



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년05월17일  
(11) 등록번호 10-1035195  
(24) 등록일자 2011년05월09일

(51) Int. Cl.  
H04R 17/00 (2006.01) H04R 19/00 (2006.01)  
B01J 19/10 (2006.01) B06B 1/06 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2005-7018448  
(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년03월01일  
심사청구일자 2009년02월27일  
(85) 번역문제출일자 2005년09월29일  
(65) 공개번호 10-2005-0119668  
(43) 공개일자 2005년12월21일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/006253  
(87) 국제공개번호 WO 2004/095883  
국제공개일자 2004년11월04일  
(30) 우선권주장  
10/403,643 2003년03월31일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US03937990 A1\*  
JP2000508957 A\*  
US05529816 A1\*  
US04649060 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
나야르 사틴더 케이.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427  
거데스 로날드 더블류.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
주성민, 김영

전체 청구항 수 : 총 15 항

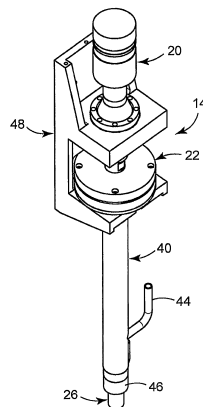
심사관 : 송근배

(54) 세라믹 호온을 포함하는 초음파 에너지 시스템 및 방법

(57) 요약

진동 에너지를 인가하기 위한 음향 시스템은 초음파 에너지 공급원에 연결된 호온을 포함한다. 호온은 전체 길이 및 파장을 한정하고, 적어도 호온의 선단 섹션은 세라믹 재료로 이루어진다. 선단 섹션은 호온 파장의 적어도 1/8의 길이를 갖는다. 하나의 양호한 실시예에서, 호온의 전체가 세라믹 재료이고, 역시 끼워맞춤을 통해 도파관 등의 별도 부품에 장착된다. 호온의 적어도 중요한 부분에 대하여 세라믹 재료를 사용함으로써, 본 발명의 초음파 시스템은 고온 및/또는 부식성 유체 매질 등의 극한 환경에서 장기간 작동을 용이하게 한다. 본 발명은 금속 매트릭스 복합 와이어 제작에도 유용하다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

**카펜터 마이클 더블류.**

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

**아민 카말 이.**

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

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

진동 에너지를 인가하는 음향 시스템이며,

초음파 에너지 공급원에 연결되고 길이 및 파장을 한정하는 호온으로서, 호온의 선단 섹션 및 말단 섹션은 세라믹 재료로 본질적으로 이루어지고, 선단 섹션은 호온 파장의 1/8 또는 호온 파장의 1/8 초과 길이 갖고, 초음파 에너지 공급원은 도파관 및 부스터로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 장착 부품을 포함하고, 호온의 말단 섹션은 장착 부품에 억지 끼워맞춤되어 결합하고, 호온은 클램핑 기구에 의해 장착 부품에 고정되는, 호온;

장착 부품과 호온 사이의 교차부를 둘러싸는 튜브형 슈라우드; 및

슈라우드에 유체 연결되어 교차부를 냉각하기 위해 슈라우드를 통해 공기를 이송하는 공기 공급원

을 포함하는 음향 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 호온의 전체가 세라믹 재료인 음향 시스템.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 세라믹 재료는 실리콘 질화물, 알루미늄 산화물, 시알론, 티타늄 이붕화물, 지르코니아 또는 실리콘 탄화물로부터 선택된 적어도 하나의 세라믹을 포함하는 음향 시스템.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 호온은 20kHz의 주파수에서 초음파 에너지를 용융 금속계 매질에 전달하도록 구성되고 작업 수명이 적어도 100시간인 것을 특징으로 하는 음향 시스템.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 호온은 세라믹 원통형 막대이고, 장착 부품은 원형 보어를 형성하고, 호온의 말단 단부는 원형 보어 내부에 수용되는 음향 시스템.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 장착 부품 및 호온은 적어도 200℃의 온도에서 억지 끼워맞춤을 유지하도록 구성되는 음향 시스템.

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법이며,

유체 매질을 제공하는 단계;

제1항에 따른 음향 시스템을 제공하는 단계;

호온의 선단부를 유체 매질에 침지하는 단계; 및

호온이 초음파 에너지를 유체 매질로 전송하도록 초음파 에너지 공급원을 작동하는 단계

를 포함하는, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 유체 매질은 적어도 200℃의 온도를 갖는, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 유체 매질은 용융 금속인, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 유체 매질은 용융 알루미늄이며, 호온을 초음파 에너지를 전송하는 적어도 100 시간 동안 교체하지 않는 것을 특징으로 하는, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 초음파 에너지 공급원은 역지 끼워맞춤을 통해 호온을 유지하는 금속 도파관 부품을 포함하고, 호온의 소정의 공명 주파수를 결정하는 단계와,

소정의 공명 주파수를 기초로 하여 도파관 부품의 길이를 조정하는 단계를 더 포함하는, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

#### 청구항 13

제8항에 있어서, 전송된 초음파 에너지는 용융 금속 매트릭스 내에 침지된 복수의 섬유 내부로 용융 금속 매트릭스 재료의 침투를 발생시키는, 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법.

#### 청구항 14

연속 복합 와이어를 제조하는 방법이며,

적어도 600℃의 온도를 갖는 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료를 제공하는 단계;

복수의 실질적으로 연속적인 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우를 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료 내로 침지하는 단계;

제1항에 따른 음향 시스템으로 초음파 에너지를 부여하여, 침투된 복수의 섬유가 제공되도록 적어도 일부의 용융 금속 매트릭스 재료가 복수의 섬유 내로 침투하는 것을 허용하기 위해 적어도 일부의 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료의 진동을 발생시키는 단계; 및

침투된 복수의 섬유를 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료로부터 후퇴시키는 단계를 포함하는, 연속 복합 와이어를 제조하는 방법.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 호온의 전체가 세라믹인, 연속 복합 와이어를 제조하는 방법.

#### 청구항 16

제14항에 있어서, 연속 복합 와이어는 적어도 100 시간 동안 호온의 교체없이 제조되는, 연속 복합 와이어를 제조하는 방법.

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 음향 장치에 관한 것이다. 특히, 고온 및/또는 부식성 환경 등의 열악한 환경에서 초음파 에너지의 장기간 전송을 위한 세라믹 호른을 탑재한 초음파 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초음파학은 가청 주파수의 한계를 넘어선 음향 진동 효과의 과학이다. 고출력 초음파 응용예의 목적은 처리되는 재료 내에 소정의 물리적인 변화를 초래하는 것이다. 이러한 프로세스는 단위 면적 또는 단위 체적 당 진동 에너지 유동을 필요로 한다. 응용예에 따라서, 얻어진 출력 밀도는 평방 제곱 센티미터 당 1와트 이하에서 수 천 와트까지의 범위일 수 있다. 이러한 점에서, 초음파학은 재료의 용접 또는 절단 등의 광범위한 응용예에서 사용된다.

[0003] 특정 응용예와는 관계없이, 초음파 장치 또는 시스템 그 자체는 트랜스듀서(transducer), 부스터(booster), 도파관(waveguide) 및 호른(horn)으로 이루어진다. 이러한 부품들은 종종 "호른 스택(horn stack)"과 조합하여 참조된다. 트랜스듀서는 전력 공급에 의해 전송된 전기 에너지를 고주파 기계적 진동으로 전환한다. 부스터는 트랜스듀서로부터의 진동 출력을 증폭하거나 조정한다. 도파관은 부스터로부터 증폭된 진동을 호른으로 전달하고 호른의 장축을 위한 적당한 표면을 제공한다. 특히, 도파관 부품은 트랜스듀서로의 연전달을 감소시키고 음향학 및 취급과 관련하여 호른 스택의 성능을 최적화하는 설계 목적을 위해 일반적으로 채택된다. 그러나 도파관은 필수 부품이 아니며 항상 채택되는 것은 아니다. 대신에, 호른은 종종 부스터에 연결된다.

[0004] 호른은 통상적으로 호른 재료 파장의 반파장의 배수의 길이를 가지며, 통상적으로 기계적 진동 에너지를 소정의 응용 지점에 전달하는 예컨대 알루미늄, 티타늄 또는 강 등으로 이루어진다. 호른 변위 또는 진폭은 호른 면의

피크 대 피크 이동이다. 호온의 출력 진폭 대 호온의 입력 진폭비는 "이득(gain)"으로 표현된다. 이득은 진동 입력 및 출력 섹션에서 호온의 질량비의 함수이다. 일반적으로, 호온에 있어서, 호온 면에서 진폭 방향은 인가된 기계적 진동의 방향과 일치한다.

[0005] 특정 응용예에 따라서, 호온은 단순한 원통형, 스폴, 벨, 블록, 바아 등을 포함하는 다양한 형상을 가정할 수 있다. 게다가, 호온의 선단부(또는 "팁")는 호온 본체의 나머지 부분과 다른 크기 및/또는 형상을 가질 수 있다. 임의의 구성에서, 호온 팁은 교환 가능한 부품일 수 있다. 본 명세서 전체를 통해 사용된 바와 같이, 용어 "호온"은 균일하게 형성된 호온 뿐만 아니라 식별 가능한 호온 팁을 형성하는 호온 구조를 포함한다. 마지막으로, 초음파 절단 및 용접 등의 임의의 응용예에 대해서는, 추가적인 앤빌(anvil) 부품이 제공된다. 그러나 이와는 관계없이 초음파 호온 구성 및 재료 조성은 비교적 표준이다.

[0006] 대부분의 초음파 응용예에 대하여, 알루미늄, 티타늄 및 강으로 이루어진 허용 호온 재료들은 소정의 작동 주파수가 되는 1차 재료 선택 기준에 의해 고도로 실시 가능하다. 초음파 에너지가 인가되는 재료는, 만일 있더라도 호온 마모가 최소가 되도록, 상온에서 비교적 불활성이다. 그러나 임의의 다른 초음파 응용예에서, 마모 문제가 부각될 수 있다. 특히, 호온이 극한의 환경에서 작동하는 경우(예컨대, 부식성 및/또는 고온), 허용 호온 재료가 허용 가능한 결과를 제공하지 않을 수 있다. 예컨대, 초음파 에너지는 통상적으로 작업 부분으로 유체 매질의 침투를 시행하도록 채택된다. 섬유 강화 금속 매트릭스 복합 와이어의 제조는 섬유들의 하나의 토우(tow)가 용융 금속으로 침지된다(예컨대, 알루미늄계 용융 금속). 음파는 (용융 금속 내에 침지된 초음파 호온을 통해) 용융 금속으로 유입되어, 용융 금속이 섬유 토우로 침투하게 함으로써, 금속 매트릭스 복합 와이어를 생산한다. 용융 알루미늄은 매우 고온(700°C의 정도)이고 화학적으로 부식성이므로 극한의 열악한 환경을 나타낸다. 심한 조건하에서, 티타늄 및 강 호온은 조속히 열화된다. 다른 이용 가능한 금속계 호온 구성은 단지 공칭 호온 작업 수명 향상을 제공한다. 예컨대, 금속 매트릭스 복합 와이어 제조자들은 통상적으로 호온을 위하여 일련의 니오븀-몰리브덴 합금(예컨대, 적어도 4.5% 몰리브덴)을 채택한다. 이렇게 더욱 엄격한 재료 선택에 의해서도, 니오븀계 호온은 재가공이 요구되기 전에 용융 알루미늄 내에서 제한된 작업 수명을 제공한다. 더욱이, "제1" 수명의 종말 부근에서, 니오븀 합금 호온은 불안정하게 되고 예기치않은 프로세싱 문제들을 잠재적으로 발생시킨다. 게다가, 니오븀-몰리브덴 합금 호온의 조성은 정밀하고, 길고 값비싼 주조, 열간 가공 및 마무리 절삭 조작을 수반한다. 이들 및 다른 재료의 고비용의 관점에 있어서, 니오븀(및 그 합금) 및 다른 허용 호온 재료들은 열악한 환경의 초음파 응용예에 대하여 최적치 이하이다.

[0007] 초음파 장치는 많은 응용예에서 유용하게 사용된다. 그러나 임의의 실시예에서, 초음파 호온이 작동하는 극심한 환경은 현재 경제적으로 이용 가능하지 않은 호온 재료가 되게 한다. 그러므로 극한의 작동 조건하에서 장기간 성능을 제공하도록 구성된 초음파 에너지 시스템, 특히 초음파 호온에 대한 필요가 존재한다.

### 발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명은 일 태양은 초음파 에너지 공급원에 연결된 호온을 포함하고, 호온에 진동 에너지를 인가하기 위한 음향 시스템에 관한 것이다. 적어도 호온의 선단 섹션은 세라믹 재료로 이루어진다. 특히, 호온은 전체 길이 및 파장을 형성한다. 세라믹 재료 선단 섹션은 적어도 호온 파장의 1/8의 길이를 갖는다. 일 실시예에서, 전체 호온이 세라믹 재료이고, 역시 끼워맞춤을 통해 도파관 등의 별도 부품에 장착된다. 이와는 관계없이, 적어도 호온의 선단 섹션에 대해 세라믹 재료를 사용함으로써, 본 발명의 초음파 시스템은 고온 및/또는 부식성 유체 매질 등의 극한 환경에서 장기간 작동을 용이하게 한다. 예컨대,  $\text{SiN}_4$ , 시알론,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{TiB}_2$  등의 세라믹계 호온이 고부식성 및 용융 금속 매질, 특히 용융 알루미늄에 진동 에너지를 인가할 때 사실상 어떤 화학적 반응성도 갖지 않는다는 것은 잘 알려져 있다.

[0009] 본 발명의 다른 태양은 유체 매질에 초음파 에너지를 인가하는 방법에 관한 것이고, 유체 매질을 제공하는 단계와, 적어도 호온의 파장의 1/8인 선단부가 세라믹 재료인 호온에 초음파 에너지 공급원을 연결시키는 단계를 포함한다. 적어도 호온의 일부는 유체 매질에 침지된다. 이러한 목적으로, 호온은 그 침지된 부분의 전체가 세라믹 재료로 이루어지도록 구성된다. 마지막으로, 초음파 에너지 공급원은 호온이 초음파 에너지를 유체 매질로 전송하도록 작동된다. 일 실시예에서, 유체 매질은 부식성이고 적어도 500°C의 온도를 가지며, 방법은 초음파 에너지 전송하는 적어도 100 시간 동안 호온을 교체하지 않는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 다른 태양은 연속 복합 와이어를 제조하는 방법에 관한 것이다. 방법은 적어도 600°C의 온도를 갖는 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료를 제공하는 단계를 포함한다. 사실상 복수의 연속적인 섬유를 포함하는 토우(tow)는 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료에 침지된다. 초음파 에너지는 적어도 호온의 파장의

1/8인 선단부가 세라믹인 호온을 통해 부여된다. 그렇게 부여된 초음파 에너지는 적어도 일부의 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료의 진동을 야기시켜서, 적어도 일부의 용융 금속 매트릭스 재료가 복수의 섬유 속으로 침투하는 것을 허용하여 침투된 복수의 섬유가 제공된다. 마지막으로, 침투된 복수의 섬유는 제한된 체적의 용융 금속 매트릭스 재료로부터 거둬들인다.

## 실시예

- [0017] 본 발명에 따른 초음파 시스템(10)의 일 실시예가 도1에 제시된다. 일반적으로, 초음파 시스템(10)은 에너지 공급원(12, 블록 형태로 도시됨), 초음파 또는 호온 스택(14), 및 냉각 시스템(16)을 포함한다. 다양한 부품에 대한 상세부는 하기에 설명된다. 그러나 일반적으로 호온 스택(14)은 트랜스듀서(20), 부스터(22), 도파관(24), 및 호온(26)을 포함한다. 적어도 호온(26)의 일부는 세라믹 재료로 이루어지고 에너지 공급원(12)으로부터의 입력을 통해 트랜스듀서(20), 부스터(22), 및 도파관(24)에 의해 기계적 진동 에너지를 전송하도록 구성된다. 하기에 설명된 냉각 시스템(16)은 호온(26) 및 도파관(24) 사이의 경계면을 냉각시킨다. 이러한 구성에 의하여, 초음파 시스템(10), 및 특히 호온(26)은 극한 환경(예컨대, 상승된 온도 및/또는 화학적 부식)에서 장기간 초음파 에너지를 제공할 수 있다.
- [0018] 초음파 시스템(10)의 몇몇 부품들은 종래 기술에 공지된 종류이다. 예컨대, 에너지 공급원(12), 트랜스듀서(20) 및 부스터(22)는 일반적으로 종래의 부품들이며, 다양한 형태를 가질 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 에너지 공급원(12)은 트랜스듀서(20)로 고주파 전기 에너지를 공급하도록 구성된다. 트랜스듀서(20)는 에너지 공급원(12)으로부터의 전기를 통상적으로 20kHz의 기계적 진동으로 전환시킨다. 따라서, 본 발명에 따른 트랜스듀서(20)는 압전식, 전기 기계식 등의 임의의 이용 가능한 유형이 될 수 있다. 마지막으로, 부스터(22)는 또한 이 기술 분야에서 공지된 유형이고, 트랜스듀서(20)로부터의 진동 출력을 증폭하고 도파관(24)/호온(26)에 동일한 진동 출력을 전달하도록 구성된다. 이러한 점에 있어서, 시스템(10)이 부스터(22) 및 호온(26) 사이의 도파관(24)을 포함할 수 있고, 대체 실시예에서, 호온(26)은 도파관(26)이 제거되도록 부스터(22)에 직접적으로 연결된다.
- [0019] 상기 기재된 부품과는 달리, 호온(26), 및 여기서 제공된 도파관(24)은 공지된 초음파 시스템 이상의 현저한 개선을 나타낸다. 특히, 호온(26)의 실질적인 부분과, 일 실시예에서 호온(26)의 전체는 세라믹 재료로 형성된다. 참고로, 호온(26)은 말단 단부(30) 및 선단 단부(32)에 의해 형성된다. 말단 단부(30)는 도파관(24)에 부착되는 반면에, 선단 단부(32)는 호온(26)의 작업 단부를 나타낸다. 따라서, 예컨대, 초음파 시스템(10)은 유체 매질에 초음파 에너지를 전송하도록 채택된 선단 단부[32, 선단 단부(32)에 인접한 호온(26)의 부분들을 따라서]는 유체 매질에 침지된다. 이러한 명시를 생각하면서, 호온(26)은 말단 단부(30)에서 선단 단부(32)까지의 길이로 정의되고, 호온 재료 파장을 정의한다. 호온(26)의 세라믹 부분은 길이가 적어도 이러한 파장의 1/8이고, 대략 선단 단부(32)에서 말단 단부(30)까지 연장된다. 다시 말하면, 호온(26)은 적어도 호온 재료 파장의 1/8의 길이를 갖는 세라믹 선단 섹션(34)을 형성한다. 이와 달리, 세라믹 부분 선단 섹션(34)은 호온 재료 파장의 1/8보다 큰 길이, 예컨대 적어도 1/4 파장 또는 1/2 파장을 가질 수 있다. 대부분의 양호한 실시예에서, 호온(26)의 전체는 세라믹 재료는 형성된다. 이와 관계없이, 호온의 세라믹 부분은 단순한 코팅 또는 작은 헤드 조각이 아닌 대신에, 본 발명은 호온(26)의 중요한 부분을 따라 세라믹을 이용한다.
- [0020] 다양한 세라믹 재료가 호온[26, 또는 상승된 바와 같이 호온의 선단 섹션(34)]용으로 허용 가능하고, 탄화물, 질화물 및/또는 산화물 재료들 중 적어도 하나를 포함한다. 예컨대, 호온(26)의 세라믹 부분은 실리콘 질화물(silicon nitride), 알루미늄 산화물(aluminum oxide), 티타늄 이붕화물(titanium diboride), 지르코니아(zirconia), 실리콘 탄화물(silicon carbide) 등이 될 수 있다. 더욱 양호한 실시예에서, 호온(26)의 세라믹 부분은 알루미나, 시알론[sialon( $\text{Si}_{6-x}\text{Al}_x\text{O}_{8-x}$ )]과 같은 실리콘 질화물 세라믹 복합물이다.
- [0021] 호온(26)이 원통형 막대로 도1에 도시되어 있지만, 다른 형상도 이용 가능하다. 예컨대, 호온(26)은 직사각 또는 정사각 형상(단면에 있어서)의 바아나, 구형, 테이퍼형, 이중 테이퍼형 등이 될 수 있다. 호온(26)의 선택 형상은 의도된 단부 응용의 함수이다.
- [0022] 호온(26)이 어떻게 제공되는지에 따라서, 도파관(24)은 그 사이의 커플링과 같이 다양한 형상을 가질 수 있다. 예컨대, 호온(26)의 말단 섹션(36)이 세라믹 이외의 것(예컨대, 티타늄, 니오븀 또는 다른 종래의 호온 재료)이지만, 도파관(24)은 호온(26)이 도파관(24)에 고정되는 기술과 같이 공지된 구성으로 될 수 있다. 예컨대, 호온(26)의 말단 섹션(36)은 니오븀 및 그 합금 등의 표준 호온 재료로 이루어지고, 도파관(24)은 티타늄 및/또는 강 재료로 형성될 수 있으며, 호온(26)이 나사식 체결구에 의해 도파관에 장착된다. 초음파 호온 기술



에서 이전에 채택되지 않았던 대체 장착 기술이 하기 기술된다.

[0023] 호온(26)의 전체가 세라믹 재료로 형성되는 일 실시예에 따르면, 기계적 끼워맞춤 장착 기술이 호온(26)과 도파관(24)[또는 도파관(24)이 포함되지 않을 때는 부스터(22)]를 결합시키도록 채택될 수 있다. 예컨대, 도2a 및 도2b를 참조하여, 도파관(24) 및 호온(26)은 그 사이에 억지 끼워맞춤을 용이하게 하도록 구성된다. 특히, 도파관(24)은 호온(26)의 외부 치수와 일치하는 치수를 갖는 내부 보어(38)를 형성한다. 따라서, 예컨대, 호온(26)이 원통형 막대로 제공되는 경우, 보어(38) 및 말단 단부(30)는 그 사이에 적절한 억지 끼워맞춤을 생성하도록 선택된 직경을 형성한다. 이러한 점에 있어서, 상기 기술된 바와 같이, 초음파 시스템(10)은 고온 환경(즉, 적어도 200℃; 다른 실시예에서는 적어도 350℃; 또 다른 실시예에서는 적어도 500℃)에서 용융 금속 등을 사용하기 위해 양호하게 구성된다. 이러한 조건하에서, 억지 끼워맞춤 또는 교차부 끼워맞춤은 세라믹 호온(26)이 고온에서 거의 발생하는 도파관(24)에 대해 헐거워지지 않도록 해야 된다. 도파관(24)은 일 실시예에서 부스터(22) 및 호온(26) 사이의 연결을 가장 용이하기 하기 위하여 세라믹 이외의 재료로 형성되고, 도파관(24) 및 호온(26)에 대하여 재료를 변화시키는 단계를 사용함으로써 고도로 상승된 온도까지 적용될 때 부품들이 상이한 비율로 팽창할 것임을 알 수 있다. 이러한 재료 팽창과 관련하여, 호온(26)이 팽창함에 따라, 후프 응력(hoop stress)이 호온(26)에 의해 도파관(24)으로 부여될 것이다. 이러한 것을 염두에 두고, 일 실시예에서, 억지 끼워맞춤에 의해 생긴 후프 응력이 티타늄의 항복 강도보다 훨씬 낮기 때문에, 도파관(24)은 이러한 고온 응용에 대하여 종종 다른 채택 재료(니오븀 등)에 대조되는 티타늄 재료로 형성된다. 즉, 니오븀(및 그 합금)은 상승된 온도(적어도 500℃ 정도에서) 예상되는 후프 응력을 견딜 수 없다. 예컨대, 초음파 시스템(10)이 초음파 에너지를 용융 금속 매질에 인가하는데 사용되는 경우, 도파관(24)은 양호하게 티타늄이고, 보어(40)는 상온에서 0.0762mm(0.003in)의 억지 끼워맞춤을 제공하도록 선택된다.

[0024] 호온(26)을 도파관(24)에 조립하기 위한 상기 억지 끼워맞춤 체결형 기술은 단지 하나의 허용 가능한 접근법이다. 분리 클램프(split clamp) 구성 등을 포함하도록 도파관(24)을 형성하는 것과 같은 다른 기계적 클램핑 기술이 채택될 수 있다. 이와 관계없이, 다른 교차점(예컨대, 도파관(24)의 진동 노드)도 허용 가능하지만, 도파관(24) 및 호온(26) 사이의 교차점은 도파관(24)의 안티 노드(anti-node)에서 바람직하다. 이와 관계없이, 도파관(24)에 대한 호온(26)의 억지 끼워맞춤 조립 기술은 도파관(24)의 기계 가공 또는 조정에 의해 호온 스택(14)의 전체적 조정을 용이하게 한다. 이것이 허용된 기술과는 상반되고, 그림으로써 호온(26)은 반파장 호온으로서 정밀하게 기계 가공된다. 세라믹 기계 가공과 관련된 잠재적인 문제로 인하여, 본 발명은 조정 프로세스의 일부로서 도파관(24)을 기계 가공하는 것을 용이하게 한다. 이와 같이, 호온(26)은 반파장 이외의 길이를 가질 수 있다. 이러한 목적으로, 전형적으로 반파장 요구 조건은 도파관(24)/호온(26)의 중간 영역에서 노드들과, 호온 스택(14)을 통하여 에너지의 최소 소모를 하는 최적 공명 주파수(예컨대, 20kHz)에 대해 도파관(24)/호온(26) 경계면에서 안티 노드들을 유지하기 위하여 도파관(24) 및 호온(26) 길이에 대해 필요로 한다.

[0025] 도1로 돌아가서, 초음파 시스템(10)은 일 실시예에서 호온(26) 및 도파관(24) 사이의 전술한 교차부뿐만 아니라 호온 스택(14)의 다른 부품들의 냉각을 달성하는 냉각 시스템(16)을 포함한다. 일반적으로, 냉각 시스템(16)의 일 실시예는 슈라우드(40), 공기 공급원(42), 도관(44, conduit)을 포함한다. 도3을 추가로 참조하면, 슈라우드(40)는 도파관(24)/호온(26) 교차부 근방에 배치되는 말단 단부(46)와 함께 호온 스택(14) 둘레에 배치를 위한 크기가 된다. 도관(44)은 슈라우드(40) 내부와 공기 공급원(42)을 유체 연결시키고, 그림으로써 가압된 공기 유동을 공기 공급원(42)으로부터 슈라우드(40) 내부로 안내한다. 일 실시예에서, 시스템(10)은 호온 스택(14)을 장착하기 위한 브래킷(48)을 더 포함한다.

[0026] 도4에서 잘 도시된 바와 같이, 예컨대, 사용 중에 호온(26)의 일부[특히 적어도 세라믹 선단 섹션(34)의 일부]는 유체 매질(50) 내로 침지된다. 임의의 응용예에서, 유체 매질(50)은 대략 710℃의 온도를 갖는 용융 알루미늄 등의 극도로 뜨거울 수 있다. 이러한 조건하에서, 유체 매질(50)로부터의 열은 도파관(24) 및 호온(26) 사이의 장차 안정성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나 일 실시예에 따라서, 냉각 시스템(16)은 잠재적인 문제들을 최소화한다. 특히, 슈라우드(40)는 도파관(24)/호온(26) 교차부를 감싸고, 슈라우드(40) 및 도파관(24)/호온(26) 사이의 간극을 형성한다. 공기 공급원(42, 도1)으로부터의 공기는 도관(44, 도2)을 거쳐 이 간극(52)으로 가압되고 슈라우드(40)로부터 외측으로 통과한다. 따라서, 가압된 공기 유동은 도파관(24)/호온(26)으로부터 열을 제거하고, 도파관(24), 부스터(22, 도1) 및 트랜스듀서(20, 도2)를 냉각한다. 이와 달리, 다른 냉각 시스템 설계들이 채택될 수 있다. 게다가, 유체 매질(50)로부터의 열이 덜 고려되고, 그리고/또는 도파관(24)/호온(26) 조립체가 기대 온도에서 안정적인 경우, 냉각 시스템(16) 전체가 제거될 수 있다.

[0027] 본 발명의 초음파 시스템(10)은 특히 부식성 환경, 고온 유체 매질 및 그 조합 등의 극한의 환경을 포함하는 다양한 초음파 응용예에 대해 매우 유용하다. 특히, 세라믹 재료로 이루어진 호온(26), 양호하게 호온(26)의 전



체의 관련 부분을 형성함으로써, 호온(26)은 극한 환경에 노출시 급속히 침식하지 않을 것이다. 특히, 시알론, 실리콘 질화물, 티타늄 이붕화물, 실리콘 탄화물, 알루미늄 산화물 등의 선택된 세라믹 재료는 상승된 온도에서 매우 안정적이고, 용융 알루미늄 등의 산성 유체에 노출될 때 부식하지 않을 것이다. 게다가, 고온 응용예에 대하여, 양호한 세라믹 호온(26)은 고온 매질로부터 호온 스택의 나머지 부분으로 감소된 열전달 특성(니오븀 및 니오븀 몰리브덴 합금 등의 공지된 고온 응용 호온 재료와 비교된 바와 같이)을 나타낸다. 따라서, 700℃를 초과하는 온도를 갖는 용융 금속 응용예에서, 양호한 세라믹 호온(26)은 트랜스듀서(20)로의 열전달을 최소화하고, 그럼으로써 트랜스듀서 결정에 손상에 대한 기회를 크게 감소시킨다. 호온(26)이 전체적으로 세라믹인 경우, 호온(26)은 대기 온도 및 상승된 온도(예컨대, 700℃의 범위 내에서) 사실상 일정한 강성 및 밀도 특성을 나타낸다.

[0028] 상술한 것을 생각하면서, 본 발명에 따른 초음파 시스템(10)의 하나의 전형적인 응용례는 섬유 강화 알루미늄 매트릭스 복합 와이어의 제작 분야이다. 도5는 본 발명에 따른 초음파 시스템(10)을 채택한 금속 매트릭스 복합 와이어 제조 시스템의 일례를 개략적으로 도시한다. 도5에 반영된 제조 방법은 "관통 주조(cast through)로 지칭되고, 입구 다이(62)를 통과하여 토우(60)가 상승되는 진공 챔버(64) 내부로 전달되는 다결정  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 섬유(60)의 토우에서 시작한다. 그리고 나서, 토우(60)는 냉각 고정구(65)를 통과하고, 그 후 용융 형태의 금속 매트릭스를 함유하는 용기(66)로 전달된다. 일반적으로, 용융 매트릭스 금속(68)은 적어도 600℃, 전통적으로 대략 700℃의 온도를 갖는 알루미늄계일 수 있다. 용융 매트릭스 금속(68) 내에 침지되는 동안, 토우(60)는 초음파 시스템(10), 특히 용융 금속 매트릭스(68)에 침지되지 않은 호온(26)에 의해 제공된 초음파 에너지를 적용받는다. 다시, 호온(26)의 전체는 양호하게 세라믹이다. 이와 달리, 선단 섹션(34, 도1)만이 세라믹인 경우, 호온(26)의 침지된 부분은 세라믹 선단 섹션(34, 또는 그 일부)만으로 이루어진다. 이와 관련없이, 호온(26)은 용융 금속 매트릭스(68)를 양호하게 20kHz에서 진동시킨다. 그렇게 함으로써, 매트릭스 재료는 섬유 토우(60)를 완전히 침투하도록 한다. 침투된 섬유 토우(60)는 용융 금속 매트릭스(68)로부터 인출된다. 본 발명의 시스템(10)이 유용한 다수의 다른 금속 매트릭스 복합 와이어 제조 기술, 예컨대 미국특허 제6,245,425호에 기재된 것 중 하나의 기술이 공지되고, 그 교시가 명세서에서 참조로 합체된다.

[0029] 정확한 제조 기술과 관계없이, 그리고 니오븀 호온을 합체한 기존 초음파 시스템과는 달리, 본 발명의 초음파 시스템(10)은 호온(26)을 교체할 필요없이 연장된 작동 시간 주기를 제공한다. 즉, 용융 금속 침투 응용예에 사용된 니오븀 호온(및 니오븀 합금)은 전통적으로 50 작업 시간 이하에서 침식으로 인해 파괴된다. 반대로, 본 발명에 따른 초음파 시스템(10), 특히 호온(26)은 용융 금속에서 100 작업 시간을 초과하여, 심지어는 용융 금속에서 200 작업 시간을 초과하여 유용한 작업 수명을 나타낸다.

[0030] 초음파 시스템(10)은 섬유 강화 알루미늄 매트릭스 복합 와이어 제조에 양호하게 사용되는 것처럼 기재되었지만, 다른 음향 또는 초음파 응용예에서도 장점이 인식될 것이다. 따라서, 본 발명은 임의의 특정 음향 또는 초음파 응용예에 결코 제한되지 않는다.

[0031] 실시예

[0032] 본 발명의 목적 및 장점은 하기 실시예에 의해 추가로 설명되며, 이들 실시예에 인용된 특정 재료 및 그 분량뿐만 아니라 다른 조건 및 세목들이 본 발명을 부당하게 제한하도록 해석되어선 안 된다.

[0033] 실시예1

[0034] 1초음파 호온 스택은 대략 29.845cm(11.75in)의 길이 및 2.54cm(1in)의 직경을 갖는 원통형 막대 시알론 호온을 형성하여 마련된다. 호온은 티타늄 도파관에 억지 끼워맞춤 장착된다. 도파관은 부스터에 장착되고, 부스터는 트랜스듀서에 차례로 장착된다. 적절한 에너지 공급원이 트랜스듀서에 전기적으로 연결된다. 그리고 나서 이렇게 구성된 초음파 시스템은 초음파 에너지를 용융된 알루미늄 조(aluminum bath)에 인가하도록 작동된다. 특히, 알루미늄 금속은 약 705℃ 내지 715℃ 범위 내의 온도로 가열되어 용융 알루미늄 조를 형성한다. 세라믹 호온은 용융 알루미늄 조 내로 부분적으로 침지되고, 호온 스택은 호온이 대략 20kHz에서 대략 65watt를 전송하고 공기 냉각이 적용되도록 작동된다. 대략 50 시간 간격으로, 호온은 용융 알루미늄 조로부터 제거되고, 산 부식되고, 부식에 대하여 시각적으로 확인된다. 게다가, 도파관 및 호온 사이의 교차부의 안정성이 검토된다. 부식 및 교차부 안정성 특성에 따라서 전력 및 주파수 판독치가 하기 표1에 기록된다. 200 시간 작동 후에, 도파관/호온 교차부는 매우 안정적으로 남아있고, 매우 제한된 호온 부식 또는 피로가 인식된다. 따라서, 세라믹 호온은 부식성의 고온 환경으로 초음파 에너지의 전송을 연장된 시간 주기 동안에 견딜 수 있다. 특히, 호온 및 도파관/호온 교차부 안정성은 200 시간 시험을 넘어 추가된 많은 시간 동안 유지된다는 것을 알 수 있다. 더욱이, 세라믹 호온의 미소 부식이 용융 조로 호온 재료, 특히 실리콘을 전달하는지를 판단

하도록 측정치들을 취한다. 실시예1을 참조하여, 용융 알루미늄 조의 실리콘 함유량은 초음파 에너지를 인가하기 전에 153ppm에서 측정되었다. 150 시간 후에, 조의 실리콘 함유량을 다시 측정하여, 135ppm이 된 것을 발견했다. 따라서, 조의 실리콘 함유량은 세라믹 초음파 호온에 의해 불리하게 영향받지는 않았다.

**표 1**

[0035]

시간	전력 (watts)	주파수 (kHz)	호온 부식	교차부 안정성
54	64	19,670	없음	매우 안정
100	64	19,636	없음	매우 안정
150	68	19,636	미소량	매우 안정
200	69	19,670	미소량	매우 안정

[0036]

실시예2

[0037]

금속 매트릭스 복합 와이어의 준비.

[0038]

용융 알루미늄계 조에 침지된 넥스텔(등록상표) 610(NEXTEL™ 610) 알루미늄 세라믹 섬유[미네소타주 세인트 폴 쓰리엠 컴파니(3M Company)로부터 상업적으로 입수 가능함]의 토우를 사용하는 복합 금속 매트릭스 와이어가 마련되고, 토우의 침투를 달성하기 위하여 초음파 에너지에 적용된다. 특히, 실시예1에 기재된 호온과 유사한 시알론 호온을 포함하는 초음파 시스템이 도5에 개략적으로 도시된 방법을 통해 구조의 일부로 채택된다. 프로세스 파라미터는 알루미늄 매트릭스 복합물(AMC)을 제조하기 위해 채택된 것과, 본 명세서에 참조로 합체된 미국 특허 제6,344,270호('270)의 실시예1에 완전히 기재된 것과 유사하다. 본 발명의 시알론 호온은 '270 특허 내에 기재된 니오븀 합금 호온을 대체했다. 이 실시예에서, 시알론 호온은 약 20kHz의 주파수에서 약 65watt를 전송했다. 대략 1981.2m(6500ft)의 와이어가 13개의 실험 작동 과정에 거쳐 생산되었고, 인장 시험기[매사추세츠주 퀸톤의 인스트론(Instron)으로부터의 인스트론 4201 시험기(Instron 4201 tester)와 같이 상업적으로 입수 가능함]를 사용하여 ASTM D 3379-75[고탄성 단일 필라멘트 재료에 대한 인장 강도 및 영율에 대한 표준 시험 방법]에 따라 인장 시험된다. 실시예2에 따라 생산된 와이어의 인장 강도는 니오븀 합금 초음파 호온을 사용하여 제조되고 대략 1.51GPa의 범위 내의 종방향 강도를 나타내는 금속 매트릭스 복합 와이어와 관련된 인장 강도와 사실상 동일했다.

[0039]

본 발명이 양호한 실시예에서 참조로 기재되었지만, 이 기술분야의 숙련자들은 본 발명의 사상 및 범위에서 벗어나지 않고 형태 및 상세부에 있어서 변경될 수 있다는 것을 알 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0011]

도1은 부분들이 블록 형태로 도시되고 본 발명에 따른 초음파 에너지 시스템의 전개도이다.

[0012]

도2a는 도1의 초음파 시스템 일부의 확대 단면도이다.

[0013]

도2b는 2B-2B 선에 따라 절취한 도2a의 일부의 단면도이다.

[0014]

도3은 최종 조립시 도1의 초음파 호온 스택의 사시도이다.

[0015]

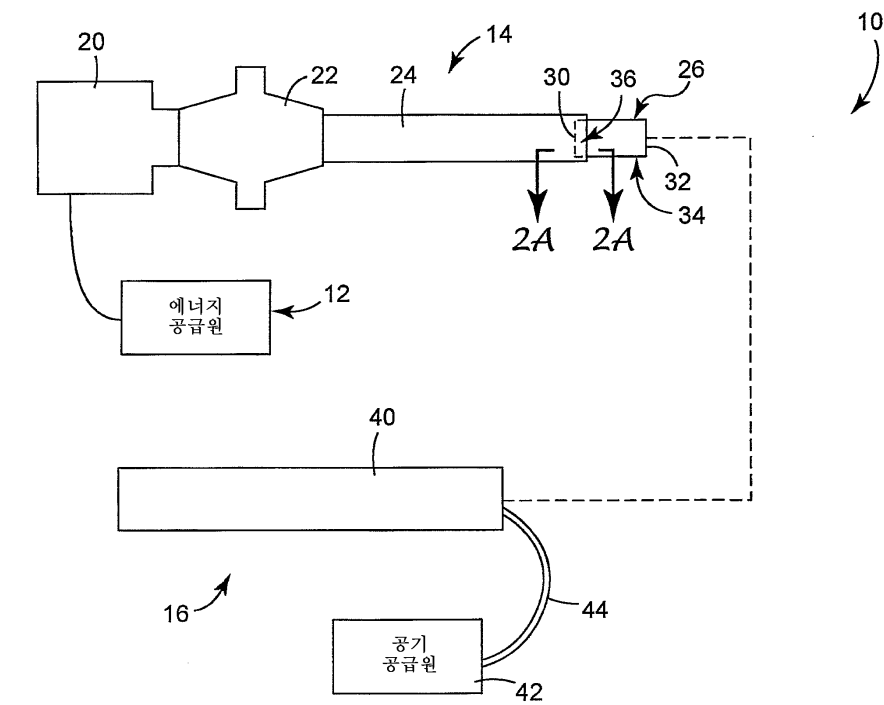
도4는 사용 중의 도1의 초음파 시스템의 일부의 확대 개략도이다.

[0016]

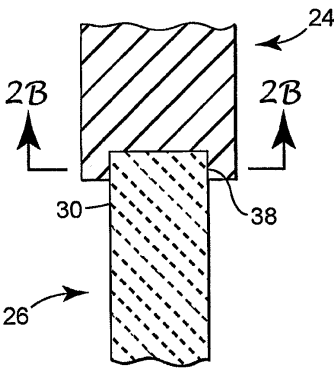
도5는 본 발명에 따른 초음파 에너지를 사용하는 복합 금속 매트릭스 와이어를 생산하기 위한 장치의 개략도이다.

도면

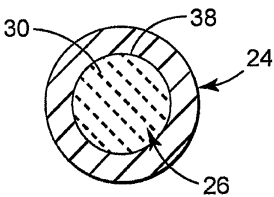
도면1



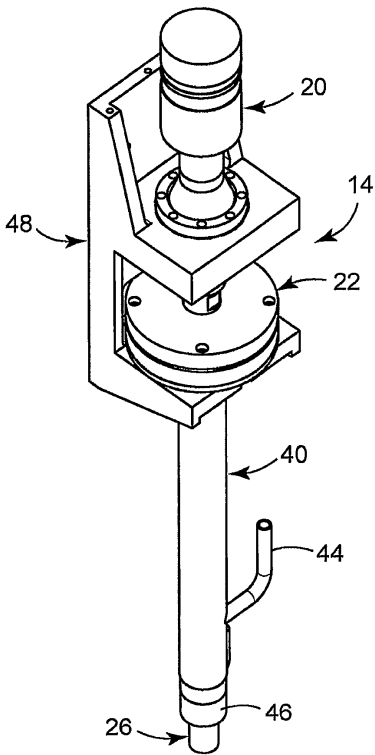
도면2a



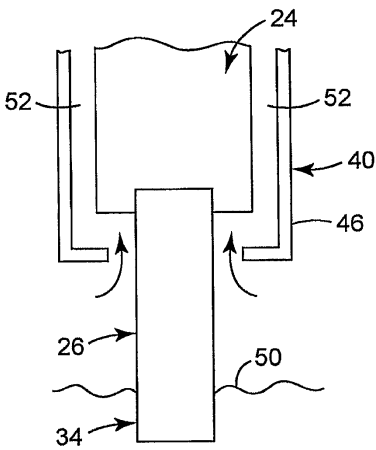
도면2b



도면3



도면4



도면5

