



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0133765  
(43) 공개일자 2019년12월03일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>B05B 5/025 (2006.01) B05B 5/03 (2006.01)<br/>B05B 5/16 (2006.01) B24C 1/00 (2006.01)<br/>B24C 11/00 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>B05B 5/0255 (2013.01)<br/>B05B 5/032 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-7032660</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2018년04월04일<br/>심사청구일자 2019년11월04일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2019년11월04일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2018/026143</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2018/187513<br/>국제공개일자 2018년10월11일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>62/481,575 2017년04월04일 미국(US)<br/>15/945,698 2018년04월04일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인<br/>클린로지스 엘엘씨<br/>미국 캘리포니아주 91355 산타 클라리타 유닛 6<br/>애비뉴 홀 26074</p> <p>(72) 발명자<br/>잭슨 데이비드 피<br/>미국 캘리포니아주 91355 산타 클라리타 유닛 6<br/>애비뉴 홀 26074<br/>잭슨 맥켄지 에이<br/>미국 캘리포니아주 91355 산타 클라리타 유닛 6<br/>애비뉴 홀 26074</p> <p>(74) 대리인<br/>제일특허법인(유)</p> |
|--|--|

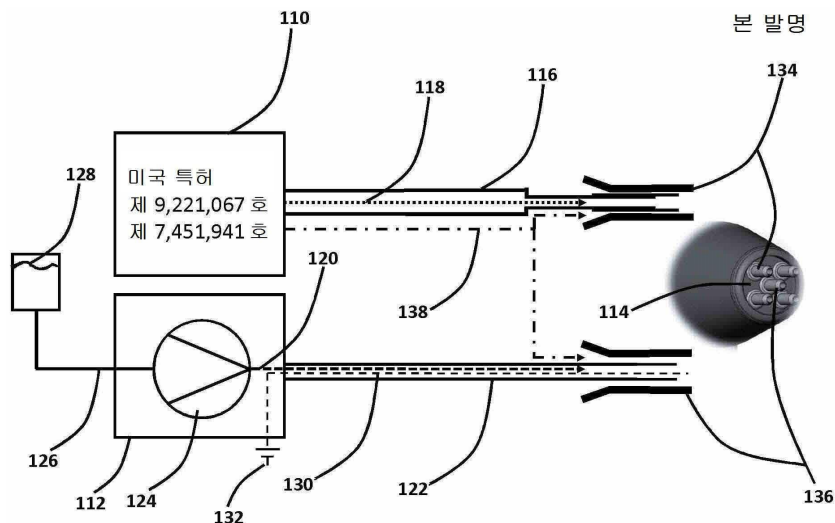
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션

(57) 요약

첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 혼합물을 제조하고 동시에 기관 표면에 사출하기 위한 정전식 스프레이 도포 장치 및 방법. 스프레이 혼합물은 CO<sub>2</sub>와 첨가제 혼합 노즐과 기관 표면 사이의 공간에서 형성된다. 스프레이 혼합물은 압력 및 온도 조절된 추진제 가스(즉, 압축 공기), CO<sub>2</sub> 입자 및 첨가제 입자를 포함하는, 가변 제어된 공중 및 방사상 스프레이 밀도를 갖는 복합재 유체이다. 스프레이 클러스터를 형성하기 위해 하나 이상의 첨가제를 함유하는 내부 저속 주입 공기 스트림 주위에 축 대칭 및 동축으로 위치되는 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 입자를 함유하는 2개 이상의 원주방향 고속 공기 스트림이 존재한다. 축 대칭 CO<sub>2</sub> 입자-공기 스트림은 형성 동안에 패시브 마찰 대전되고, 스프레이 클러스터링 배열은 동축 유동 스트림 사이에 그리고 그 주위에 상당한 정전기장 및 코안다(Coanda) 공기 질량 유동을 생성한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*B05B 5/1683* (2013.01)

*B24C 1/003* (2013.01)

*B24C 11/005* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치에 있어서,

- a. 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치된 다수의 노즐 전극을 포함하며,
- b. 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하고, 상기 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있으며,
- c. 상기 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드를 형성하고,
- d. 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고,
- e. 상기 제 1 및 제 2 모세관은 상기 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능하고,
- f. 상기 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함하고, 상기 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성하고,

이에 의해, CO2 입자가 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 상기 정전하는 상기 3개의 랜딩 가이드로 분포되어 상기 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO2 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO2 에어로졸을 형성하며,

상기 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO2 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전하고,

상기 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO2 에어로졸은 상기 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO2 에어로졸을 형성하며, 상기 공기-첨가제-CO2 에어로졸은 상기 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 상기 CO2 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 상기 노즐과 상기 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 형성하고,

첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이가 상기 기관 표면에 사출되는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

적어도 2개의 노즐 전극이 상기 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 배열되는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 첨가제는 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함하는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기관 표면은 절삭 구역인

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 첨가제는 기계가공 윤활제인

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

**청구항 6**

기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치에 있어서,

- a. 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치된 다수의 노즐 전극을 포함하며,
- b. 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하고, 상기 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 다수의 축 대칭 관통 포트가 있으며,
- c. 상기 다수의 관통 포트에 근접하게, 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 랜딩 가이드가 있으며,
- d. 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고,
- e. 상기 제 1 및 제 2 모세관은 상기 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능하고,
- f. 상기 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함하고, 상기 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성하고,

이에 의해, CO2 입자가 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 상기 정전하는 상기 랜딩 가이드로 분포되어 상기 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO2 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO2 에어로졸을 형성하며,

상기 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO2 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전하고,

상기 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO2 에어로졸은 상기 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO2 에어로졸을 형성하며, 상기 공기-첨가제-CO2 에어로졸은 상기 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 상기 CO2 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 상기 노즐과 상기 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 형성하고,

첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이가 상기 기관 표면에 사출되는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있으며, 상기 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드를 형성하는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서,

적어도 2개의 노즐 전극이 상기 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 배열되는

CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서,

상기 첨가제는 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함하고,

상기 기관 표면은 절삭 구역이며,  
상기 첨가제는 기계가공 윤활제인  
CO2 복합재 스프레이 제조 장치.

#### 청구항 10

정전기장을 생성하기 위한 노즐 전극 장치에 있어서,

- a. 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하며, 상기 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있으며,
- b. 상기 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드를 형성하고,
- c. 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고,
- d. 상기 제 1 및 제 2 모세관은 관통 포트형 중앙 구멍 내에서 위치 조정 가능하고,
- e. 이에 의해, CO2 입자가 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 상기 정전하는 상기 3개의 랜딩 가이드로 분포되어 상기 노즐 전극을 정전기적으로 대전하는  
노즐 전극 장치.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 노즐 전극 장치는 반도체 재료 또는 금속으로 구성되는  
노즐 전극 장치.

#### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 노즐 전극 장치는 길이가 0.5 내지 6.0 인치인  
노즐 전극 장치.

#### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 노즐 전극 장치는 접지로 분포되는  
노즐 전극 장치.

#### 청구항 14

기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치를 사용하여 표면을 처리하는 방법으로서,

- a. 상기 장치는 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치된 다수의 노즐 전극을 포함하며,
- b. 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하고, 상기 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 다수의 축 대칭 관통 포트가 있으며,
- c. 상기 다수의 관통 포트에 근접하게, 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 랜딩 가이드가 있으며,
- d. 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고,
- e. 상기 제 1 및 제 2 모세관은 상기 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능하고,
- f. 상기 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함

하고, 상기 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성하고,

이에 의해, CO2 입자가 상기 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 상기 정전하는 상기 랜딩 가이드로 분포되어 상기 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO2 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO2 에어로졸을 형성하며,

상기 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO2 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전하고,

상기 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO2 에어로졸은 상기 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO2 에어로졸을 형성하며, 상기 공기-첨가제-CO2 에어로졸은 상기 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 상기 CO2 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 상기 노즐과 상기 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합제 스프레이를 형성하고,

첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합제 스프레이가 상기 기관 표면에 사출되는, 표면 처리 방법에 있어서,

- a. 상기 기관 표면으로부터 떨어진 제 1 위치에 상기 장치를 위치시키는 단계와,
- b. 상기 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합제 스프레이로 상기 기관 표면을 코팅하는 단계와,
- c. 상기 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합제 스프레이로 상기 기관 표면을 코팅하는 것을 중단시키는 단계와,
- d. 상기 장치를 제 2 위치에 위치시키는 단계와,
- e. 첨가제를 갖지 않는 정전기적으로 대전되고 균일한 CO2 복합제 스프레이를 도포함으로써 상기 기관 표면으로부터 상기 첨가제를 제거하는 단계를 포함하는

표면 처리 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 위치는 상기 기관 표면으로부터 6 내지 18 인치에 있는

표면 처리 방법.

#### 청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 위치에서 상기 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합제 스프레이의 도포 후에 1 내지 600 초의 소킹 기간이 이어지는

표면 처리 방법.

#### 청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 제 2 위치는 상기 기관 표면으로부터 0.5 내지 6 인치에 있는

표면 처리 방법.

#### 청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 첨가제는 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함하는

표면 처리 방법.

#### 청구항 19

제 14 항에 있어서,  
 상기 기관 표면은 제조된 표면인  
 표면 처리 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 우선권 주장

[0002] 본 출원은 2017년 4월 4일자로 출원된 미국 가특허 출원 제 62/481575 호 및 2018년 4월 4일자로 출원된 미국 특허 출원 제 15/945698 호의 이익을 주장하며, 이들 문헌은 전체적으로 참조로 포함된다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 발명은 일반적으로 CO<sub>2</sub> Composite Spray(클린로직스 엘엘씨(CleanLogix LLC)의 상표)를 형성 및 사출하기 위한 스프레이 어플리케이터(spray applicator)에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 공기, 고체 이산화탄소, 및 유기 용매, 코팅, 페인트, 나노입자, 미세 연마재 및 윤활제와 같은 첨가제 입자를 이용하는 패시브 정전식 스프레이 노즐(passive electrostatic spray nozzle) 및 스프레이 어플리케이터 조립체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0005] 세정, 냉각 및/또는 윤활을 위한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이의 사용은 당업계에 널리 공지되어 있다. 예를 들어, CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이는 전형적으로 선삭(turning), 정밀 연마 연삭 또는 다이싱(dicing) 작업 동안에 세정, 선택적 열 제어 및/또는 윤활을 필요로 하는 경질 기계가공(hard machining) 프로세스 동안에 이용된다. 이러한 응용에서, 절삭 공구 또는 연마 휠 수명을 연장시키고 생산성, 치수 공차 및 표면 마감을 향상시키기 위해 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이가 이용된다.

[0006] 당업계에서는, 제조 또는 산업 프로세스에서 CO<sub>2</sub> 스프레이를 기관, 워크피스(workpiece) 등 상으로 지향시키는 데 이용되는 CO<sub>2</sub> 스프레이 어플리케이터의 몇 가지 예가 존재한다. 그러한 예는 미국 특허 제 4,389,820 호, 제 4,806,171 호 및 제 5,725,154 호를 포함한다. 그러나, 전술한 예 각각은 세정, 냉각 및 윤활 목적을 위한 스프레이의 도포, 특히 냉각 및 윤활 목적에 유익한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이의 형성 및 도포에 있어서 단점을 갖는다.

[0007] 예를 들어, 기계가공된 기관에 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이의 효율적이고 효과적인 도포에는 몇 가지 과제가 존재한다. 절삭 구역 표면에 도달하기에 충분한 에너지를 제공하기 위해 충분히 높은 스프레이 속도가 이용되는 경우, 대부분의 스프레이는 절삭 구역 표면에 충돌하기보다는 절삭 구역 표면으로부터 편향되거나 절삭 구역 표면 주위로 흐르는 경향이 있다. 저속 스프레이가 이용되는 경우, 리세스(recess) 또는 복잡한 표면을 갖는 임계적 표면은 효과적으로 침투되지 않을 수 있다. 예를 들어, CO<sub>2</sub>계 냉각-윤활 스프레이의 도포 동안에, 오일 첨가제 스프레이 노즐로부터 표면으로의 이행 동안에 매우 큰 석출물로 응집되는 것이 관찰된다. 이러한 현상은 기계가공된 표면 상에 CO<sub>2</sub> 냉각제 입자 및 오일계 윤활제를 균등하게 분배하는 것을 방해하며, 무화된 스프레이의 상당 부분이 기계가공되는 기관으로부터 너무 멀리 떨어진 위치에 위치되면 기관을 완전히 벗어나게 되어, 도포된 스프레이의 일부를 낭비하게 된다. 이러한 현상은 오일과 같은 윤활 첨가제 및 냉각 성분인 고체 이산화탄소 입자가 완전히 반대되는 특정 물리화학적 특성(즉, 각각 높은 융점 및 매우 낮은 온도)을 갖기 때문에 발생한다. CO<sub>2</sub> 입자(즉, 냉각제)의 온도는 균일한 입자 크기 및 스프레이 분포가 스프레이 내에서 확립될 수 있기 전에 유동하는 윤활 첨가제가 조기에 고화되거나 겔화되게 한다. 이러한 현상은 균일하고 균질한 분산을 억제한다. 이것은 CO<sub>2</sub> 고체 입자와 첨가제 입자 사이의 혼합이 노즐 내에서 또는 노즐 팁 근처에서 발생하여, 스프레이 패턴과 화학적 성질이 일관되지 않고 노즐이 동결 및 응집된 오일 및 첨가제로 막히게 되는 경우에 특히 그러하다.

[0008] 종래 기술은 유익한 첨가제를 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이에 혼입시키기 위한 CO<sub>2</sub> 스프레이 어플리케이터 기술의 몇 가지 예를 포함한다. 예는 스프레이 세정 성능을 향상시키기 위한 유기 용매 첨가제, 기계가공 성능을 향상시키

기 위한 윤활 첨가제 및 접착제 본딩을 위한 표면 개질을 향상시키기 위한 플라즈마 첨가제의 첨가를 포함한다. 이와 관련하여, 종래 기술의 예는 미국 특허 제 5,409,418 호, 제 7,451,941 호, 제 7,389,941 호 및 제 9,352,355 호를 포함한다. 전술한 예 각각에서, 이온, 용매, 오일 또는 플라즈마를 각각 포함하는 첨가제 유체는 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐 디바이스와 통합된 주입 수단을 사용하여 중앙에 배치된 CO<sub>2</sub> 입자 스프레이 내로 직접 첨가되고, CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐 디바이스는 일부 경우에는 고전압을 사용하여 첨가제 입자를 액티브 대전시키기 위한 수단 및 첨가제 입자의 인력, 혼합 및 무화를 향상시키기 위한 전극을 포함한다. 그러나, 이미 언급된 바와 같이, 이러한 유형의 주입 방식은 스프레이 형성 노즐에서 또는 스프레이 노즐 근처에서의 CO<sub>2</sub> 스프레이의 물리화학적 성질과 본질적으로 호환되지 않는 스프레이 첨가제에 대한 제약을 초래한다. 예를 들어, CO<sub>2</sub> 입자 노즐 본체 및 출구 내에서의 높은 스프레이 압력 및 속도, 매우 낮은 온도 및 패시브 정전 대전은 높은 융점 오일에 대한 유동 및 혼합 제약을 초래한다. 대두유(soybean oil) 및 카놀라유(canola oil)와 같은 고분자량 천연 오일은 기계가공 응용에 가장 우수한 윤활 품질을 제공하지만, CO<sub>2</sub> 입자 노즐 출구 내에 또는 그 근처에 존재하는 온도보다 훨씬 높은 온도에서 겔화 또는 고화될 것이다. 이러한 문제를 악화시키는 것은 노즐 내에서의 CO<sub>2</sub> 입자의 형성 및 노즐로부터의 CO<sub>2</sub> 입자의 방출 동안에 존재하는 정전기장 및 정전하이다. 고전압 전극을 사용한 스프레이 대전, 또는 각각 첨가제 및/또는 CO<sub>2</sub> 입자의 패시브 대전(마찰 대전(tribocharging))은 노즐 팁 내에서 또는 그 근처에서 과냉각된 고융점 오일 막을 정전기적으로 대전시키고, 크고 점착성인 겔 또는 매스(mass)로 합체시키며, 이는 CO<sub>2</sub> 입자 스트림 내로의 유동 및 주입을 억제한다. 또한, 일단 저온 CO<sub>2</sub> 입자 스트림 내로 주입되고 목표 표면에 사출된 이러한 보다 큰 첨가제 입자 매스는, 예를 들어 절삭 공구, 워크피스 및 칩 틈새(chip crevice)를 포함하는 절삭 구역 내의 매우 작은 표면적에 대한 겹 침투를 억제한다. 그 결과는 시간 경과에 따라 조성 변화를 갖는 스프레이가 된다(표면적이 작거나 윤활 입자가 완전히 결여된 큰 입자 매스). 더욱이, 종래 기술의 첨가제 주입 장치 및 방법은 각각의 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐에 대해 개별적인 첨가제 주입 방식을 요구하여, 도포 생산성 또는 유용성 증대를 위해 보다 큰 공중 및 방사상 스프레이 밀도를 요구하는 응용에서는 보다 복잡한 다중 스프레이 구성 방식을 필요로 한다.

**발명의 내용**

[0009]

기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치로서: 다수의 노즐 전극이 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치될 수 있으며; 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함할 수 있고, 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 다수 또는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있을 수 있으며; 다수 또는 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드(landing guide) 또는 지지 부분을 형성할 수 있고; 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함할 수 있고; 제 1 및 제 2 모세관은 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능할 수 있고; 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함할 수 있고, 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성할 수 있고; 이에 의해, CO<sub>2</sub> 입자가 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 정전하는 3개의 랜딩 가이드 또는 지지 부분으로 분포되어 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO<sub>2</sub> 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO<sub>2</sub> 에어로졸을 형성하며; 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO<sub>2</sub> 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전할 수 있고; 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO<sub>2</sub> 에어로졸은 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 에어로졸을 형성하며, 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 에어로졸은 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 CO<sub>2</sub> 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 노즐과 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이를 형성하고; 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이가 기관 표면에 사출될 수 있으며; 적어도 2개의 노즐 전극이 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 배열될 수 있고; 첨가제는 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함할 수 있으며; 기관 표면은 절삭 구역일 수 있고; 첨가제는 기계가공 윤활제이다.

[0010]

기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치로서: 상기 장치는 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치된 다수의 노즐 전극을 포함하며; 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하고, 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 다수의 축 대칭 관통 포트가 있으며; 상기 다수의 관통 포트에 근접하게 또는 그 근처에, 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 랜딩 가이드가 있으며; 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는

제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고; 제 1 및 제 2 모세관은 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능하고; 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함하고, 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성하고; 이에 의해, CO2 입자가 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 정전하는 랜딩 가이드로 분포되어 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO2 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO2 에어로졸을 형성하며; 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO2 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전하고; 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO2 에어로졸은 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO2 에어로졸을 형성하며, 공기-첨가제-CO2 에어로졸은 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 CO2 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 노즐과 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 형성하고; 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이가 기관 표면에 사출된다. 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있을 수 있으며; 다수 또는 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드를 형성하고; 적어도 2개의 노즐 전극이 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 배열될 수 있으며; 첨가제는 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함하고; 기관 표면은 절삭 구역이며; 첨가제는 기계가공 윤활제이다.

[0011] 정전기장을 생성하기 위한 노즐 전극 장치로서: 상기 노즐 전극 장치는 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하며, 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 적어도 3개의 축 대칭 관통 포트가 있으며; 상기 적어도 3개의 관통 포트는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 위치시키기 위한 3개의 랜딩 가이드를 형성하고; 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고; 제 1 및 제 2 모세관은 관통 포트형 중앙 구멍 내에서 위치 조정 가능하고; 이에 의해, CO2 입자가 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 정전하는 3개의 랜딩 가이드로 분포되어 노즐 전극을 정전기적으로 대전하며; 노즐 전극 장치는 반도체 재료 또는 금속으로 구성될 수 있고, 길이가 0.5 내지 6.0 인치일 수 있으며, 접지로 분포될 수 있다.

[0012] 기관 표면 상에 사용하기 위한, 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치를 사용하여 표면을 처리하는 방법으로서: 상기 장치는 첨가제 주입 노즐을 중심으로 축 대칭으로 위치한 다수의 노즐 전극을 포함하며; 상기 노즐 전극은 중앙 관통 구멍을 갖는 노즐 팁을 가지는 세장형 본체를 포함하고, 중앙 관통 구멍으로부터 기인하는 다수의 축 대칭 관통 포트가 있으며; 상기 다수의 관통 포트에 근접하게, 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 중심설정 및 위치시키기 위한 랜딩 가이드가 있으며; 조정 가능한 팽창 튜브 조립체는 제 2 모세관 내에 제 1 모세관을 포함하고; 제 1 및 제 2 모세관은 중앙 관통 구멍 내에서 조정 가능하고; 첨가제 주입 노즐은 첨가제 전달 튜브를 포함하는 관통 포팅되고 접지된 첨가제 주입 노즐 본체를 포함하고, 접지된 첨가제 주입 노즐 본체는 공기를 유동시켜 공기-첨가제 에어로졸을 형성하고; 이에 의해, CO2 입자가 조정 가능한 팽창 튜브 조립체를 통해 유동되어 정전하를 생성하고, 정전하는 랜딩 가이드로 분포되어 노즐 전극을 정전기적으로 대전하고, 다음에 CO2 입자는 공기와 혼합하여 공기-CO2 에어로졸을 형성하며; 정전기적으로 대전된 노즐 전극 및 공기-CO2 에어로졸은 공기-첨가제 에어로졸을 패시브 대전하고; 공기-첨가제 에어로졸과 공기-CO2 에어로졸은 노즐로부터 떨어져서 결합하여 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO2 에어로졸을 형성하며, 공기-첨가제-CO2 에어로졸은 기관 표면에 사출되고, 이에 의해 CO2 입자와 첨가제가 상호 작용하여, 노즐과 기관 표면 사이의 공간에서 첨가제 혼합물을 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 형성하고; 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이가 기관 표면에 사출되며; 상기 방법은, 기관 표면으로부터 떨어진 제 1 위치에 상기 장치를 위치시키는 단계와; 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이로 기관 표면을 코팅하는 단계와; 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이로 기관 표면을 코팅하는 것을 중단시키는 단계와; 상기 장치를 제 2 위치에 위치시키는 단계와; 첨가제를 갖지 않는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이를 도포함으로써 기관 표면으로부터 첨가제를 제거하는 단계를 포함한다. 이러한 방법은 또한, 제 1 위치가 기관 표면으로부터 6 내지 18 인치에 있는 것; 제 1 위치에서 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO2 복합재 스프레이의 도포 후에 1 내지 600 초의 소킹 기간이 이어지는 것; 제 2 위치가 기관 표면으로부터 0.5 내지 6 인치에 있는 것; 첨가제가 유동성 유기 및 무기 액체 및 고체를 포함하는 것; 기관 표면이 제조된 표면인 것을 갖는다.

[0013] 본 양태는 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이를 제조하기 위한 장치를 제공한다. 본 발명은 첨가제 주입 및 무화 노즐을 2개 이상의 축 대칭으로 위치되고 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐의 중앙에 그리고 그와 동축으로 위치시킴으로써 종래 기술의 첨가제 혼합 및 스프레이 사출 제약을

극복하고 있다. 첨가제 및 CO<sub>2</sub> 입자를 혼합하기 위한 정전기장 및 속도 구동 구배와, 복합제 스프레이 추진 및 전달을 보조하도록 유도된 공기 유동을 갖는 신규한 클러스터 스프레이 배열은 사실상 임의의 다양한 CO<sub>2</sub> 복합제 유체 스프레이 조성물의 형성을 가능하게 한다. 특유하게, 본 발명의 다성분 CO<sub>2</sub> 복합제 유체 스프레이는 CO<sub>2</sub> 및 첨가제 입자 주입 수단으로부터 이격된, 타겟 기관으로의 이행 동안의 공간에서 형성되어 상 변화 및 직접적인 접촉 대전 현상에 의해 도입된 방해물 제거한다. 중앙에 위치한 첨가제 스프레이 유동을 둘러싸는 축 대칭으로 클러스터링된 CO<sub>2</sub> 스프레이는 조정 가능하고 균일한 정전기장 및 속도 구배를 생성한다.

[0014] 본 발명은 첨가제 스프레이 화학적 성질과 CO<sub>2</sub> 스프레이 화학적 성질 사이의 다양한 물리화학적 차이에 의해 부과된 제약조건을 제거한다. 임의의 다양한 유체-비발동반되거나 유동성인 미세한 고체, 가볍고 점성인 액체, 휘발성 및 응축성 가스, 이온성, 수성 및 비수성 액체, 및 이들의 블렌드가 사용될 수 있다. 또한, 고비점 액체, 고융점 화합물, 나노입자, 이온성 화합물, 이온화된 유체, 오존화된 유체, 분산액 또는 현탁액의 별개의 첨가제 또는 블렌드가 사용될 수 있다. 더욱이, CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이의 유용성은 본 발명에 의해 확장된다. 예를 들어, 본 발명은 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 세정 작업 직후에 방청제, 프라이머(primer) 및 페인트와 같은 유익한 표면 코팅을 도포하는데 사용될 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 양태는 스프레이 프로세스 생산성을 향상시키기 위해 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이에 보다 높은 공중 및 방사상 스프레이 밀도를 제공하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다. 종래의 CO<sub>2</sub> 스노우 스프레이와 비교하여 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이의 장점은 추진제 가스 내의 CO<sub>2</sub> 입자 농도, 스프레이 압력 및 스프레이 혼합물 온도를 조정하는 능력이다. 그러나, CO<sub>2</sub> 스프레이 어플리케이션의 경우 낮은 공중 및 방사상 스프레이 밀도(스프레이 영역)에 제한이 있다. 이것은 많은 산업 응용에서 생산성을 제한하며, 이러한 제한을 극복하는데 사용되는 현재 기술은 다중-포트형 와이드-스프레이 노즐 어레이를 이용하는 것이다. 그러나, 이미 논의된 바와 같이, 유익한 첨가제를 첨가하기 위한 종래의 수단은 이러한 유형의 배열을 매우 복잡하게 하고 고융점 첨가제 화학적 성질과 호환되지 않게 한다.

[0016] 본 발명의 다른 양태는 조정 가능한 CO<sub>2</sub> 입자 주입 조립체(즉, 미국 특허 제 9,221,057 호, 도 4b(502))를 추진제 가스의 초음속 유동의 가장 중앙 영역에 선택적으로 위치시키면서, 동시에 조정 가능한 CO<sub>2</sub> 입자 주입 조립체의 표면으로부터 정전하를 분포하여 정전기적으로 대전된 스프레이 노즐을 생성하는데 사용되는 신규한 방전 가공(EDM)된 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 혼합 노즐 장치를 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 또 다른 양태에서, 표면 전처리 코팅 작업 후에 정밀 세정 작업이 이어진다. 특정 세정 응용에서, CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이만을 사용하여 표면 오염을 제거하는 것은 매우 어려울 수 있다. 본 발명은 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이로 스프레이 세정하기 전에 또는 동시에 복잡한 표면 오염물을 먼저 가용화(또는 다른 방식으로 변성)시키는(바람직하게는) 고비점 전처리제의 균일한 코팅을 도포하기 위한 예시적인 신규한 전처리 프로세스를 교시하고 있다.

[0018] 마지막으로, 본 발명은 정밀 세정, 경질 기계가공, 정밀 연마 연삭, 접착제 본딩 또는 표면 소독과 같은 특정 스프레이 도포를 강화시키는 사실상 임의의 첨가제 화학적 성질을 사용하여 하이브리드 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이를 형성하는데 유용하다. 본 발명의 신규한 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이션은 제 1 발명자에 의해 개발된 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 생성 시스템과 함께 가장 효율적으로 작동하도록 개발되었다. 본 발명을 이용하기에 바람직한 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 생성 시스템은 미국 특허 제 5,725,154 호, 제 7,451,941 호 및 제 9,221,067 호를 포함하며, 이를 참조하여 그 전체가 본 발명에 포함된다. 본 발명은 그러한 개량을 소개한다. 바람직한 실시예에서, 본 발명은 독립적으로 사용될 수 있는 몇 가지 양태 또는 양상을 갖지만, 바람직하게는 이들은 이들의 이점을 최적화하도록 함께 이용된다. 본 발명의 전술한 작동 원리 및 장점 모두는 첨부 도면을 참조하여 하기의 상세한 설명을 고려할 때 보다 충분히 이해될 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 종래의 CO<sub>2</sub> 스노우 스프레이 시스템과 함께 사용하기 위한 동축 이온화 가스 첨가제 주입 수단을 갖는 스노우 스프레이 어플리케이션을 개시하는 종래 기술의 미국 특허 제 5,409,418 호(도 1)에서 발췌한 것이다.

도 2는 내부 동축 첨가제 주입 수단을 설명하는 동축 스프레이 어플리케이션을 개시하는 종래 기술의 미국 특허 제 7,451,941 호(도 5)의 고밀도 유체 세정 프로세스 및 장치에서 발췌한 것이다.

도 3은 도 2(미국 특허 제 7,451,941 호)에서 설명된 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 시스템과 함께 사용하기 위한 외부 코안다-유동 첨가제 주입 수단을 사용하는 동축 스프레이 혼합 노즐을 개시하는 종래 기술의 미국 특허 제 7,389,941 호(도 2)에서 발췌한 것이다.

도 4a 및 도 4b는 도 3의 종래 기술의 코안다 스프레이 장치 및 방법을 사용하여 공기-CO<sub>2</sub> 복합제 세정 스프레이와 공기-CO<sub>2</sub>-오일 복합제 기계가공 스프레이를 비교하는 사진을 나란히 제공한다.

도 5a 및 도 5b는 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 장치를 형성하기 위한 예시적인 정전기장 생성 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐, 첨가제 주입 노즐, 및 이들의 축 대칭 클러스터링 배열의 기본 양태 및 기능을 개략적으로 도시한다.

도 6a, 도 6b 및 도 6c는 본 발명과 함께 사용하기 위한 예시적인 축 대칭 클러스터 스프레이 노즐 구성을 도시한다.

도 7a 및 도 7b는 공중 및 방사상 스프레이 밀도 모두를 조정하기 위한 다수의 클러스터 스프레이 어플리케이션의 배열을 도시한다.

도 8은 중앙에 배치된 부동 접지 첨가제 주입 노즐 주위에 그리고 축 대칭으로 배치된 부유 전하 캐리어 노즐들 사이에 설정된 대칭적인 정전기장을 도시하는 개략도이다.

도 9는 공기 중의 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 입자 및 첨가제 입자를 포함하는 공간에서의 복합제 스프레이의 형성, 및 예시적인 기관에의 도포를 묘사한다.

도 10a, 도 10b, 도 10c, 도 10d 및 도 10e는 본 발명과 함께 사용하기 위한 패시브 정전하 생성 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐을 위한 예시적인 디자인의 측면, 배면 및 정면 및 슬라이스형 등각도를 제공한다.

도 11a, 도 11b 및 도 11c는 본 발명과 함께 사용하기 위한 예시적인 무화 첨가제 주입 노즐을 위한 예시적인 디자인의 측면, 배면 및 정면 등각도를 제공한다.

도 12a, 도 12b 및 도 12c는 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐 및 첨가제 주입 노즐을 축 대칭으로 배열하기 위한 4x1 클러스터 스프레이 어플리케이션 본체와, 추진제 공기, CO<sub>2</sub> 입자 및 이들에 사용하기 위한 첨가제를 제공하기 위한 수단에 대한 예시적인 디자인의 배면, 저면 및 정면 등각도를 제공한다.

도 13은 도 12의 예시적인 스프레이 어플리케이션을 사용하는 예시적인 3D 인쇄된 핸드건 조립체의 등각도이다.

도 14는 본 발명의 4x1 클러스터 스프레이 노즐을 사용하여 생성된 비가열 공기-CO<sub>2</sub>-오일 복합제 스프레이의 사진이다.

도 15는 본 발명을 사용하는 예시적인 표면 전처리 및 세정 프로세스이다.

### **발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0020] 본 발명은 첨가제를 함유하고 기관 표면에 동시에 사출되는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 혼합물을 제조하기 위한 정전식 스프레이 도포 장치 및 방법에 관한 것이다. CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 혼합물은 CO<sub>2</sub>와 첨가제 혼합 노즐과 기관 표면 사이의 공간에서 형성된다. CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 혼합물은 압력 및 온도 조절된 추진제 가스(즉, 압축 공기), CO<sub>2</sub> 입자 및 첨가제 입자를 포함하는, 가변 제어된 공중 및 방사상 스프레이 밀도(aerial and radial spray density)를 갖는 복합제 유체이다. 본 발명은 스프레이 클러스터를 형성하기 위해 하나 이상의 첨가제를 함유하는 내부 저속 주입 공기 스트림 주위에 축 대칭 및 동축으로 위치되는 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 입자를 함유하는 2개 이상의 원주방향 고속 공기 스트림을 포함한다. 보다 큰 스프레이 클러스터 구성을 형성하기 위해 하나 이상의 스프레이 클러스터가 사용될 수 있다. 축 대칭 CO<sub>2</sub> 입자-공기 스트림은 형성 동안에 패시브 마찰 대전되고, 스프레이 클러스터링 배열은 동축 유동 스트림 사이에 그리고 그 주위에 상당한 정전기장 및 코안다(Coanda) 공기 질량 유동을 생성한다. 스프레이 클러스터 내에서, 중앙에 위치한 첨가제-공

기 스트림은 작은 점성 드래그(viscous drag)를 발휘하고, 캐소드(cathode)로서 거동하는 원주방향 CO<sub>2</sub> 입자-공기 스트림에 대해 애노드(anode)로서 거동하며, 이는 대전된 CO<sub>2</sub> 입자-공기 스트림 및 첨가제-공기 스트림 입자가 이들 사이의 공간 내에 생성된 편광된 정전기장의 영향하에 있는 공간에서 합체되게 하여, 균일한 하이브리드 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 입자 스프레이 스트림을 형성한다. 본 발명을 사용하여, 코팅, 세정, 소독 및 냉각-운환과 같은 산업 제조 응용을 위한 임의의 다양한 하이브리드 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 입자 스프레이 스트림이 생성될 수 있다.

[0021] 도 1은 종래의 CO<sub>2</sub> 스노우 스프레이 시스템(snow spray system)과 함께 사용하기 위한 동축 이온화 가스 첨가제 주입 수단을 갖는 스노우 스프레이 어플리케이션을 개시하는 종래 기술의 미국 특허 제 5,409,418 호(도 1)에서 발췌한 것이다. 도 1에는, 매우 저온의 CO<sub>2</sub> 가스-입자 에어로졸 또는 스노우 스프레이(10)를 형성하기 위해 급속히 팽창하는 스노우 스프레이 노즐(6)의 내부 오리피스를 통해 액체 CO<sub>2</sub>를 조정 가능하게 계량하는 마이크로계량 밸브(micro metering valve)(4)를 통해 액체 CO<sub>2</sub>(2)가 공급되는 것이 도시되어 있다. 스노우 스프레이 노즐(6) 주위에는, 양 또는 음의 고전압 전위를 생성하는 가스 이온화 디바이스(12)가 부착되어 있으며, 가스 이온화 디바이스(12)를 통해, 압축 공기(14)와 같은 가스가 이온화기 수단 내로 유입되어, 팽창된 스노우 스트림(10) 주위에 원주방향으로 이온화된 가스(16)의 동축 실드(shield) 또는 슈라우드(shroud)를 생성해서 팽창된 CO<sub>2</sub> 에어로졸(10) 및 주위의 이온화된 공기 시스(air sheath)(16)를 포함하는 세정 스프레이를 형성하고, 이 세정 스프레이는 기관 표면(20)에 선택적으로 사출된다(18). 제 1 발명자에 의해 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이의 개발을 가져온 '418과 같은 종래의 스노우 스프레이와 연관된 몇 가지 단점이 있다. 이러한 제약조건은, 그 중에서도, 매우 낮은 스프레이 온도, 대기 수분 및 유기 증기 응축 및 과도한 CO<sub>2</sub> 사용량을 포함한다. '418의 이온화 방식은 중앙에 배치된 CO<sub>2</sub> 스노우 스트림 주위에 이온화된 가스를 주입하는 것이다. 중앙에 배치된 CO<sub>2</sub> 스노우 스트림은 원주방향 이온화 가스 스트림보다 훨씬 저온이고 조밀하며, CO<sub>2</sub> 입자의 승화로 인해 거의 음속으로 중앙 스프레이 축으로부터 멀어지는 외측 방향으로 급속하게 팽창한다. 이러한 방식은 외부 대기가 중앙에 배치된 저온 스노우 스프레이 내로, 그리고 특히 이 저온 스노우 스프레이에 의해 처리되는 기관 상의 저온 세정 구역 근처로 침입하는 것을 방지하는 데 유용하지만, 이러한 첨가제 주입 배열은 스프레이의 가장 중앙 영역 및 특히 기관 자체 상의 접촉 세정 구역 내로의 유익한 정전하 중화 이온의 균일한 혼합을 방해한다. 또한, 스프레이 세정 노즐 상에 고전압 이온화 디바이스를 사용하는 것은 안전 관점에서 바람직하지 않으며, 각각의 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐에 대해 큰 부피의 이온화기를 이용하기 위한 요구조건은 장비 비용을 증가시키고, 매우 높은 방사상 및 공중 스프레이 밀도를 갖는 CO<sub>2</sub> 처리 스프레이의 개발 및 사용을 제한한다. 마지막으로, '418의 주입 방식은 CO<sub>2</sub> 스노우 스프레이 팽창, 유동 스트림 분할 및 극저온과 같은 진술한 유사한 제약조건에 대해 균질한 CO<sub>2</sub> 스프레이 조성물을 생성하기 위해 액체 및 고체 첨가제를 주입하는데 사용될 수 없다.

[0022] 도 2는 내부 동축 첨가제 주입 수단을 설명하는 동축 스프레이 어플리케이션을 개시하는 종래 기술의 미국 특허 제 7,451,941 호(도 5)의 고밀도 유체 세정 프로세스 및 장치에서 발췌한 것이다. 도 2에는, 제 1 발명자에 의해 개발된 예시적인 동축 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이션 및 프로세스가 도시되어 있다. 도 1에서 이전에 논의된 바와 같은 종래의 스노우 스프레이 어플리케이션과는 매우 상이하게, CO<sub>2</sub> Composite Spray(클린로직스 엘엘씨의 상표)를 생성 및 사출하는 기본 방식은 (별개의 스프레이 성분 생성, 제어 및 전달 수단들 및 다양하게 설계된 동축 스프레이 혼합 노즐을 사용한 이들의 통합에 의해) 필수 성분들을 조합하여 효과적인 CO<sub>2</sub>계 처리 스프레이를 형성하는 것이다: (1) 세정제(즉, 미세한 CO<sub>2</sub> 입자), (2) CO<sub>2</sub> 입자 추진 및 스프레이 실드(즉, 가열, 이온화 및 가압된 공기) 및 (3) 선택적인 스프레이 첨가제(즉, 알코올, 미세 연마 입자). 도 2에 도시된 바와 같이, 예시적인 동축 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이션은 3개의 기본 요소를 포함하며; 현장에서 생성된 미세한 CO<sub>2</sub> 입자(32)를 이송하는 동축 CO<sub>2</sub> 입자 전달 모세관 튜브(30)가 압력 조절 및 가열된 추진제 가스(36)를 이송하는 외부 동축 추진제 가스 전달 튜브(34)의 일부분 내에 지지되고; 이들 모두는 동축 CO<sub>2</sub>-추진제 가스 혼합 노즐(38)에 통합되어 있다. 이러한 기본 요소에 부가하여, 외부 첨가제 공급 튜브(42)를 사용하여 용매 또는 미세 연마제와 같은 압력 유동성 또는 펌핑성 스프레이 세정 첨가제를 선택적으로 공급하기 위해 선택적인 첨가제 주입 포트(40)가 이용되며, 외부 첨가제 공급 튜브(42)는 첨가제를 CO<sub>2</sub>-추진제 가스 혼합물(44) 내에 직접 주입

하여 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 스프레이 조성물(46)을 형성하고, 다음에 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 스프레이 조성물(46)이 기관 표면(50)에 선택적으로 사출된다(48). 이와 같이 설명된 스프레이 생성 프로세스 및 장치는 미국 특허 제 7,451,941 호에 상세하게 기술되어 있으며, 이를 참조하여 본 명세서에 포함된다. 미국 특허 제 7,451,941 호(도 2)에 도시 및 설명된 예시적인 동축 스프레이 어플리케이션의 주요 단점은, 특히 CO<sub>2</sub> 입자와 혼합 시에 그리고 미세 입자로의 무화 및 분산 전에 바이오계 오일과 같은 고유점 첨가제 또는 상(즉, 액체→고체)을 변화시키는 임의의 첨가제를 주입할 때, 급속한 내부 노즐 막힘 및 스프레이 이탈(spray aberration), 예컨대 스퍼터링이다. 고속 및 승화 CO<sub>2</sub> 입자 스트림은 패시브 정전 대전(5 kV 이상만큼 높음) 및 매우 낮은 혼합 온도(-109 °F만큼 낮음)를 생성한다. 저온 CO<sub>2</sub> 입자는 주입 동안에 고유점 윤활유를 열적 및 정전기적으로 겔화하여 동결된 CO<sub>2</sub> 입자 및 오일의 큰 응집체를 형성하며, 이 응집체는 냉각-윤활 기계가공 스프레이에 최적이지 않다. 유사하게, 정밀 세정 응용을 위해 아세톤 및 메탄올과 같은 저융점 유기 용매를 혼합 노즐 내로 직접 주입하는 것은 CO<sub>2</sub> 입자의 균일한 분포를 갖는 작은 무화 용매 액적의 형성에 제약이 된다. 다량의 유기 용매 첨가제는 형성 동안에 용질 CO<sub>2</sub> 입자에 대한 히트 싱크(heat sink)(및 용매)의 역할을 하여, CO<sub>2</sub> 입자가 표면으로의 이행 시에 매우 급속하게 승화되게 한다. 그 결과, 어떠한 인지 가능한 양의 CO<sub>2</sub> 입자도 존재하지 않는 액체 용매의 매우 저온 무화 스프레이를 함유하는 매우 단거리의 세정 스프레이가 생성된다.

[0023] 도 3은 도 2(미국 특허 제 7,451,941 호)에서 설명된 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 시스템과 함께 사용하기 위한 외부 코안다-유동 첨가제 주입 수단을 사용하는 동축 스프레이 혼합 노즐을 개시하는, 제 1 발명자에 의해 개발된 종래 기술의 미국 특허 제 7,389,941 호(도 2)에서 발췌한 것이다. 도 3의 신규 스프레이 노즐은 도 2에서 설명된 동축 스프레이 노즐(38)과 상호 교환 가능하고, 미국 특허 제 7,451,941 호에 개시된 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 생성 시스템으로 가능해진다. 도 3에 도시된 바와 같이, 외부 CO<sub>2</sub> 입자 생성기(미국 특허 제 7,451,941 호에 도시되어 있지 않지만 상세하게 개시됨)로부터 유동하는 전달 모세관 튜브(60) 내에 함유된 CO<sub>2</sub> 입자는 외부 추진제 공급 생성기(미국 특허 제 7,451,941 호에 도시되어 있지 않지만 상세하게 개시됨)로부터 유동하는 압력 및 온도 조절된 추진제 가스(62)를 유동시키는 노즐의 중앙 부분 내로 그리고 그것을 통해 공급되며; 이들 모두는 코안다-동축(Coanda-Coaxial) CO<sub>2</sub>-추진제 가스-CO<sub>2</sub> 입자-첨가제 혼합 노즐(64)에 통합되어 있다. 도 2(42)에서 설명된 미국 특허 제 7,451,941 호의 외부적으로 공급된 첨가제 주입 및 내부 동축 혼합 방법과는 상이하게, 미국 특허 제 7,389,941 호의 첨가제 주입 공급 튜브(66)는 CO<sub>2</sub> 입자 공급 튜브(60) 내부에 그리고 그와 동축으로 지지되며, 조정 가능한 원주방향 깎(70) 내로 첨가제(68)를 주입하도록 선택적으로 위치되며, 이 첨가제(68)는 추진제 가스(62)의 제 1 부분과 혼합되어 노즐 내부로부터 코안다 노즐(72)의 외부면 위로 유동한다. CO<sub>2</sub> 입자를 유동시키는 모세관 전달 튜브(60)는 노즐 출구 포트(74) 근처에 CO<sub>2</sub> 입자를 방출하도록 선택적으로 위치되며, 이때 CO<sub>2</sub> 입자는 추진제 가스(62)의 제 2 부분과 혼합되어 추진된다. 추진제 가스 및 첨가제 혼합물의 제 1 부분은 코안다 노즐의 외부면 위에서 노즐 팁(76)을 향해 유동하고, 이때 추진제 가스-첨가제 혼합물은 노즐 출구 포트(74)를 빠져나가는 추진제 가스-CO<sub>2</sub> 입자 혼합물의 제 2 부분 내로 주입되어, 기관 표면(82)에 사출되는(80) CO<sub>2</sub> 입자-추진제 가스-첨가제 조성물(78)을 형성한다. 이와 같이 설명된 코안다 노즐 장치는 미국 특허 제 7,389,941 호에 상세하게 기술되어 있으며, 이를 참조하여 본 명세서에 포함된 미국 특허 제 7,451,941 호의 스프레이 생성 프로세스에 의해 가능해진다.

[0024] 내부 첨가제 주입을 갖는 도 2에서 설명된 미국 특허 제 7,451,941 호의 동축 혼합 노즐(38)과 마찬가지로, 도 3에서 설명된 미국 특허 제 7,389,941 호의 코안다-유동 외부 첨가제 주입 방법은 간접적으로 그렇더라도 유사한 제약을 받는다. 코안다 노즐(76)의 외부면은 정전기적으로 대전되고, 표면 온도는 스프레이 작동 동안에 극저온으로 하강하며, 이 모두는 저온 CO<sub>2</sub> 입자-가스 스프레이의 내부 팽창 및 승화와, 노즐 본체 내에서 그리고 노즐 출구(72) 근처에서의 추진제 가스와의 혼합에 의해 유발된다. 노즐 동결 효과를 완화시키기 위한 수단은 승화 냉각을 상쇄시키도록 추진제 가스 온도를 상당히 증가시키는 것이다. 그러나, 기계가공 응용의 경우, 추진제 가스는 CO<sub>2</sub> 입자(예를 들어, 냉각제)를 보존하고 복합제 스프레이의 전체 냉각 능력 및 효과를 증폭시키기 위해 주변 온도 이상으로 가열되어서는 안 된다. 이러한 현상은 도 3의 장치를 사용하여 첨가제를 함유하지 않은 공기-CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이와 고유점 첨가제를 함유하는 스프레이를 비교함으로써 가장 잘 설명되어 있다.

[0025] 도 4a 및 도 4b는 도 3의 종래 기술의 코안다-동축 스프레이 노즐 장치 및 방법을 사용하여 비가열 공기-CO<sub>2</sub> 복

합제 스프레이와 비가열 공기-CO<sub>2</sub>-오일 복합제 스프레이를 비교하는 사진을 나란히 도시하고 있다. 도 4a에 도시된 바와 같이, 비가열 공기-CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이는 스프레이 작동 동안에 정전기 대전 및 수증기 응축에 의해 유발되는 노즐 팁(90) 상에의 대기 얼음 축적을 나타내지만, CO<sub>2</sub> 입자 주입 속도가 8 lbs/시간(또는 그 미만)으로 제어된 상태로 유지되고 추진제 압력이 70 psi 및 70 °F(또는 그 초과)로 유지되어 과도한 노즐 팁 응축 및 결빙을 방지하면, 전체적으로 복합제 스프레이(92)는 잘 형성되고 안정적으로 유지된다. 이제 도 4b를 참조하면, 도 4에서와 동일한 공기-CO<sub>2</sub> 입자 복합제 스프레이 조건을 사용하여, 고융점 바이오계 오일은 모세관 공급 튜브(도 3, 66)를 통해 약 70 ml/시간으로 주입된다. 도 4b에서 알 수 있는 바와 같이, 짧은 기간의 스프레이 작동 후에, 오일 첨가제는 전체 코안다 주입 표면(104) 상에의 대기 얼음 축적과 함께 대전, 결화 및 응집되기 시작한다. 축적은 코안다 노즐 팁(도 4a, 90)으로부터 외측으로 연장되는 동결된 오일 매스(106)로서 관찰된다. 이것이 진행됨에 따라, 노즐 팁 축적물(106)은 중앙 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이(108)를 방해하여, 절삭 공구, 워크피스 및 칩을 포함하는 냉각 구역(110)에의 도포 동안에 냉각-유회 스프레이가 불안정하고 가변적이거나, 일정하지 않은 유회 첨가제를 함유하거나, 유회 첨가제를 함유하지 않게 된다.

[0026] CO<sub>2</sub> 스프레이의 생성 및 사출은 정전기 대전을 생성한다. 이러한 마찰 대전 현상은 상이한 작동 기능을 갖는 표면, 예를 들어 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이션을 제조하는데 사용되는 금속 혼합 노즐 및 폴리에테르에테르케톤(PEEK) 전달 모세관 튜브와, 고속 및 승화 CO<sub>2</sub> 입자(유전체)의 접촉에 의해 유발된다. 종래 기술을 참조하여 본원에서 이미 논의된 정전하 축적을 완화시키기 위한 조치는 직접 또는 간접적으로 CO<sub>2</sub> 스프레이 내로 이온화 가스를 주입하는 것뿐만 아니라, 노즐을 접지하거나 분로(shunt)하는 것을 포함한다. 그러나, 이러한 조치가 있음에도 불구하고, CO<sub>2</sub> 입자 스프레이는 기관 표면으로의 궤적 동안에 분위기 내에서 격렬하게 팽창 및 이동함에 따라 마찰 대전을 계속한다. 또한, 상대적으로 전하-중성인 경우에도, CO<sub>2</sub> 스프레이는 충돌 동안에 기관 표면을 마찰 대전시킬 것이다. 이와 같이, CO<sub>2</sub> 스프레이 처리 동안에 기관 표면 상의 정전하를 완화시키기 위한 최선의 해결책은 기관 접지 또는 분로 수단을 통해, 그리고 스프레이 처리 동안의 기관에의 별개의 이온화 유체 또는 방사선의 사출을 통한 것이라는 것이 당업자에게 공지되어 있다. 예를 들어, 제 1 발명자에 의해 공동 개발된 미국 특허 제 9,352,355 호는 작동 동안에 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 및 기관 표면 모두와 동시에 접촉시키기 위해 대기 플라즈마(전기 전도성 처리 유체)를 사용하는 예시적인 표면 분로 수단이다. 접촉하는 표면으로부터 직접적으로 플라즈마 플룸(plasma plume) 내로 마찰 전하를 배출함으로써 표면 전하 축적이 완화된다. '355 장치 및 방법은 효과적인 표면 세정 및 변형을 제공하면서, 동시에 처리 스프레이 및 처리된 표면의 정전기 대전을 제어하는 하이브리드 처리 프로세스이다.

[0027] 요약하면, CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이에서 정전기적으로 무화된 첨가제의 형성을 강화하기 위한 직접 대전 방법은 미국 특허 제 7,389,941 호에서 제 1 발명자에 의해 교시되어 있으며, 고전압(HV) 전원 공급장치 및 와이어를 사용한 유동성 첨가제에 대한 고전압(HV)의 인가를 포함한다. 첨가제 혼합물은 코안다 노즐 내로의 주입 및 이후에 마찰 대전된 CO<sub>2</sub> 복합물 스프레이 내로의 혼합 이전에 높게 대전된다. CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이에 패시브 대전된 첨가제를 형성하기 위해 마찰 대전된 CO<sub>2</sub> 복합물 스프레이가 형성되고 있을 때 마찰 대전된 CO<sub>2</sub> 복합물 스프레이 내로 첨가제를 직접 주입하는 것을 포함하는 간접 대전 방법이 또한 미국 특허 제 7,451,941 호에서 제 1 발명자에 의해 교시되어 있다. 그러나, 이들 기술 모두에 의한 공동적인 제약, 특히 고융점 첨가제를 사용하는 경우의 제약은 두 가지라는 것이 종래 기술의 논의로부터 명백하다: (1) 매우 낮은 CO<sub>2</sub> 입자-가스 혼합물 온도(직접적인 본체 간 열 전달)로 인한 첨가제의 제어되지 않은 상 변화와, (2) 무화 및 응축 현상 이전의 첨가제의 조기 정전기 대전 또는 마찰 대전(직접적인 본체 간 전하 전달). 이와 같이, 종래 기술에 사용된 일체형의 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 혼합 노즐 방식은 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 형성의 정전기 대전, 첨가제 주입 및 혼합 단계의 집약성(locality)과 관련하여 상당한 상충을 갖는다.

[0028] 이와 같이 종래 기술을 상세하게 논의했으므로, 개선된 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 도포 방법 및 장치에 대한 필요성이 존재한다는 것이 명백하다. 하기의 논의는 전술한 제약조건을 해결하는, 사실상 임의의 유동성 공기-첨가제 조성물을 동축으로 주입, 무화, 정전기 대전 및 분산시키기 위한 신규 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이션 및 방법의 양태를 설명하고 있다. 본 양태는 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이를 제조하기 위한 장치를 제공한다.

[0029] 본 발명의 제 1 양태에서, CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐은 축 대칭으로 배열된 캐소드 어레이로서 이용되며, 캐소드 어레이 내에는 애노드로서 거동하는 첨가제 주입 노즐이 위치되어, 스프레이 작동 동안에 공기 중에서 그들 사이에 강한 이온화 정전기장을 생성한다. CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐 및 CO<sub>2</sub> 입자는 주변에 비해 과도한 전자의 존재로 인해 높게 대전되어 있다. 첨가제 스프레이 노즐 및 무화 입자는 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이에 대해 반대로 대전된다. 본 발명자들은 오하이오주 신시내티 소재의 엑스어어 코포레이션(Exair Corporation)으로부터 입수 가능한 Exair Static Meter, Model 7905를 사용하여 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 혼합 노즐을 둘러싸고 있는 공기 중에 생성된 정전기장을 측정하였다. 제 1 발명자에 의해 공동 개발된, 본 발명과 함께 사용하기 위한 바람직한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 시스템은 미국 특허 제 9,221,067 호이며, 이를 참조하여 본원에 포함된다. '067(도 4a)에 도시된 바와 같이, 스테인리스강 초음속 혼합 노즐('067, 도 4a(116))에 통합된 단일의 0.008 인치 PEEK 모세관 스로틀('067, 도 4a(114))을 사용하는 비접지 동축 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션이 사용되었다. 동축 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션은 1200 psi의 CO<sub>2</sub> 스로틀 모세관 압력, 80 psi의 추진제 압력 및 50 °C의 추진제 온도에서 작동되었다. 이러한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 조건 하에서, 약 1 인치 떨어져서 상기 CO<sub>2</sub> 스프레이 혼합 노즐을 둘러싸고 그에 인접한 에어 갭 내의 위치에 5 kV/인치의 강한 정전기장이 존재한다. 이와 같이, CO<sub>2</sub> 스프레이 혼합 노즐(즉, 캐소드로서 거동함)은 공기 중에 매우 강한 이온화 정전기장을 방출하고, 이 정전기장은 유전체 공기 갭에 의해 분리된 공간에 첨가제 입자의 인접하고 평행하게 유동하는 분위기(즉, 애노드로서 거동함)를 정전기적으로 대전하는데 사용될 수 있다. 스프레이 무화, 충전 및 혼합 단계는 기관 표면으로의 궤적 동안에 CO<sub>2</sub> 입자 및 첨가제 주입 노즐로부터 하류에서 공기 중에서 수행되어, 통합된 공기-CO<sub>2</sub>-첨가제 혼합 노즐 방식을 사용하여 종래 기술에 존재하는 동결, 막힘 및 스퍼터링과 같은 스프레이 형성 제약조건을 완화시킨다.

[0030] 다른 양태에서, 클러스터 노즐 배열은 대칭적이고 고속인 다수의 주변 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이로 인해 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 유동장의 원주부 주위에 대칭적으로 상당하고 평행한 공기 유동을 유도한다. 많은 공기 유동 유도는 분위기 드래그(atmospheric drag)를 감소시키고, CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이의 유효 처리 범위(즉, 스프레이 궤적)를 확장시킨다.

[0031] 본 발명의 또 다른 양태에서, 내부 첨가제 주입 노즐은 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐과 동일한 압력 및 온도 조절된 추진제 가스 공급원을 사용할 수 있지만, 원격 첨가제 공급부로부터의 별개의 동축 첨가제 공급 모세관을 사용한다. 첨가제 주입기를 위한 혼합 노즐은 외부 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐 어레이보다 느린(즉, 보다 고압인) 속도를 갖는 무화 첨가제 스프레이를 생성하도록 설계된다. 이것은 축 대칭으로 배열된 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 내로의 무화(및 패시브 대전)된 첨가제 입자의 혼입을 향상시킨다. 본 발명의 이들 및 다른 양태는 도 5 내지 도 14를 참조하여 가장 잘 이해될 것이다.

[0032] 도 5a 및 도 5b는 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 장치를 형성하기 위한 예시적인 정전기장 생성 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐, 첨가제 주입 노즐, 및 이들의 축 대칭 클러스터링 배열의 기본 양태 및 기능을 개략적으로 도시하고 있다. 도 5a에는 본 발명을 실시하는데 필요한 3개의 기본 구성요소가 도시되어 있다. 이들은 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 생성 시스템(110), 첨가제 주입 시스템(112), 및 본 발명의 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션(114)을 포함한다. 도 5a에 도시된 예시적인 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션(114)은 가요성 및 동축성 유체 전달 라인 및 튜브 조립체에 대해 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 생성 시스템(110) 및 첨가제 주입 시스템(112) 모두에 유체적으로 연결된다. CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 전달 조립체는 압력 및 온도 조절된 과포화 CO<sub>2</sub> 유체(118)를 제공하는 폴리에테르에테르케톤(PEEK) 모세관 튜브(116)를 포함한다. 첨가제 주입 시스템(112)은 액체 첨가제, 또는 액체 및 고체를 포함하는 첨가제의 혼합물을 수용하는 저장조(128)로부터 첨가제 공급 라인(126)에 의해 공급되는 압력 조절식 펌프(124)를 사용하여 가요성 모세관 전달 튜브(122)에 대해 조정 가능한 양의 첨가제(120)를 제공한다. 첨가제 전달 튜브(122)는 접지(132)에 연결되고 첨가제 전달 튜브(122) 내부의 전체 내부 길이를 횡단하는 선택적인 작은 접지 와이어(130)를 수용한다. 접지 와이어(130)는 첨가제 전달 튜브(122)를 통해 유동하는 첨가제를 위한 정전하 인덕터(electrostatic charge inductor)로서 기능한다. 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션(114)은 단일 첨가제 주입 노즐(136)을 중심으로 축 대칭으로 위치한 2개 이상의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 혼합 노즐(134)의 어레이를 포함한다. CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 혼

합 노즐(134)은 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이(도시되지 않음)를 형성하기 위해, 과포화 CO<sub>2</sub>(118)로부터 노즐(134)에서 생성된 미세화된(micronized) CO<sub>2</sub> 입자와 압력 및 온도 조절된 추진제 가스(138)를 결합시키며, 이들 양 유체는 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 생성기(110)에 의해 제공된다. 첨가제 주입 노즐(136)은 동일한 압력 및 온도 조절된 추진제 가스(138)와 첨가제 유체(120)를 결합시켜 무화 첨가제 스프레이(도시되지 않음)를 형성한다. 본 발명과 함께 사용하기에 바람직한 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 생성 시스템(110)은 미국 특허 제 9,221,067 호 및 제 7,451,941 호에 상세하게 개시되어 있으며, 캘리포니아주 산타 클라리타 소재의 클린로직스 엘엘씨로부터 상업적으로 입수 가능하며, 이들 문헌 모두는 이를 참조하여 본 명세서에 포함된다. 본 발명과 함께 사용하기에 적합한 예시적인 첨가제 주입 시스템(112) 및 바이오계 금속가공 윤활 첨가제(120)는 일리노이주 글렌뷰 소재의 아티더블유 로콜 노쓰 아메리카(ITW ROCOL North America)로부터 입수 가능하다.

[0033] 도 5b는 도 5a에 도시된 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134) 및 단일 첨가제 주입 노즐(136)의 보다 상세한 설명을 제공한다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합 스프레이 어플리케이션(114)은 원통형 또는 관형 스프레이 어플리케이션 본체(140)의 면 상에 모두 위치한 다수의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134) 사이의 중앙에 위치한 단일 첨가제 주입 노즐(136)을 포함한다. CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)은 CO<sub>2</sub> 입자와 접촉될 때 패시브 마찰 대전되는 재료로 제작되며, 예를 들어 스테인리스강과 같은 금속은 CO<sub>2</sub> 마찰 대전 동안에 매우 강한 정전기장을 생성한다. 스프레이 어플리케이션 본체(140)는 예를 들어 스테인리스강, 알루미늄 또는 Delrin®과 같은 중합체를 포함하는 다양한 재료로 구성될 수 있다. 또한, 스프레이 어플리케이션 본체(140)는 3D-인쇄된 어플리케이션 하우징 내에 수용되어, 작동 동안에 스프레이 어플리케이션 본체(140)를 장착하거나 핸들링하고 조작하기 위한 수단을 제공할 수 있고, 예를 들어 로봇 엔드-이펙터(robot end-effector)를 위한 마운트(mount)를 제공하거나 수동 스프레이 작업을 위한 핸들(handle)을 제공할 수 있다.

[0034] 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 스프레이 어플리케이션의 일반적인 특징 및 배열을 설명하였으므로, 하기에서는 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134) 및 첨가제 주입 스프레이 노즐(136)에 대해 보다 상세하게 설명된다. 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)을 참조하면, 동축 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐은 2개의 구성요소를 포함한다: (1) 압력 및 온도 제어된 추진제 가스(144)를 유동시키기 위한 외부 추진제 가스 도관(142)과, (2) 미세화된 CO<sub>2</sub> 입자(148)를 유동시키기 위한 내부 중합체 CO<sub>2</sub> 입자 도관(146). 동축 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)의 바람직한 구성 및 배열은 미국 특허 제 9,221,067 호 및 제 7,451,941 호에 상세하게 개시되어 있으며, 이들 모두는 이를 참조하여 본 발명에 포함된다.

[0035] 예시적인 첨가제 주입 스프레이 노즐(136)을 참조하면, 동축 첨가제 스프레이 노즐은 3개의 구성요소를 포함한다: (1) 이러한 예시적인 어플리케이션의 경우 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)과 동일한 공급원인 압력 및 온도 제어된 추진제 가스(144)를 유동시키기 위한 외부 추진제 가스 도관(150)과, (2) 압력 및 온도 조절된 첨가제(154)를 유동시키기 위한 내부 중합체 첨가제 도관(152)과, (3) 첨가제 주입 노즐(136)에 공급하는 첨가제 주입 튜브(도 5a, 122)의 길이를 횡단하는 선택적인 금속 접지 와이어(130). 마지막으로, 이와 같이 설명된 예시적인 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 어플리케이션의 작동 동안에, 중합체 CO<sub>2</sub> 입자 첨가제 도관(146) 및 금속 노즐(142) 내에서의 CO<sub>2</sub> 입자 마찰 대전은 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐(134)과 첨가제 주입 스프레이 노즐(136) 사이에 정전기장(156)을 생성한다.

[0036] 도 6a, 도 6b 및 도 6c는 본 발명과 함께 사용하기 위한 예시적인 축 대칭 클러스터 스프레이 노즐 구성을 도시하고 있다. 도 6a는 2개의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)에 의해 공통 스프레이 어플리케이션 본체(140) 상에 축 대칭으로 한정된 하나의 첨가제 주입 노즐(136)을 포함하는 2x1 클러스터 노즐 배열을 도시한다. 도 6b는 3개의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)에 의해 공통 스프레이 어플리케이션 본체(140) 상에 축 대칭으로 한정된 하나의 첨가제 주입 노즐(136)을 포함하는 3x1 클러스터 노즐 배열을 도시한다. 마지막으로, 도 6c는 8개의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐(134)에 의해 공통 스프레이 어플리케이션 본체(140) 상에 축 대칭으로 한정된 하나의 첨가제 주입 노즐(136)을 포함하는 8x1 클러스터 노즐 배열을 도시한다.

[0037] 도 7a 및 도 7b는 공중 및 방사상 스프레이 밀도 모두를 조정하기 위한 다중 클러스터 스프레이 어플리케이션의 배열을 도시하고 있다. 도 7a는 7개의 8x1 클러스터 스프레이 노즐(160)의 축 대칭 배열을 도시한다. 개별 클

러스터 스프레이 어플리케이션은 또한 x 축(162) 및 y 축(164) 모두에서 증첩하는 스프레이를 생성하도록 회전될 수 있다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 상이한 스프레이 노즐 구성 및 회전을 갖는 다수의 클러스터 스프레이 어플리케이션을 사용함으로써, 방사상 스프레이 밀도(166) 및 공중 스프레이 밀도(168) 모두의 조정이 제공된다.

[0038]

도 8은 중앙에 배치된 첨가제 주입 노즐 주위에 그리고 축 대칭으로 배치된 대전된 캐리어 노즐 사이에 설정된 대칭적인 정전기장을 도시하는 개략도이다. 도 8은 대전된 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 입자(172)를 생성하는 축 대칭으로 배열된 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 노즐(134) 사이에 위치한, 무화된 첨가제 입자(170)를 생성하는 중앙 금속 첨가제 노즐(136)을 도시하고 있으며, 이들 모두는 스프레이 어플리케이션 본체(140)의 면에 위치된다. 무화된 첨가물 입자(170)는 음으로 대전된 CO<sub>2</sub> 입자(172)를 생성하는 축 대칭 금속 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐(134)에 대해 상대적으로 전하 중성 또는 양성이다. 스프레이 작동 동안의 이러한 배열의 결과는 중앙 스프레이 노즐과 외부 스프레이 노즐 사이에 정전기장(174)의 설정이다. 본 발명의 패시브 정전식 스프레이 어플리케이션은 중앙 애노드로서 거동하는 첨가제 주입 노즐(136)과, 대전된 캐소드로서 거동하는 축 대칭으로 배열된 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 노즐(134)을 포함한다. CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐(134) 내에서의 노즐 본체 표면(176)과 내부 모세관 사이에서의 CO<sub>2</sub> 입자의 마찰 대전에 의해 전자가 생성된다. 또한, 대전된 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이는 동일한 정전하로 인해 서로 반발한다(178). 중앙 첨가제 스프레이보다 빠른 속도와 조합된 정전기 반발은 스프레이의 대칭성을 유지하고, 클러스터 스프레이 노즐 어레이의 하류까지 첨가제의 혼입을 약간 지연시킨다.

[0039]

도 9는 첨가제를 함유하는 정전기적으로 대전되고 균질한 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 혼합물을 생성하는, 공기 중에 패시브 대전된 CO<sub>2</sub> 입자 및 첨가제 입자를 포함하는 공간에서의 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이의 형성과, 예시적인 기관에의 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이의 도포를 묘사한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 본원에서 논의된 기본적인 패시브 정전식 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 클러스터 노즐은 2개의 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 노즐(134)에 의해 둘러싸인 중앙에 위치한 첨가제 주입 노즐(136)을 포함하는 스프레이 노즐의 2x1 축 대칭 배열이다. 압력 및 온도 조절된 추진제 가스 스트림에 의해 비말동반 및 추진되는 마찰 대전된 CO<sub>2</sub> 입자는 첨가물 주입 스프레이보다 빠른 속도(Vc)로 공간 내로 사출되는 공기-CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이(180)를 형성한다. 그에 따라 형성된 공기-CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이(180)는 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐(134)과 첨가제 주입 노즐(136) 사이의 공간에서 분위기 공기 유동(182)을 유도하고, 클러스터 스프레이 노즐 어플리케이션 주위의 원주방향 공간에서 분위기 공기 유동(184)을 유도한다. 동일한 압력 및 온도 조절된 추진제 가스 스트림에 비말동반된 상대적으로 전하 중성이고 무화된 첨가제 입자는 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이보다 느린 속도(Va)로 이동하는 공기-첨가제 스프레이(186)를 형성한다. 본원의 도 11 및 도 12에서 상세하게 논의된 바와 같이, 동등한 추진제 압력 입력에서 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐(134)과 첨가제 주입 스프레이 노즐(136) 사이의 속도 차이는 상이한 노즐 디자인을 사용하여 달성된다. 스프레이 작동 동안에, 이러한 클러스터 노즐 배열은 정전기장(188) 및 스프레이 속도(190) 구배 모두를 생성하여, CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이에 의한 첨가제 입자의 급속한 정전기 대전 및 비말동반을 야기해서 스프레이 어플리케이션으로부터의 하류에 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이(192)를 형성한다. 추진제 압력 입력에 의존하는 클러스터 스프레이 어플리케이션 노즐로부터의 하류의 소정 거리에서, 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이는 혼합되어 균질하게 대전되고 첨가제-분산된 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이(194)를 형성하고, 이 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이(194)는 기관 표면(198)으로 지향된다(196). 기관 표면(198)은 접지(200)될 수 있거나, 높게 대전된 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 입자 에어로졸 스프레이(194)에 대해 상대적으로 접지로서 거동할 수 있다.

[0040]

도 10a, 도 10b, 도 10c, 도 10d 및 도 10e는 본 발명과 함께 사용하기 위한 패시브 정전하 생성 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 노즐을 위한 예시적인 디자인의 측면, 배면 및 정면 및 슬라이스형 등각도를 제공한다. 도 10a(측면도)에 도시된 바와 같이, 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합체 스프레이 노즐(134)은, 스프레이 어플리케이션 본체(도 5b, 140)의 축 대칭 원주방향 위치의 부착을 허용하는 나사형 베이스(threaded base)(210)와, 챔퍼형 노즐 출구(chamfered nozzle exit)(212)와, 3개의 로브형 추진제 가스 유동 채널(lobed propellant gas flow channel)(216)에 의해 한정된 PEEK CO<sub>2</sub> 입자 전달 튜브(도시되지 않음)의 삽입 및 중심설정을 위한 관통-포트형 내부 공간(214)을 갖는 스테인리스강 동축 추진제 가스-CO<sub>2</sub> 입자 혼합 본체이다. 추진제 가스 유동 채널(216)

은 방전 가공(EDM)을 사용하여 생성되고, 초음속 추진제 가스를 유동시키는 PEEK CO<sub>2</sub> 입자 전달 튜브(도시되지 않음)를 중심설정 및 고정하기 위한 3-점 크래들(three-point cradle)을 제공한다. 도 10b(배면도)에 도시된 바와 같이, 나사형 베이스(210)는 노즐 밀봉면(218)을 포함하고, 관통-포트형 내부 공간은 편평한 크래들 베이스(220)를 나타내며, 이 편평한 크래들 베이스(220) 상에서, PEEK CO<sub>2</sub> 입자 전달 튜브(도시되지 않음)가 임의의 2개의 EDM 추진제 유동 채널(216)의 교차부 사이의 제위치로 슬라이딩한다. 마지막으로, 도 10c(정면도)에 도시된 바와 같이, 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐은 3개의 EDM 추진제 유동 채널(216) 사이의 교차부에 생성된 적어도 3개 이상의 중앙에 위치되고 분포하는 바아(220) 사이에 떠받쳐져 있는 중앙에 위치한 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(222)를 포함한다(미국 특허 제 9,221,067 호(도 4b, "조정 가능한 팽창 튜브 조립체", (502) 참조). 이와 같이 설명된 예시적인 동축 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐은 첨가제 주입 스프레이 노즐보다 빠른 속도를 갖는 공기 및 CO<sub>2</sub> 입자의 유동을 생성한다.

[0041]

도 10d 및 도 10e는 본 발명의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐의 내부 디자인 및 작동 양태의 보다 상세한 도면을 제공한다. 도 10d는 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐의 정면도이다. 본 발명의 제 1 발명자에 의한 미국 특허 제 9,221,067 호(도 4b, "조정 가능한 팽창 튜브 조립체"(502))를 참조하면, 본 발명의 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐은 EDM 추진제 채널(216)을 통해 유동하는 추진제 가스 내로 미세화된 CO<sub>2</sub> 입자를 주입하는, '067(도 4b)에 개시된 참조된 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(222)를 중심설정 및 위치설정하고, 내부에 생성된 정전하를 선택적으로 분포(400) 및 지향시키기 위한 신규한 방법 및 장치를 제공한다. 분포 회로(402)가 접지(404)에 연결되는 경우, 정전하는 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(222)의 외부면 및 노즐 표면(406)으로부터 내부 EDM 분로 바아(220)를 따라 그리고 내부 EDM 분로 바아(220)를 통해 지향된다. 이제 도 10e를 참조하면, 비교적 긴 내부 EDM 분로 바아(220)는 0.25 인치 내지 6 인치 또는 그 초과와 길이를 가지며, 도 10d의 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(222)는 노즐 팁(410)으로부터 노즐 공동(412) 내의 위치까지 EDM 분로 바아(220)의 횡단부(408)를 따라 노즐 본체의 가장 중앙 영역 내에 선택적으로 위치된다. 3개 이상의 EDM 분로 바아(220) 사이의 직경은 분로 바아 랜드 표면과 도 10d의 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(222)의 외부면 사이에 슬립 접촉 끼워맞춤(slip contact fit)을 제공하도록 사전결정된다. 조정 가능한 팽창 튜브 조립체(도 10d(222))의 배출(또는 주입) 위치, 특히 미세화된 CO<sub>2</sub> 입자가 초음속 추진제 유동 채널(216) 내로 주입되는 위치는 본 발명의 제 1 발명자에 의한 미국 특허 제 9,227,215 호를 사용하여 결정된 바와 같은 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이에 대한 최적의 스프레이 플룸 프로파일의 개발에 기초하여 결정된다. 마지막으로, 도 10d에 설명된 분로 메커니즘은 노즐 본체를 위한 접지 요소(414)의 선택적 적용에 의해 구현된다. 노즐 연결부(414)가 접지되면, 정전하가 노즐 본체로부터 멀리 접지로 유동한다. 노즐 연결부(414)가 접지되지 않으면, 정전하는 노즐 본체 팁(410) 내에 저장되고 노즐 본체 팁(410)으로부터 스프레이 스트림 내로 배출된다.

[0042]

도 11a, 도 11b 및 도 11c는 본 발명과 함께 사용하기 위한 예시적인 무화 첨가제 주입 노즐을 위한 예시적인 디자인의 측면, 배면 및 정면 등각도를 제공한다. 도 11a(측면도)에 도시된 바와 같이, 예시적인 첨가제 주입 스프레이 노즐(136)은 스프레이 어플리케이터 본체(도 5b, 140)의 가장 중앙 위치에서의 부착을 허용하는 나사형 베이스(230)와, 챔퍼형 노즐 출구(232)와, PEEK 첨가제 전달 튜브(도시되지 않음)의 삽입을 위한 관통-포트형 원형 내부 공간(234)을 갖는 스테인리스강 동축 추진제 가스-첨가제 입자 혼합 본체이다. 동등한 추진제 가스 압력에 의해서, 도 11의 원형 추진제 가스 유동 채널(234)은 도 10에서 설명된 EDM 추진제 유동 채널과 비교하여 보다 큰 표면적을 가짐으로써 보다 저속의 추진제 가스를 유동시킨다. 도 11b(후면도)에 도시된 바와 같이, 나사형 베이스(230)는 노즐 밀봉면(236) 및 관통-포트형 원형 내부 공간(234)을 포함하며, 관통-포트형 원형 내부 공간(234) 내에는 PEEK 첨가제 입자 전달 튜브(도시되지 않음)가 다소 중앙에 위치된다. 마지막으로, 도 11c(정면도)에 도시된 바와 같이, 예시적인 첨가제 입자 스프레이 노즐은 원형 추진제 가스 유동 채널(240)을 주위에 형성하는 다소 중앙에 위치되고 약간 오목한 PEEK 첨가제 입자 전달 튜브(238)를 포함한다. 이와 같이 설명된 예시적인 동축 첨가제 주입 노즐은 도 10에서 설명된 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐에 의해 생성된 CO<sub>2</sub> 스프레이보다 느린 속도를 갖는 공기 및 첨가제 입자의 유동을 생성한다.

[0043]

도 12a, 도 12b 및 도 12c는 CO<sub>2</sub> 복합재 스프레이 노즐 및 첨가제 주입 노즐을 축 대칭으로 배열하기 위한 4x1 클러스터 스프레이 어플리케이터 본체와, 추진제 공기, CO<sub>2</sub> 입자 및 이들에 사용하기 위한 첨가제를 제공하기 위한 수단에 대한 예시적인 디자인의 배면, 저면 및 정면 등각도를 제공한다. 도 12a(배면도)를 참조하면, 스프레이 어플리케이터 본체(140)의 후면(248)은 예를 들어 PEEK 너트 및 페룰(ferrule) 조립체(모두 도시되지

않음)를 사용하여, 첨가제 전달 튜브 및 그 안에 수용된 선택적 접지 와이어(모두 도시되지 않음)를 삽입 및 부착하기 위해 나사형 첨가제 튜브 입구 포트(250)를 포함한다. 또한, 스프레이 어플리케이션(140)의 후면(248)은 예를 들어 PEEK 너트 및 페룰 조립체(모두 도시되지 않음)를 사용하여 CO<sub>2</sub> 입자 전달 튜브를 삽입 및 부착하기 위해, 첨가제 튜브 입구 포트(250)를 중심으로 축 대칭으로 배열된 4개의 나사형 입구 포트(252)를 포함한다. 나사형 첨가제 입구 포트(250) 및 4개의 CO<sub>2</sub> 입자 입구 포트(252)는 스프레이 어플리케이션 본체(140)의 전체 길이를 횡단하는 관통-포트형 원형 채널로 전이된다. 도 12b에 도시된 바와 같이, 스프레이 어플리케이션 본체(140)의 하부는 첨가제 채널(250) 및 CO<sub>2</sub> 입자 채널(252) 모두를 통해 포팅되고, PEEK 첨가제 및 CO<sub>2</sub> 입자 전달 튜브(모두 도시되지 않음)를 포함하는 모든 스프레이 채널에 압력 및 온도 조절된 추진제 가스의 공통 공급을 동시에 제공하는 나사형 추진제 가스 입구 포트(254)를 포함한다. 마지막으로, 스프레이 어플리케이션의 전면(256)은 도 10 및 도 11에서 각각 설명된 예시적인 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐 및 첨가제 주입 스프레이 노즐을 부착하기 위해 중앙에 위치된 나사형 첨가제 노즐 포트(258) 및 4개의 축 대칭으로 배열된 나사형 CO<sub>2</sub> 스프레이 노즐 포트(260)를 포함한다. 스프레이 어플리케이션 본체는 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 도포에 일반적으로 사용되는 압력 및 온도를 견딜 수 있는 사실상 임의의 재료로 구성될 수 있다. 예시적인 구성 재료는 강철, 알루미늄 및 Delrin®을 포함한다.

[0044] 도 13은 본 발명을 수동 스프레이 세정 또는 코팅 도포 공구로서 사용하기 위한 예시적인 3D 인쇄된 핸드건 조립체의 등각도이다. 도 13을 참조하면, 도 12의 예시적인 스프레이 어플리케이션 본체는 전달 호스(274) 내에 수용된 필요한 PEEK 첨가제 및 CO<sub>2</sub> 전달 모세관 튜브 모두를 통합하기 위해 엔드 캡(272)을 갖는 원통형의 3D 인쇄된 ABS 플라스틱 슈라우드(270)를 통해 돌출하여 있는 첨가제 주입 노즐(136) 및 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐(134)을 갖는 것으로 도시되어 있다. 예시적인 핸드건 조립체는 또한 슈라우드(270) 및 그 안에 수용된 어플리케이션 본체의 하부에 부착되고 추진제 가스 공급 호스(278)를 통합하기 위한 관통-포트를 포함하는 3D 인쇄된 ABS 핸들(276)을 갖는다.

[0045] 도 14는 본 발명의 4x1 클러스터 스프레이 노즐을 사용하여 생성된 비가열 공기-CO<sub>2</sub>-오일 복합제 스프레이의 사진이다. 도 14에 도시된 바와 같이, 클러스터 스프레이 어플리케이션은 80 psi의 추진제 압력, 20 °C의 추진제 온도, 70 ml/시간의 오일 첨가제 주입 속도 및 4 lbs/시간/노즐의 CO<sub>2</sub> 주입 속도로 작동된다. 도 14에서 알 수 있는 바와 같이, 중앙 첨가제 주입 노즐(136) 및 4개의 축 대칭 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐(134)에 의해 생성된 개별 스프레이는 약 2 인치의 하류(280)의 거리에서 별개로 유지된다. 약 4 인치의 하류(282)에서, 스프레이는 약 1.2 인치의 직경을 갖는 원형의 균질한 정전기적으로 대전된 공기-첨가제-CO<sub>2</sub> 입자 스프레이를 형성하도록 완전히 결합되었다. 이것은 압력 시험 필름(284)에 대한 스프레이의 충돌에 의해 생성된 이미지에 나타나 있으며, 그 원본은 밝은 적색이다. 도 14에 도시된 예시적인 스프레이 시험 장치를 사용하여 60 분 동안 지속된 시험 기간(액체 CO<sub>2</sub> 실린더 공급물이 소진될 때까지)에서의 연속 스프레이 작동은 임의의 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 노즐 및 첨가제 주입 노즐 상에 가시적인 착빙(icing), 막힘 및 오일 첨가제 축적을 생성하지 않았다.

[0046] 도 15는 본 발명을 사용한 예시적인 표면 전처리 및 세정 프로세스이다. 특정 세정 응용에서, 예를 들어 티타늄, 알루미늄 및 탄소 섬유 강화 중합체(CFRP)의 구멍 드릴링 및 이들의 스택업(stack-up) 이후에, 표면 오염은 제거하기가 매우 어려울 수 있다. 종래의 구멍 드릴링 프로세스는 물-오일 유제(즉, 냉각제)를 이용한다. 이러한 유형의 냉각제는 오일, 물 및 계면 활성제의 박막을 포함하는 매우 점착성인 표면 잔류물을 남긴다. 본 발명은 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이로 스프레이 세정하기 전에 또는 동시에, 복잡한 표면 오염물을 먼저 가용화(또는 다른 방식으로 변성)시키는 (바람직하게는) 고비점 전처리제의 균일한 코팅을 도포하기 위한 신규한 전처리 프로세스를 구현하는데 사용될 수 있다.

[0047] 전처리-세정 프로세스의 제 1 단계(290)에서, 클러스터 스프레이 어플리케이션은 6 내지 18 인치의 피처리 기판으로부터 거리를 두고 위치되며, 이때 90%(v:v) 휘발성 메틸 실록산(VMS) 및 10%(v:v) 1-헥산올을 포함하는 예시적인 친환경적이고 인간에게 안전한 고비점 전처리 첨가제 조성물이 오염된 표면에 도포되어(292), 복잡한 표면 오염물을 침투 및 변성(또는 탈점착)시키는 균일한 박막을 형성한다. 전처리 단계에 대한 예시적인 클러스터 스프레이 파라미터 범위는 하기를 포함한다:

[0048] CO<sub>2</sub> 주입 속도 : 2 내지 4 lbs/시간/노즐

- [0049] 첨가제 주입 속도 : 10 내지 200 ml/시간
- [0050] 추진제 온도 : 20 내지 40 °C
- [0051] 추진제 압력 : 30 내지 50 psi
- [0052] 이러한 전처리 코팅 프로세스 단계는 본 발명의 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이터를 오염된 표면으로부터 멀리, CO<sub>2</sub> 입자 스프레이가 패시브 정전식 복합제 스프레이 전처리 코팅을 형성 및 전달하는데 유용하지만 침착된 코팅을 제거하지 않도록 표면 충돌 또는 세정 효과를 부과하는데는 유용하지 않는 거리에 위치시킴으로써 달성된다. 예를 들어, 약 6 인치(15cm) 이상의 거리에서, 본 발명의 클러스터 스프레이 어플리케이터는 표면을 사전 코팅하는데 매우 유용하며, 이는 대부분의 CO<sub>2</sub> 입자가 이러한 지점쯤에서 승화되거나 인지 가능한 세정(제거) 효과를 생성하기에 필요한 크기 및 속도가 결여되기 때문이다. 또한, 균일한 전처리 코팅의 형성 및 유지를 용이하게 하기 위해 필요에 따라 CO<sub>2</sub> 주입 압력(즉, CO<sub>2</sub> 입자 밀도), 추진제 압력 및 추진제 온도가 감소될 수 있다.
- [0053] 표면 전처리 단계(292) 이후, 및 선택적으로 표면 전처리제가 표면 오염물 층을 완전히 침투 및 변성시키기 위해 3 내지 600 초 또는 그 초과인 드웰 기간(dwell period)(294) 후에, 전처리 첨가제 주입이 중단되며, 본 발명의 CO<sub>2</sub> 복합제 스프레이 어플리케이터는 기관을 향하여 1 내지 6 인치의 거리 및 표면에 수직인 45° 내지 90°의 스프레이 어플리케이터 각도로 재배치되어(296), 잔류물 전처리제 및 변성된 표면 오염물을 제거하는 정밀 스프레이 세정 단계(300)를 제공한다. 스프레이 세정 단계에 대한 예시적인 클러스터 스프레이 파라미터 범위는 하기를 포함한다:
- [0054] CO<sub>2</sub> 주입 속도 : 2 내지 8 lbs/시간/노즐
- [0055] 첨가제 주입 속도 : 0 ml/시간
- [0056] 추진제 온도 : 40 내지 60 °C
- [0057] 추진제 압력 : 50 내지 120 psi
- [0058] 마지막으로, 이러한 신규한 전처리 세정 프로세스는 핸드헬드형 스프레이 어플리케이터(handheld spray applicator)를 사용하여 수동으로 수행되거나, 로봇 및 엔드-오브-아암(end-of-arm) 스프레이 어플리케이터를 사용하여 자동으로 수행될 수 있다.
- [0059] 본 발명에 사용하기에 적합한 첨가제는 예를 들어 탄화수소, 알코올, 실록산, 테르펜 및 에스테르로부터 유도된 순수 액체 및 이들의 블렌드를 포함한다. 또한, 흑연 나노입자 및 페인트 안료와 같은 고체 입자는 적합한 담체 용매와 블렌딩되어 압력 유동성 또는 폼핑성 액체 현탁액을 형성할 수 있다. 더욱이, 액체 및 현탁액의 오존화 혼합물이 본 발명에서 사용될 수 있다. 마지막으로, 이온화된 가스와 같은 첨가제가 본 발명에서 사용될 수 있다.
- [0060] 본 발명은 코팅, 세정, 소독, 냉각, 전처리, 보존, 페인팅 및/또는 윤활 기능을 제공하기 위한 표면 오염 제거, 표면 코팅 및 정밀 기계가공 응용에 유용하다.
- [0061] 필요에 따라, 본 발명의 상세한 실시예가 본원에 개시되어 있지만; 개시된 실시예는 본 발명의 예시적인 것일 뿐이며, 다양한 형태로 구현될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 본원에 개시된 특정 구조적 및 기능적 세부사항은 제한적인 것으로 해석되어서는 안되며, 단지 청구범위에 대한 기초, 및 사실상 임의의 적절한 상세 구조에 본 발명을 다양하게 이용하도록 당업자에게 교시하기 위한 대표적인 기초로서 해석되어야 한다. 또한, 본원에서 사용된 명칭, 제목, 용어 및 문구는 대상 또는 범위를 제한하고자 의도된 것이 아니며; 오히려, 본 발명의 이해 가능한 설명을 제공하고자 의도된 것이다. 본 발명은 본 발명의 전체 기능의 일부를 독립적으로 제공하고 본 발명의 다른 부분과 조합될 때 시스템 레벨 기능에 기여하는 몇 가지 하위-부분으로 구성된다. 용어 "CO<sub>2</sub>" 및 "CO<sub>2</sub>" 및 이산화탄소는 상호 교환 가능하다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어 "일"("a" 및 "an")은 하나 또는 하나 초과로서 정의된다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어 "복수"는 2개 또는 2개 초과로서 정의된다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어 "다른"은 적어도 제 2 또는 그 이상으로서 정의된다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어를 "구비하는" 및/또는 "갖는"은 "포함하는"(즉, 개방형 용어)으로서 정의된다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "결합된"은 "연결된"으로서 정의되지만, 반드시 직접적인 연결일 필요는 없고 반드시 기계적인 연결일 필요는 없다. 청구범위에서 특정 기능을 수행하기 위한 "수단" 또는 특정 기능을 수행하기 위한 "단계"를 명시적으로 기술하지 않은 임의의 요소는 35 U.S.C. Sec. 112, Parag. 6에 지정된 "수단" 또는

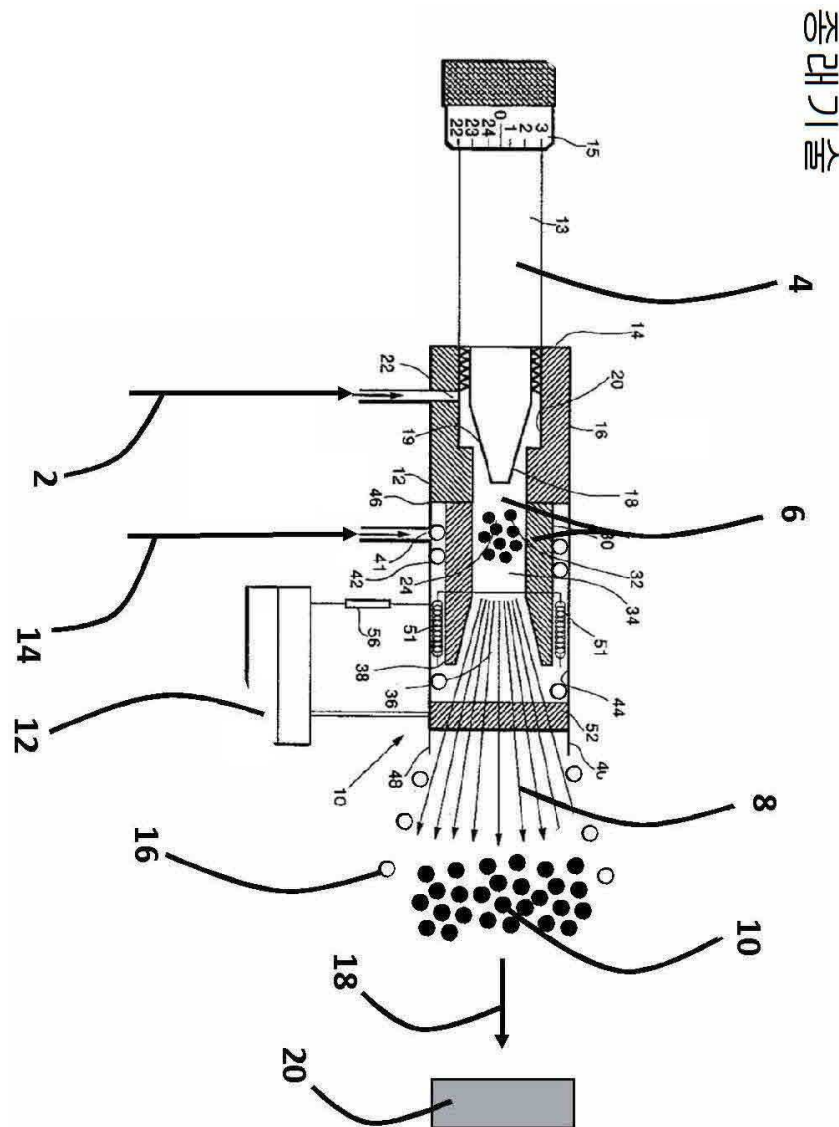
"단계" 조항으로 해석되어서는 안 된다. 특히, 본원의 청구범위에서의 "단계"의 사용은 35 U.S.C. Sec. 112, Parag. 6의 조항을 실시하고자 의도된 것은 아니다.

[0062]

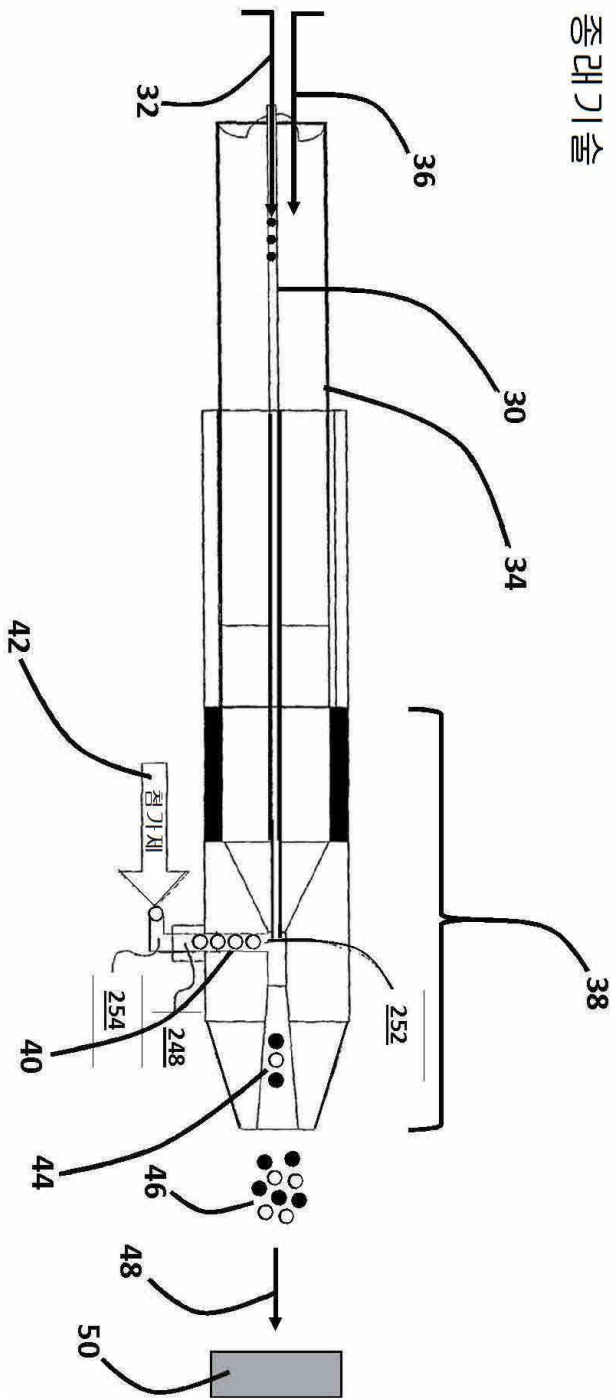
참조문헌의 포함 : 본 명세서에 언급된 모든 연구 논문, 공개, 특허 및 특허 출원은 각각의 개별 공개, 특허 또는 특허 출원이 구체적으로 그리고 개별적으로 참조로 포함되는 것으로 지시된 경우와 동일한 정도로 본원에 참조로 포함된다; 미국 특허 : 제 2052869 호; 제 2302289 호; 제 2894691 호; 제 3047208 호; 제 3117726 호; 제 3628737 호; 제 3702519 호; 제 3708993 호; 제 3743186 호; 제 3795367 호; 제 3801020 호; 제 3806039 호; 제 3984054 호; 제 3985302 호; 제 4038786 호; 제 4046492 호; 제 4195780 호; 제 4336017 호; 제 4341347 호; 제 4385728 호; 제 4389820 호; 제 4555059 호; 제 4703590 호; 제 4707951 호; 제 4749125 호; 제 4776515 호; 제 4801086 호; 제 4806171 호; 제 5056720 호; 제 5125979 호; 제 5170942 호; 제 5222332 호; 제 5312598 호; 제 5402940 호; 제 5409418 호; 제 5591412 호; 제 5611491 호; 제 5704554 호; 제 5725154 호; 제 5765761 호; 제 5918817 호; 제 6039269 호; 제 6056213 호; 제 6105886 호; 제 6125787 호; 제 6708903 호; 제 7097717 호; 제 7389941 호; 제 7451941 호; 제 9352355 호; 제 9221067 호; 제 9227215 호; 및 미국 특허 출원 : 제 2004/0251327 호; 제 2006/0027679 호; 제 2006/0071091 호.

도면

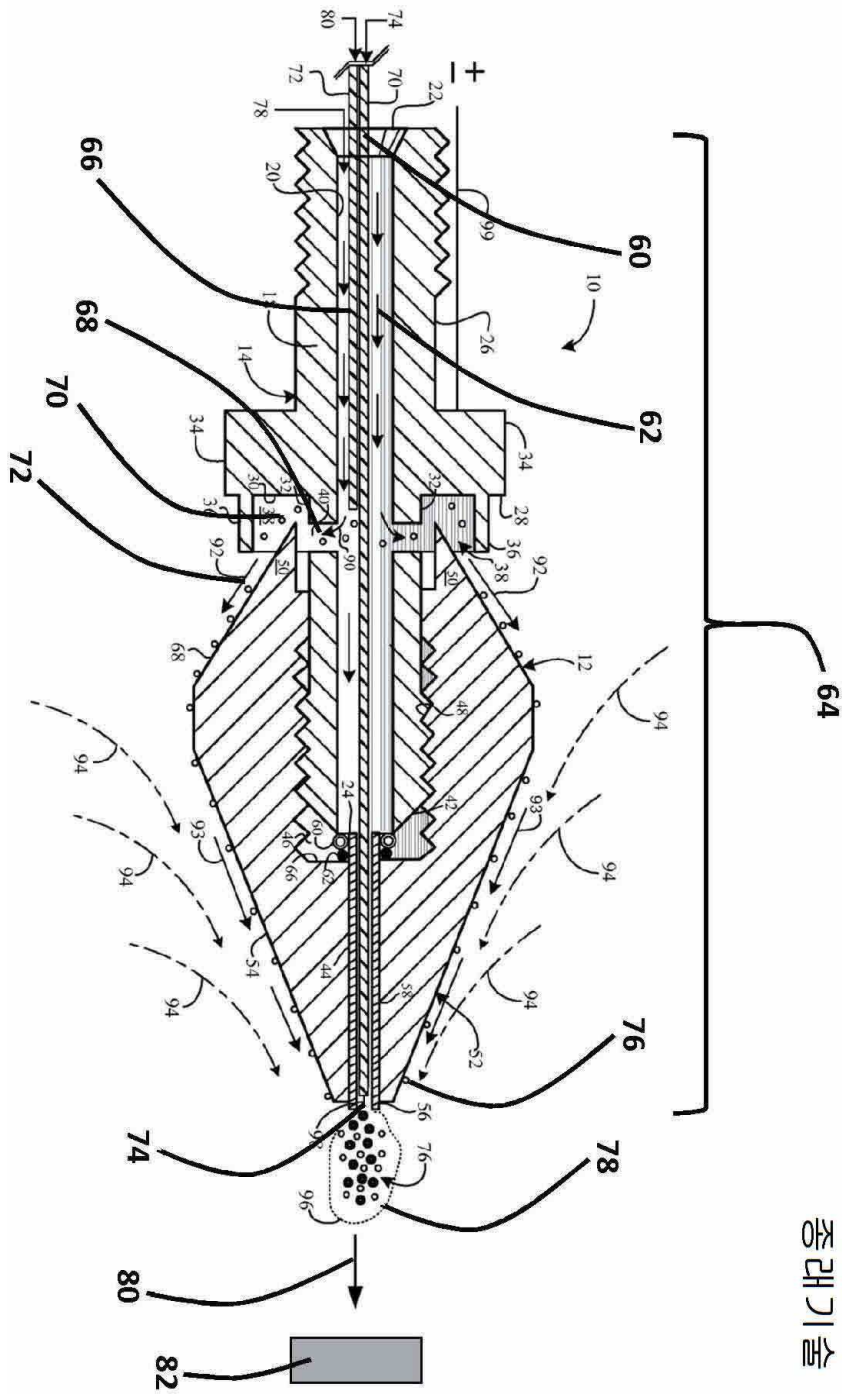
도면1



증래기술

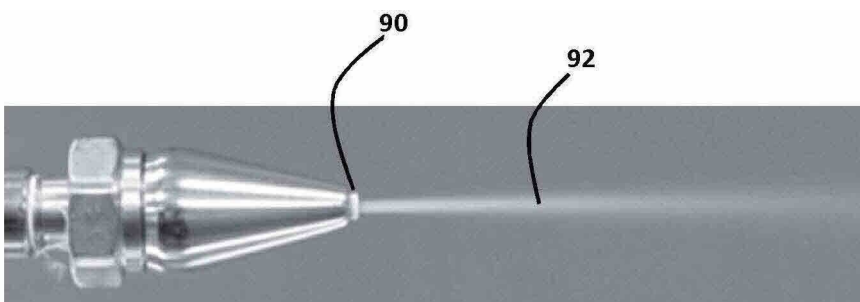


도면3

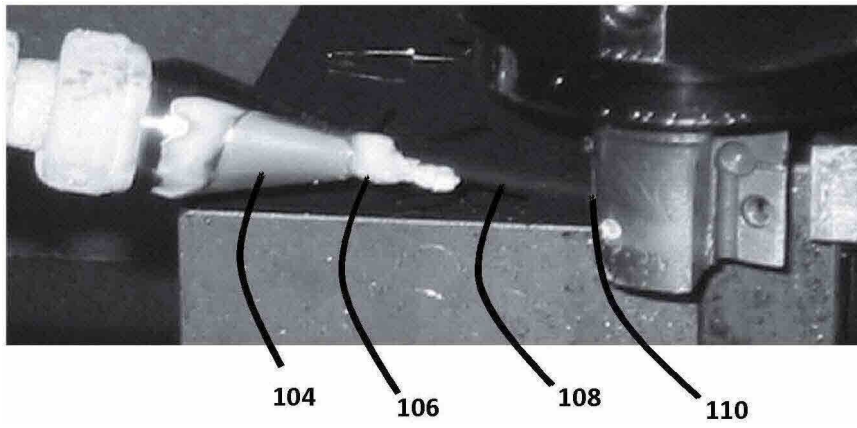


종래기술

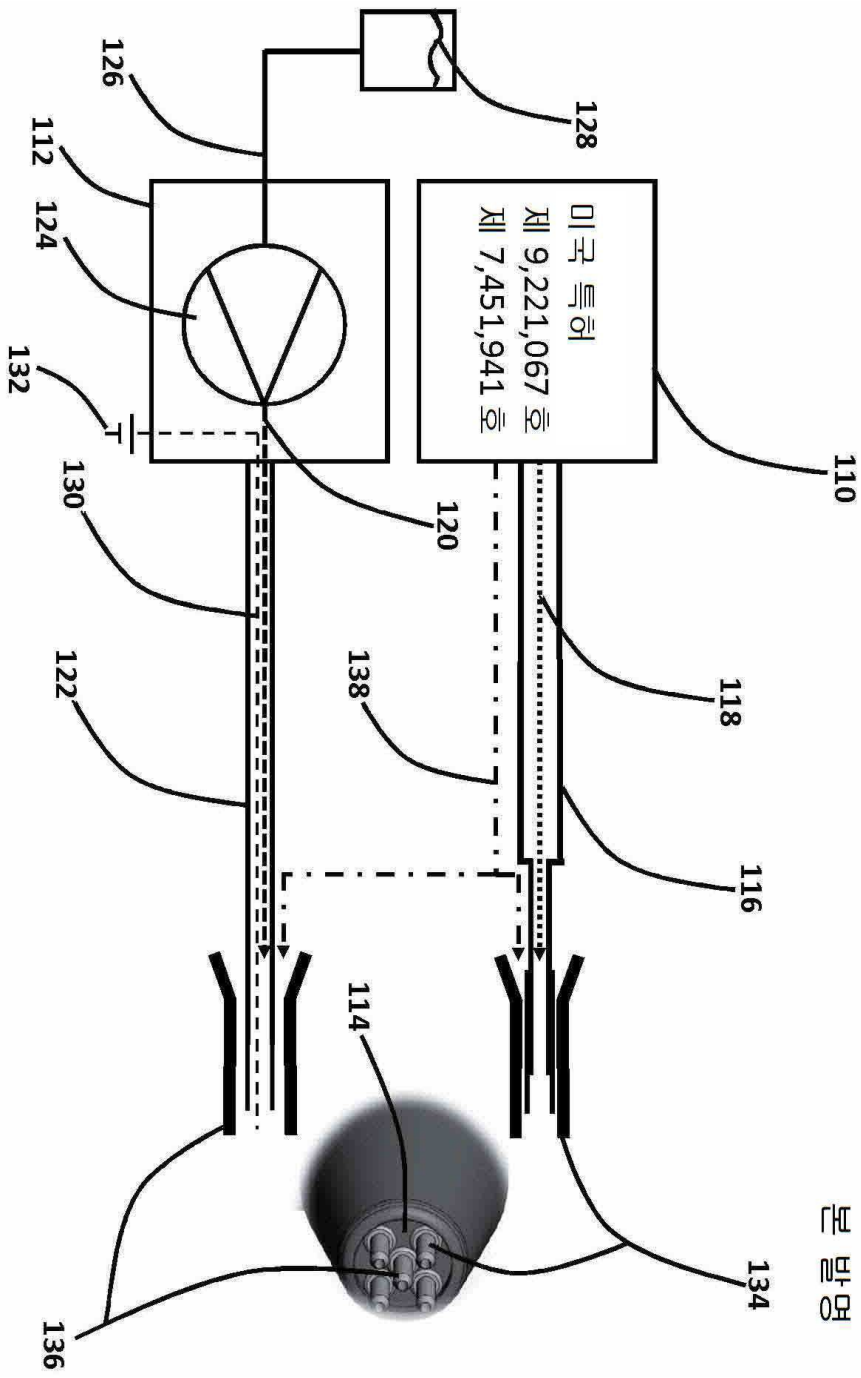
도면4a



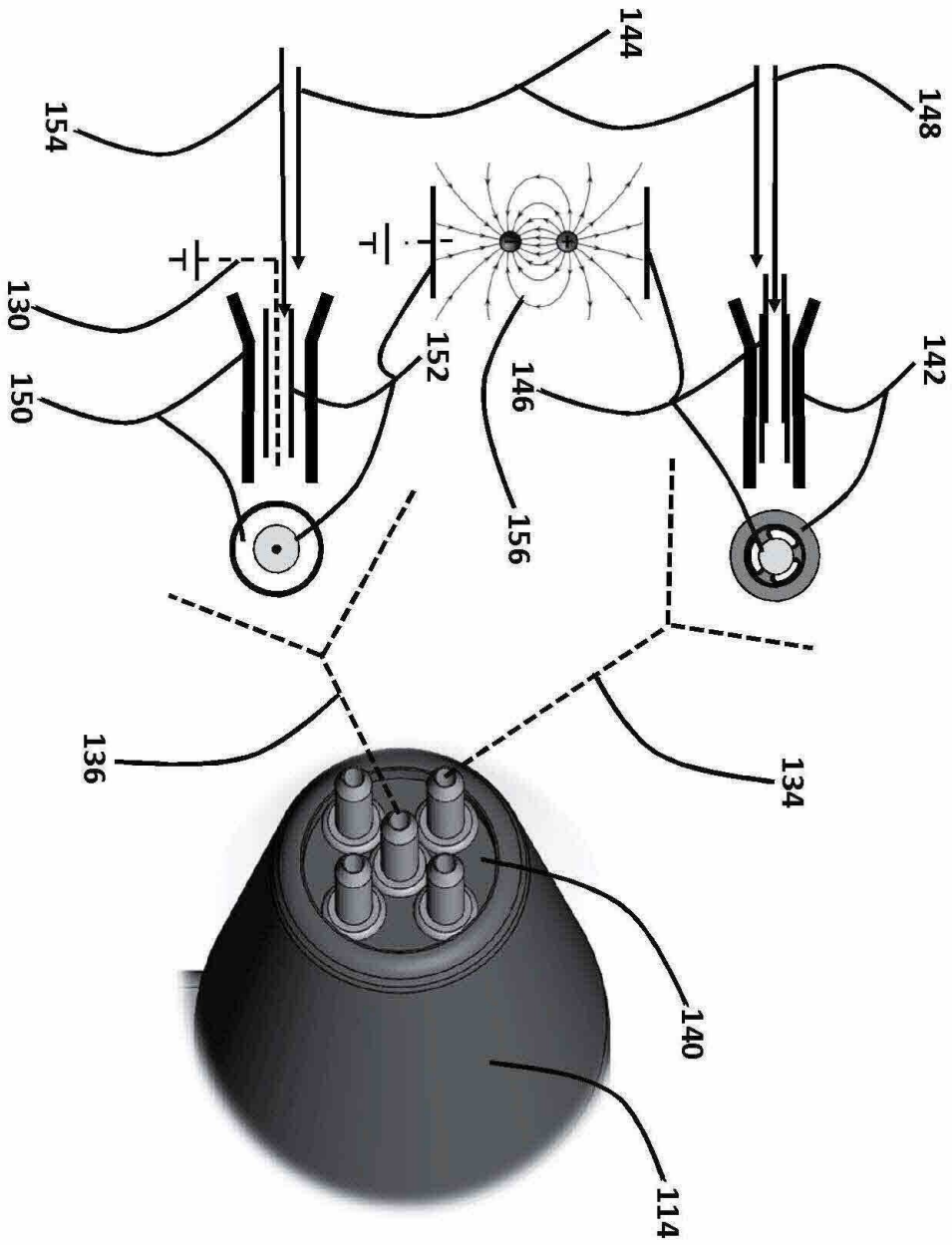
도면4b



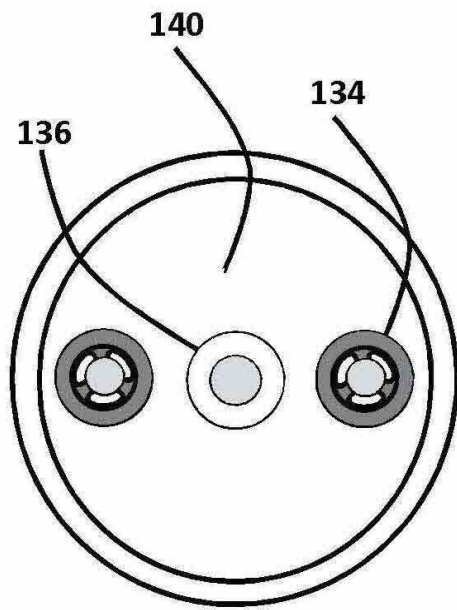
도면5a



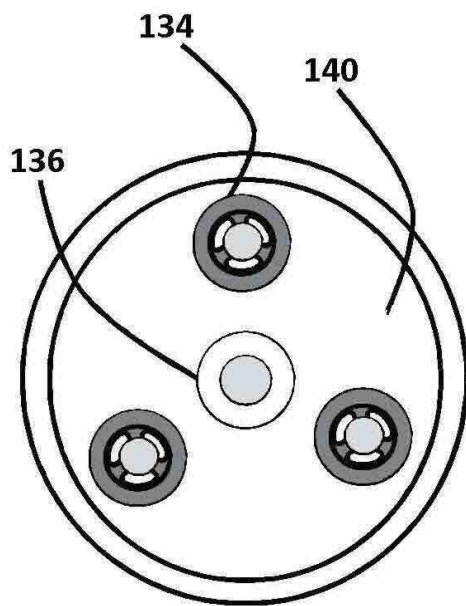
도면5b



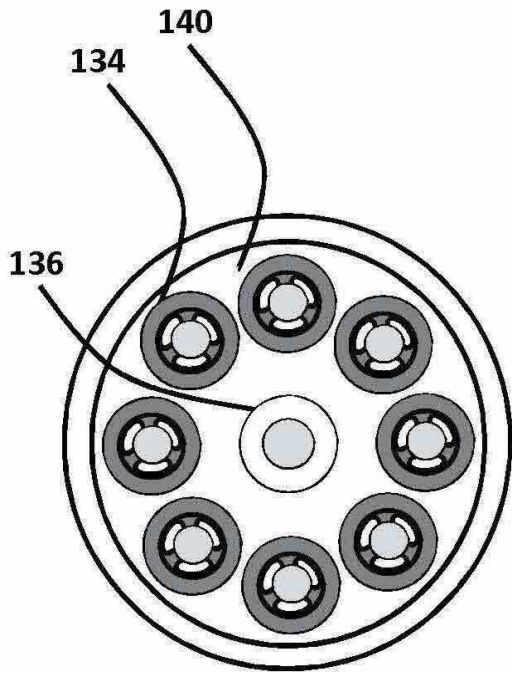
도면6a



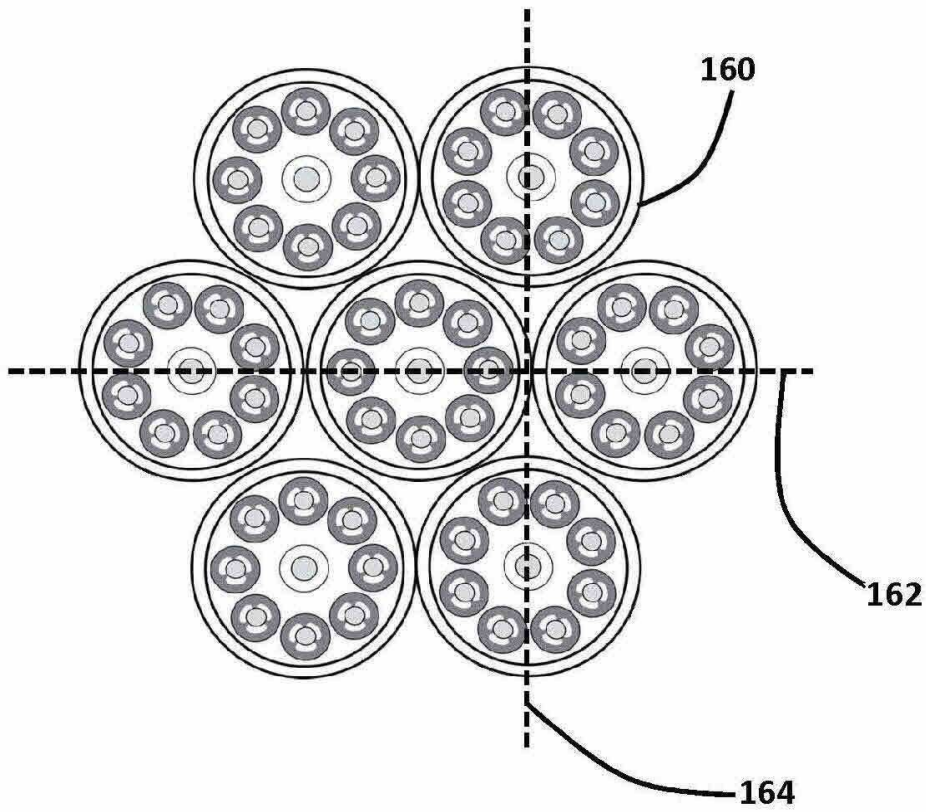
도면6b



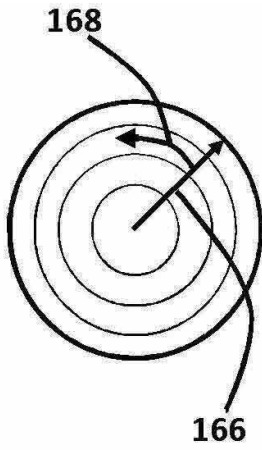
도면6c



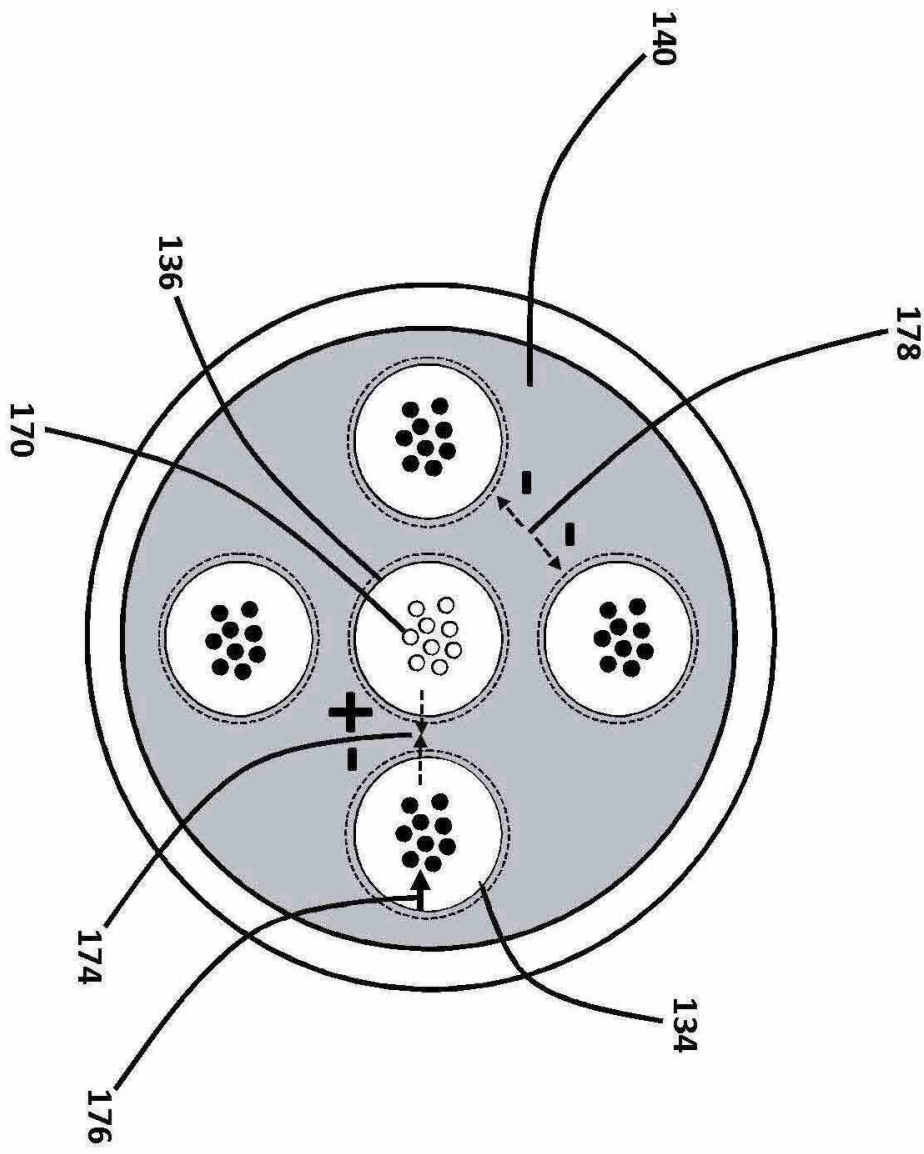
도면7a



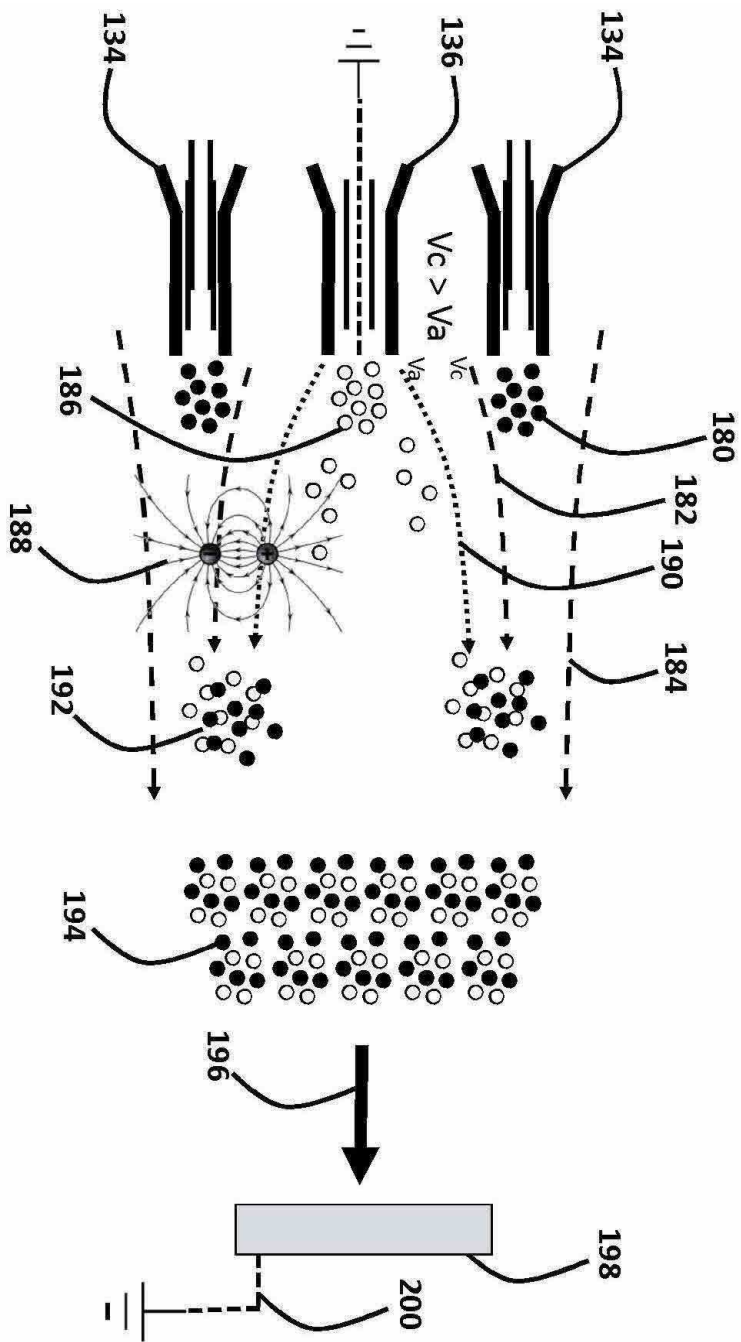
도면7b



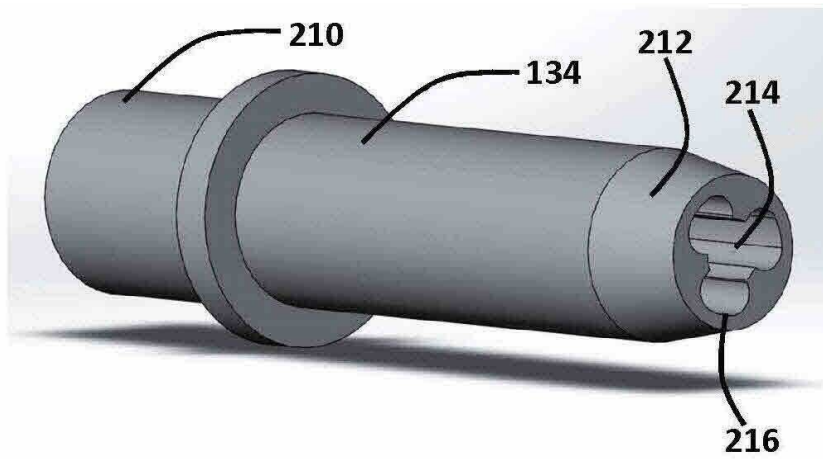
도면8



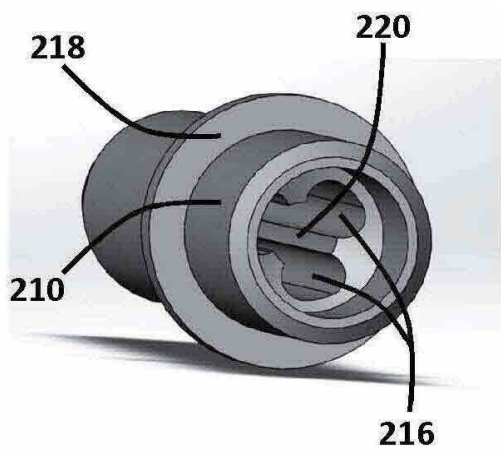
도면9



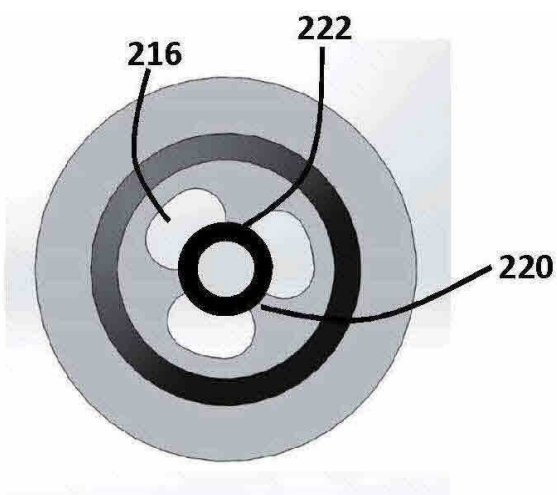
도면10a



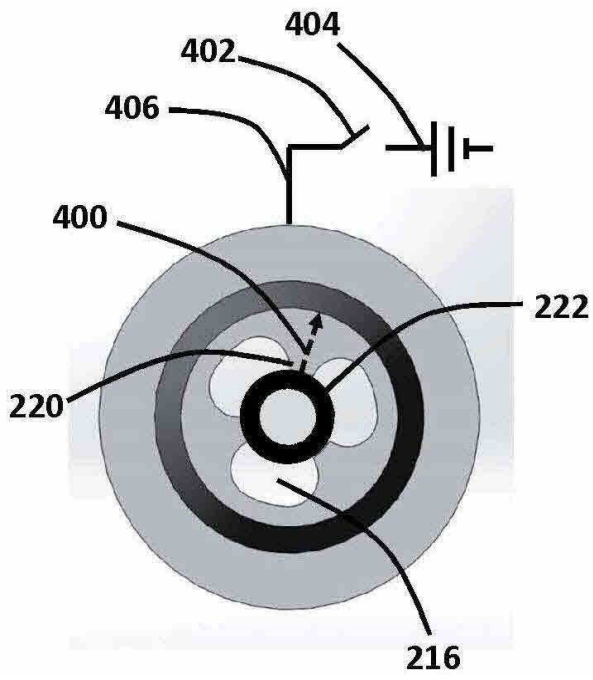
도면10b



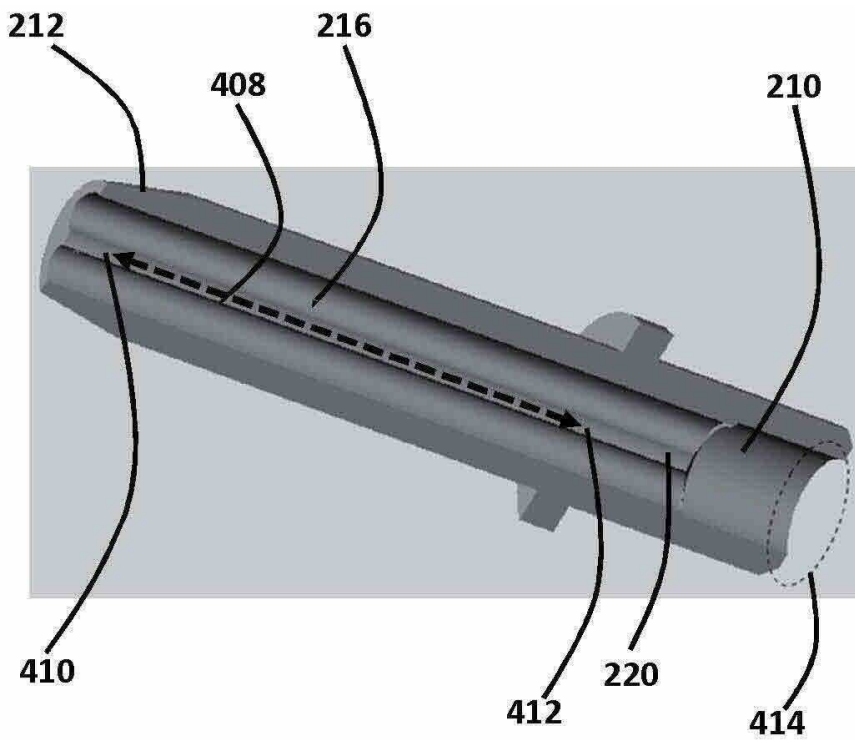
도면10c



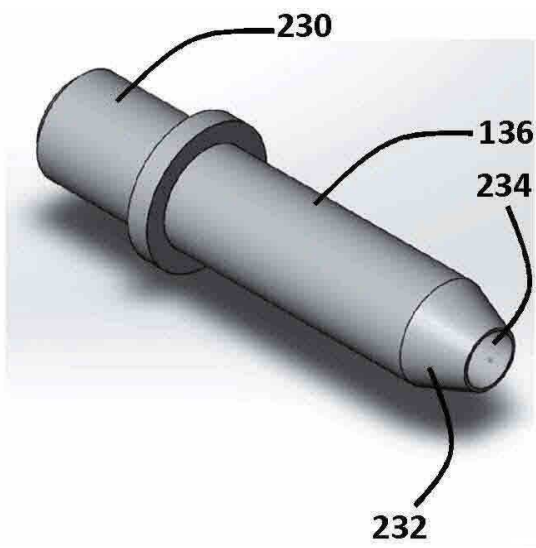
도면10d



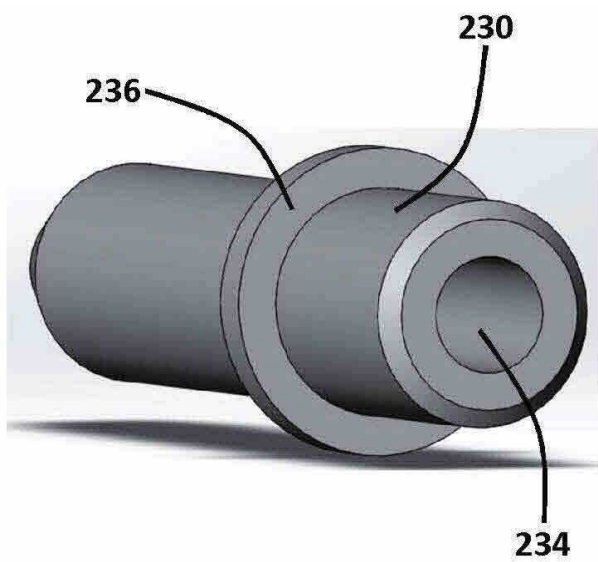
도면10e



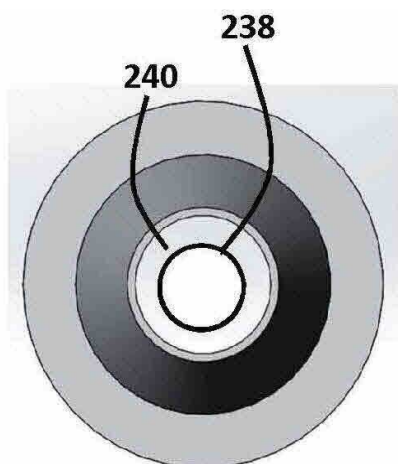
도면11a



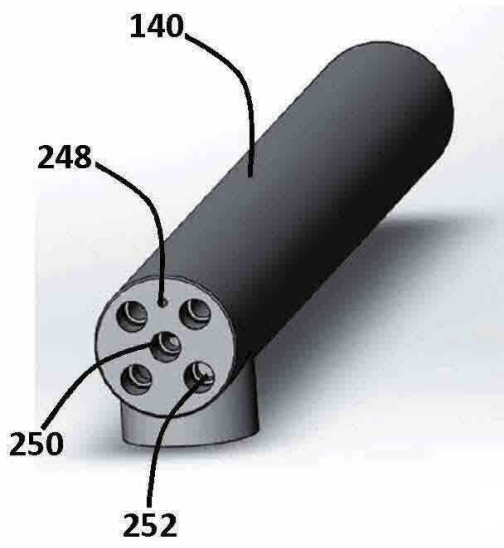
도면11b



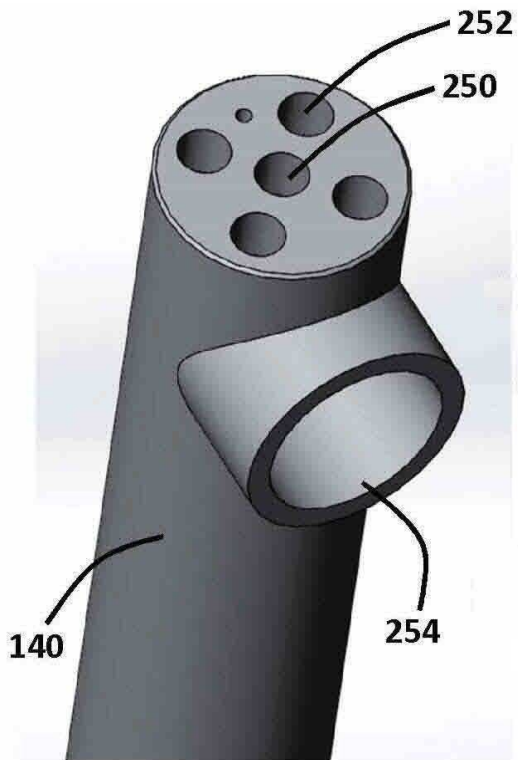
도면11c



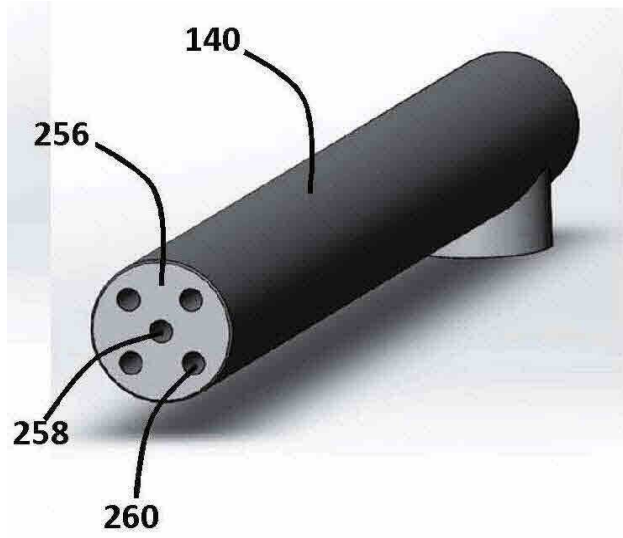
도면12a



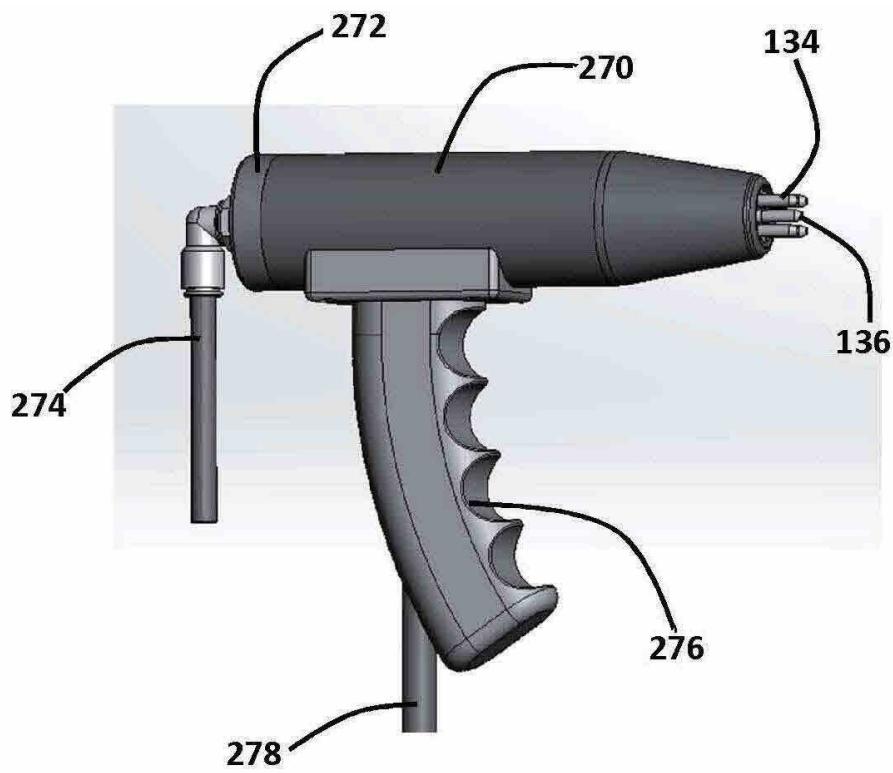
도면12b



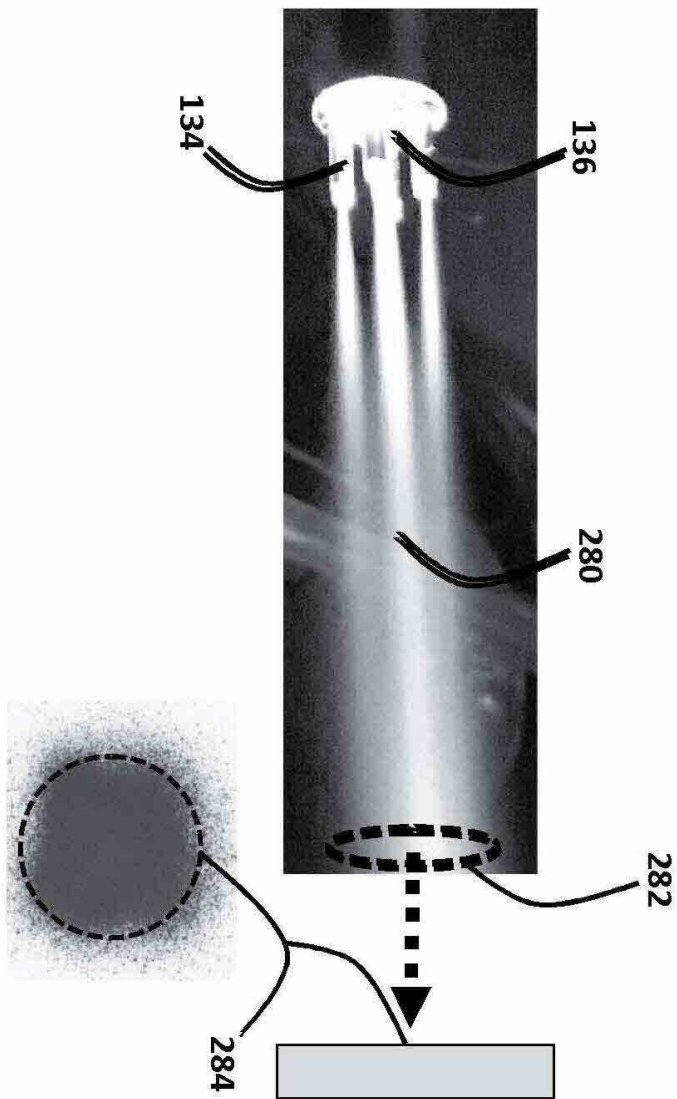
도면12c



도면13



도면14



도면15

