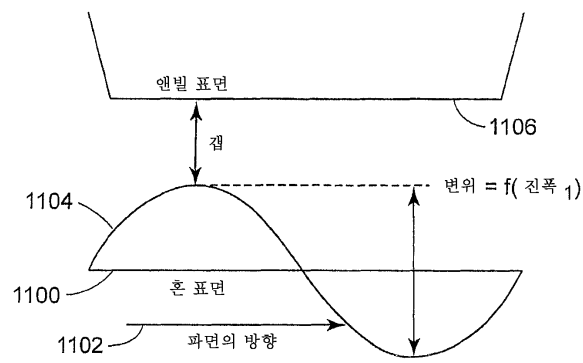
도면9B



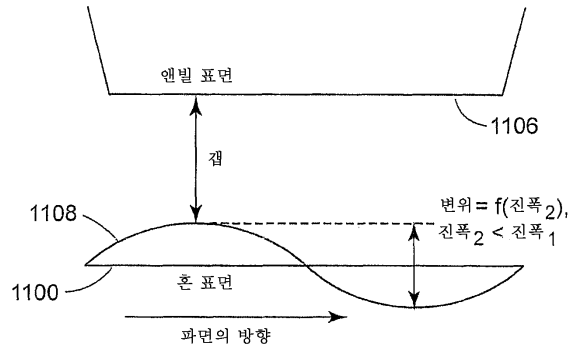
도면10



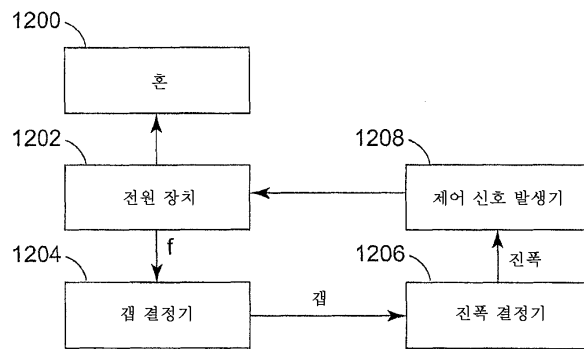
도면11A



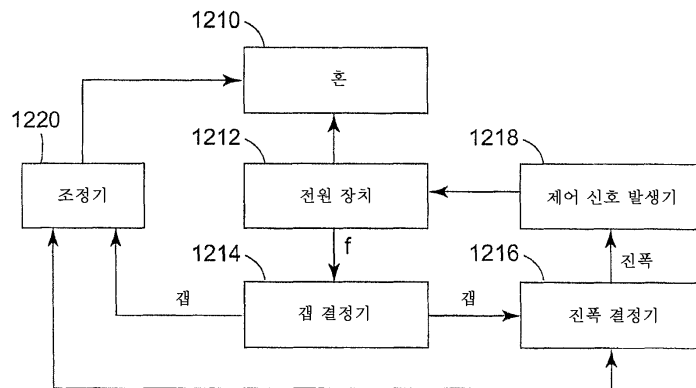
도면11B



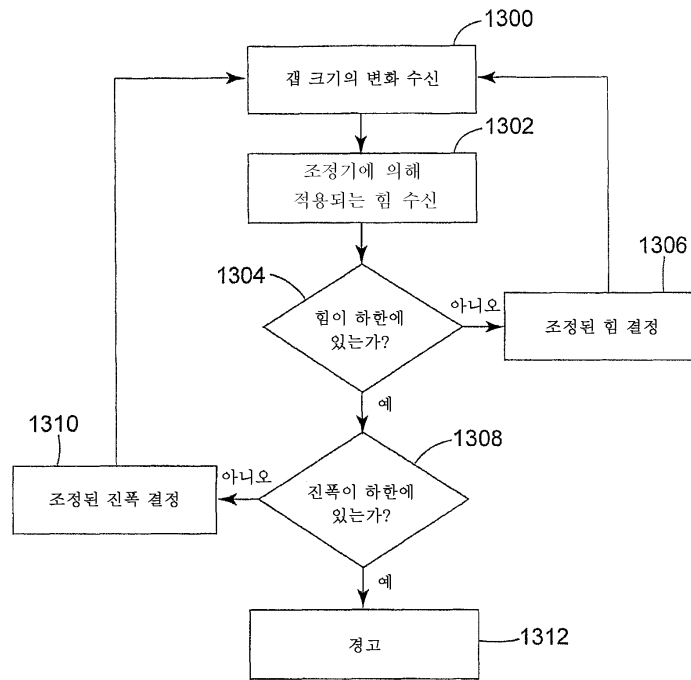
도면12A



도면12B



도면13



도면14

