



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

(45) 공고일자 2018년06월04일  
 (11) 등록번호 10-1864539  
 (24) 등록일자 2018년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B02C 17/14* (2006.01) *B02C 17/24* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*B02C 17/14* (2013.01)  
*B02C 17/24* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2017-0064877  
 (22) 출원일자 2017년05월25일  
 심사청구일자 2017년05월25일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100974525 B1\*  
 KR101253525 B1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**세종대학교산학협력단**  
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
 (72) 발명자  
**곽관웅**  
 서울특별시 서초구 신반포로23길 41, 101동 502호(잠원동, 신반포2지구아파트)  
**박중혁**  
 서울특별시 송파구 마천로61바길 2(마천동)  
**최이주**  
 서울특별시 광진구 동일로32길 15, 503호(군자동)  
 (74) 대리인  
**홍동우**

전체 청구항 수 : 총 15 항

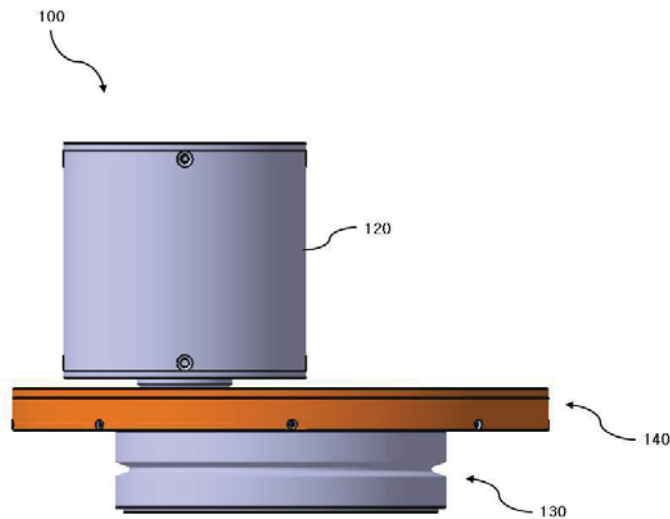
심사관 : 정호근

(54) 발명의 명칭 **진동 저감 기능을 갖는 유성형 볼 밀 장치**

**(57) 요약**

본 발명은 편심 회전체의 질량 불균형을 자동으로 보상해줌으로써 진동을 저감시킬 수 있는 유성형 볼 밀 장치를 제공하기 위한 것이다. 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치는, 베이스 디스크와, 분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 배치되며 그 회전 중심이 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기와, 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부와, 분쇄 용기를 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부와, 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 베이스 디스크와 결합되는 밸런서 하우징 및 밸런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 밸런싱 매스를 구비하는 자동 밸런서를 포함한다

**대표도 - 도1**



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 배치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크와 결합되는 밸런서 하우징과, 상기 밸런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 밸런싱 매스를 구비하는 자동 밸런서;를 포함하고,

상기 자동 밸런서는, 상기 복수의 밸런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 밸런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서와, 상기 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 포함하며,

상기 스페이서는 상기 점성 유체가 통과할 수 있도록 양측 단부를 관통하는 형상의 통로를 구비하는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 밸런싱 매스는 비구형 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지고,

상기 스페이서의 양측에는 상기 볼 형상의 밸런싱 매스가 접촉할 수 있는 오목면이 각각 마련되는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

#### 청구항 7

삭제

**청구항 8**

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 배치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크와 결합되는 벨런서 하우징과, 상기 벨런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 벨런싱 매스를 구비하는 자동 벨런서;를 포함하고,

상기 자동 벨런서는 상기 복수의 벨런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 벨런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서를 더 포함하며,

상기 스페이서는 코일 스프링 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 9**

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 배치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크와 결합되는 벨런서 하우징과, 상기 벨런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 벨런싱 매스를 구비하는 자동 벨런서;를 포함하고,

상기 자동 벨런서는 상기 복수의 벨런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 벨런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서를 더 포함하며,

상기 스페이서는 탄성력을 갖는 소재로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 베이스 디스크 상면에 상기 베이스 디스크의 회전 중심 및 상기 분쇄 용기로부터 이격되도록 배치되는 벨런싱 웨이트;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 11**

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 설치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외측에 배치되는 벨런서 하우징과, 상기 벨런서

하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 밸런싱 매스를 구비하는 복수의 자동 밸런서;를 포함하고,  
 상기 복수의 자동 밸런서는 상기 베이스 디스크의 외곽을 겹겹이 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외곽에 차례로 결합되어 상기 베이스 디스크와 함께 회전하며,  
 상기 복수의 자동 밸런서는 각각, 상기 복수의 밸런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 밸런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서와, 상기 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 더 포함하고,  
 상기 스페이서는 상기 점성 유체가 통과할 수 있도록 양측 단부를 관통하는 형상의 통로를 구비하는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

제 11 항에 있어서,

상기 복수의 자동 밸런서에 구비되는 각각의 점성 유체는 점성계수가 서로 다른 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 14**

제 11 항에 있어서,

상기 복수의 자동 밸런서에 구비되는 각각의 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 15**

제 11 항에 있어서,

상기 복수의 자동 밸런서에 구비되는 각각의 밸런싱 매스는 비구형 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

제 11 항에 있어서,

상기 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지고,

상기 스페이서의 양측에는 상기 볼 형상의 밸런싱 매스가 접촉할 수 있는 오목면이 각각 마련되는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 설치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외측에 배치되는 벨런서 하우징과, 상기 벨런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 벨런싱 매스를 구비하는 복수의 자동 벨런서;를 포함하고,

상기 복수의 자동 벨런서는 상기 베이스 디스크의 외곽을 겹겹이 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외곽에 차례로 결합되어 상기 베이스 디스크와 함께 회전하며,

상기 복수의 자동 벨런서는 각각 상기 복수의 벨런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 벨런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서를 더 포함하고,

상기 스페이서는 코일 스프링 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

## 청구항 20

베이스 디스크;

분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 설치되되, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기;

상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부;

상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및

상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외측에 배치되는 벨런서 하우징과, 상기 벨런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 벨런싱 매스를 구비하는 복수의 자동 벨런서;를 포함하고,

상기 복수의 자동 벨런서는 상기 베이스 디스크의 외곽을 겹겹이 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외곽에 차례로 결합되어 상기 베이스 디스크와 함께 회전하며,

상기 복수의 자동 벨런서는 각각 상기 복수의 벨런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 벨런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서를 더 포함하고,

상기 스페이서는 탄성력을 갖는 소재로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

## 청구항 21

제 11 항에 있어서,

상기 베이스 디스크 상면에 상기 베이스 디스크의 회전 중심 및 상기 분쇄 용기로부터 이격되도록 배치되는 벨런싱 웨이트;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유성형 볼 밀 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 유성형 볼 밀 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 질량 불균형을 자동으로 보상해줄 수 있는 진동 저감 기능을 갖는 유성형 볼 밀 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 마이크로 분말을 넘어 나노 분말이 필요한 기술분야가 증가하고 있다. 예를 들면, 다양한 색상 구현을 위한 염료, 안료 또는 도료의 나노화, 고가의 세라믹 원료 생산, 새로운 복합 소재 개발을 위한 금속류의 나노 분

산, 선진국의 규제 등에 적합한 화장품의 개발, 제약회사의 시제품의 생산 및 응용 등 나노 분말이 필요한 분야는 계속 확장되고 있다. 이러한 나노 분말을 생성하기 위해서는 재료를 미세하게 분쇄할 수 있는 분쇄 장치가 필요하다.

[0003] 현재, 입자가 큰 물건이나 재료를 입자가 미세한 분말로 가공하기 위한 다양한 분쇄 장치가 사용되고 있다. 특히, 볼 밀 장치(ball mill)는 회전하는 원통 속에 분쇄 볼을 재료와 함께 넣어 회전시켜 분쇄 볼의 운동에 의한 충격으로 재료를 분쇄한다. 여기에 사용되는 분쇄 볼은 주철, 철주물, 플린트석, 천연석 등 원료에 따라 여러 가지가 있다. 볼 밀 장치는 다른 형태의 분쇄 장치에 비해 상대적으로 작은 공간을 차지하는 편의성과, 코리올리(Coriolis) 가속도에 의한 분쇄력을 효율적으로 극대화 시키는 구조적인 특징점 때문에 나노 스케일 시료의 분쇄 제조에 널리 사용되고 있다.

[0004] 유성형 볼 밀 장치는 베이스 플레이트가 공전을 하고 분쇄 볼 및 시료가 담긴 분쇄 용기가 자전을 하며 발생시키는 분쇄 볼의 충돌력에 의해 시료를 분쇄한다. 일반적으로 사용되는 유성형 볼 밀 장치의 성능 지표인 G-Force는 아래의 식과 같이 계산되는데, 분쇄 성능은 공전 속도가 빠를수록 좋다는 것을 알 수 있다. 여기에서, Ω는 공전속도, lc는 중심 회전축에서 분쇄 분쇄 용기의 회전축 사이의 거리, g는 중력가속도를 뜻한다.

[0005] 
$$G = \left( \frac{2\pi\Omega}{60} \right)^2 * \frac{l_c}{g}$$

[0006] 통상적으로, 유성형 볼 밀 장치는 시료 및 분쇄 용기에 의해 발생하는 편심을 보상해주기 위해 밸런싱 웨이트를 사용한다. 편심을 보상해야 할 경우, 사용자가 시료의 질량에 맞는 밸런싱 웨이트의 위치를 눈금으로 확인하고 수동으로 위치를 조정하게 된다.

[0007] 그런데 밸런싱 웨이트를 수동으로 조정하는 방법은 밸런싱 웨이트의 위치 오차가 발생하기 쉬우며, 그에 따라 발생하는 미소 편심 질량에 의해 진동이 생기기 쉽다. 진동의 크기는 회전 속도의 제곱에 비례하기 때문에 미소 편심 질량이라 하더라도 고속 회전일 경우, 매우 큰 진동이 발생하여 분쇄 성능과 작업 안전성에 치명적인 영향을 미치게 된다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) 등록실용신안공보 제0456371호 (2011. 10. 27)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 유동형의 밸런싱 매스를 구비하는 간단한 구조의 자동 밸런서를 이용함으로써, 편심 회전체의 질량 불균형을 자동으로 보상해줌으로써 진동을 저감시킬 수 있는 유성형 볼 밀 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 상술한 바와 같은 목적을 해결하기 위한 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치는, 베이스 디스크; 분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 배치되며, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기; 상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부; 상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및 상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크와 결합되는 밸런서 하우징과, 상기 밸런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 밸런싱 매스를 구비하는 자동 밸런서;를 포함한다.

[0011] 상기 자동 밸런서는 상기 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 밸런싱 매스는 볼 형상 또는 비구형 형상으로 이루어질 수 있다.

[0013] 상기 자동 밸런서는 상기 복수의 밸런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 밸런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의

스페이서를 더 포함할 수 있다.

- [0014] 상기 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지고, 상기 스페이서의 양측에는 상기 볼 형상의 밸런싱 매스가 접촉할 수 있는 오목면이 각각 마련될 수 있다.
- [0015] 상기 자동 밸런서는 상기 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 포함하고, 상기 스페이서는 상기 점성 유체가 통과할 수 있도록 양측 단부를 관통하는 형상의 통로를 구비할 수 있다.
- [0016] 상기 스페이서는 코일 스프링 형상으로 이루어질 수 있다.
- [0017] 상기 스페이서는 탄성력을 갖는 소재로 이루어질 수 있다.
- [0018] 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치는, 상기 베이스 디스크 상면에 상기 베이스 디스크의 회전 중심 및 상기 분쇄 용기로부터 이격되도록 배치되는 밸런싱 웨이트;를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 한편, 상술한 바와 같은 목적을 해결하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 유성형 볼 밀 장치는, 베이스 디스크; 분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있도록 상기 베이스 디스크의 상면 일측에 회전 가능하게 설치되며, 그 회전 중심이 상기 베이스 디스크의 회전 중심으로부터 편심되게 위치하는 분쇄 용기; 상기 베이스 디스크를 회전시키는 디스크 구동부; 상기 분쇄 용기를 상기 베이스 디스크에 대해 상대 회전시키는 분쇄 용기 구동부; 및 상기 베이스 디스크의 외곽을 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외측에 배치되는 밸런서 하우징과, 상기 밸런서 하우징의 내부에 유동 가능하게 배치되는 복수의 밸런싱 매스를 구비하는 복수의 자동 밸런서;를 포함하고, 상기 복수의 자동 밸런서는 상기 베이스 디스크의 외곽을 겹겹이 둘러싸도록 상기 베이스 디스크의 외곽에 차례로 결합되어 상기 베이스 디스크와 함께 회전한다.
- [0020] 상기 복수의 자동 밸런서는 각각의 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 복수의 자동 밸런서에 구비되는 각각의 점성 유체는 점성계수가 서로 다른 것이 바람직하다.
- [0022] 상기 복수의 자동 밸런서에 구비되는 각각의 밸런싱 매스는 볼 형상이나 비구형 형상으로 이루어질 수 있다.
- [0023] 상기 복수의 자동 밸런서는 각각 상기 복수의 밸런싱 매스 사이에 개재되도록 상기 밸런서 하우징의 내부에 배치되는 복수의 스페이서를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 밸런싱 매스는 볼 형상으로 이루어지고, 상기 스페이서의 양측에는 상기 볼 형상의 밸런싱 매스가 접촉할 수 있는 오목면이 각각 마련될 수 있다.
- [0025] 상기 복수의 자동 밸런서는 각각 상기 밸런서 하우징의 내부에 충전되는 점성 유체를 포함하고, 상기 스페이서는 상기 점성 유체가 통과할 수 있도록 양측 단부를 관통하는 형상의 통로를 구비할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0026] 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치는 시료가 담기는 분쇄 용기가 결합된 베이스 디스크가 회전할 때 베이스 디스크의 외곽을 감싸도록 설치된 자동 밸런서의 밸런싱 매스가 자동적으로 적절한 평형 위치로 이동하게 된다. 따라서 베이스 디스크의 회전 시 불균형 질량을 보상할 수 있고, 불균형 질량에 따른 진동을 효율적으로 저감시킬 수 있다.
- [0027] 또한 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치는 자동 밸런서를 통해 질량 불균형을 자동으로 보상할 수 있어 사용이 편리하고, 밸런싱 웨이트를 수동으로 조절하는 종래에 비해 인적 오류로 인한 불확실성을 제거할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0028] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타낸 측면도이다.
- 도 2는 본 발명의 제 1 실시예 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타낸 평면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제 1 실시예 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타낸 분해도이다.
- 도 4는 본 발명의 제 1 실시예 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타낸 평면도이다.
- 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타낸 평면도이다.
- 도 6은 도 5에 나타난 유성형 볼 밀 장치의 진동 해석을 위한 동역학모델이다.



도 7은 도 5에 나타난 유성형 볼 밀 장치와 비교하기 위한 종래 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 구성도 및 동역학모델이다.

그림 8은 도 5에 나타난 본 발명의 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델과 도 7에 나타난 종래 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델의 진동 해석에 따른 중심축의 각 축 방향 위치를 비교하여 나타난 그래프이다.

도 9는 도 5에 나타난 본 발명의 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델과 도 7에 나타난 종래 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델의 진동 해석에 따른 각 진동지표를 비교하여 나타난 그래프이다.

도 10은 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치의 성능을 실험적으로 확인하기 위해 구성한 실험용 유성형 볼 밀 장치를 나타난 것이다.

도 11은 자동 밸런서의 성능을 실험적으로 검증하기 위해 제작된 유성형 볼 밀 장치의 시작품을 나타난 것이다.

도 12는 시작품의 진동이 최소가 되는 밸런싱 웨이트의 위치를 실험적으로 검증한 결과이다.

도 13은 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치와 종래 유성형 볼 밀 장치의 비교 실험을 통해 측정된 진동 크기를 비교하여 나타난 그래프이다.

도 14는 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치와 종래 유성형 볼 밀 장치의 비교 실험을 통해 도출한 가속도 데이터를 사용하여 진동지표를 계산한 결과를 비교하여 나타난 그래프이다.

도 15는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.

도 16은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.

도 17은 본 발명의 제 5 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.

도 18은 도 17에 나타난 유성형 볼 밀 장치의 일부분을 나타난 단면도이다.

도 19 및 도 20은 본 발명에 따른 유성형 볼 밀 장치에 구비되는 스페이서의 다양한 변형예를 설명하기 위한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0029] 이하, 본 발명에 따른 진동 저감 기능을 갖는 유성형 볼 밀 장치를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타난 측면도이고, 도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타난 평면도이고, 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 나타난 분해도이며, 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.
- [0031] 도면에 나타난 것과 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(100)는 베이스 디스크(110)와, 베이스 디스크(110)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(120)와, 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)를 회전시키기 위한 회전력을 제공하는 구동유닛(130)과, 베이스 디스크(110)에 결합되는 자동 밸런서(140)를 포함한다. 이러한 유성형 볼 밀 장치(100)는 자동 밸런서(140)를 이용하여 질량 불균형을 자동으로 보상함으로써 불균형에 의한 진동을 효과적으로 저감시킬 수 있다.
- [0032] 베이스 디스크(110)는 원판형으로 이루어진다. 베이스 디스크(110)는 구동유닛(130)으로부터 회전력을 전달받을 수 있도록 구동유닛(130)의 상측에 배치된다. 베이스 디스크(110)는 구동유닛(130)의 디스크 구동부(132)로부터 회전력을 전달받아 그 중앙의 디스크 회전 중심(Cd)을 중심으로 고속으로 회전할 수 있다.
- [0033] 분쇄 용기(120)는 구동유닛(130)과 연결되도록 베이스 디스크(110)의 상면에 베이스 디스크(110)의 디스크 회전 중심(Cd)으로부터 편심되도록 설치된다. 분쇄 용기(120)의 용기 회전 중심(Cc)은 베이스 디스크(110)의 디스크 회전 중심(Cd)으로부터 편심되어 위치한다. 분쇄 용기(120)의 내측에는 분쇄 볼 및 시료를 수용할 수 있는 수용 공간이 마련된다. 분쇄 용기(120)는 구동유닛(130)의 용기 구동부(134)로부터 회전력을 전달받아 그 중앙의 용기 회전 중심(Cc)을 중심으로 베이스 디스크(110)에 대해 상대 회전할 수 있다.
- [0034] 구동유닛(130)은 베이스 디스크(110)의 하측에 설치되어 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)에 회전력을 제공한다. 구동유닛(130)은 베이스 디스크(110)와 연결되는 디스크 구동부(132)와, 분쇄 용기(120)와 연결되는 용기 구동부(134)와, 디스크 구동부(132) 및 용기 구동부(134)를 지지하는 구동부 베이스(136)를 포함한다. 구동부 베이스(136)에는 디스크 구동부(132) 및 용기 구동부(134)에 구동력을 제공하는 동력 발생부가 마련될 수 있다.



다. 용기 구동부(134)는 디스크 구동부(132)의 작동 시 디스크 구동부(132) 둘레를 따라 공전하면서 분쇄 용기(120)에 회전력을 제공할 수 있다.

- [0035] 자동 밸런서(140)는 베이스 디스크(110)에 결합되어 베이스 디스크(110)와 함께 회전하면서 질량 불균형을 자동으로 보상해주는 역할을 한다. 자동 밸런서(140)의 작용으로 베이스 디스크(110)의 회전 시 질량 불균형에 의한 진동이 저감될 수 있다. 자동 밸런서(140)는 베이스 디스크(110)에 결합되는 밸런서 하우징(141)과, 밸런서 하우징(141) 내측에서 유동하는 복수의 밸런싱 매스(144)와, 밸런서 하우징(141)의 내부에 충전되는 점성 유체(146)를 포함한다.
- [0036] 밸런서 하우징(141)은 베이스 디스크(110)의 외곽을 둘러쌀 수 있도록 링 모양으로 이루어져 베이스 디스크(110)의 외주면에 고정된다. 밸런서 하우징(141)의 내측에는 복수의 밸런싱 매스(144) 및 점성 유체(146)가 수용되는 링 모양의 볼 트랙(142)이 마련된다. 복수의 밸런싱 매스(144)는 볼 형상으로 이루어지는 것으로 볼 트랙(142)을 따라 유동할 수 있다. 점성 유체(146)는 밸런서 하우징(141) 내측에서 밸런서 하우징(141)과 밸런싱 매스(144) 간의 충돌에 의한 충격력과 마찰 및 마모, 밸런싱 매스들(144) 간의 충돌에 의한 충격력과 마찰 및 마모를 줄여준다. 밸런싱 매스(144)의 개수나 직경, 무게, 재질은 다양하게 설정될 수 있다.
- [0037] 이러한 자동 밸런서(140)는 베이스 디스크(110)가 회전할 때 밸런싱 매스(144)가 밸런서 하우징(141)의 볼 트랙(142)을 따라 자동적으로 적절한 평형 위치로 이동하게 된다. 따라서 베이스 디스크(110)의 회전 시 불균형 질량을 보상할 수 있고, 불균형 질량에 따른 진동을 저감시킬 수 있다.
- [0038] 본 발명의 제 1 실시예 따른 유성형 볼 밀 장치(100)는 분쇄 용기(120)의 내측에는 분쇄 볼 및 시료가 수용된 상태에서 구동유닛(130)의 작용으로 베이스 디스크(110)가 회전함과 동시에 분쇄 용기(120)가 상대 회전하게 된다. 따라서 코리올리 가속도에 의한 분쇄력을 효율적으로 극대화시켜 시료를 나노 스케일로 분쇄할 수 있다. 그리고 시료 분쇄 과정에서 자동 밸런서(140)의 밸런싱 매스들(144)이 베이스 디스크(110)의 디스크 회전 중심(Cd)을 중심으로 편심 질량의 맞은 편으로 이동함으로써 불균형 질량을 보상하고 진동을 저감시킬 수 있다.
- [0039] 한편, 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타낸 평면도이다.
- [0040] 도 5에 나타난 유성형 볼 밀 장치(200)는 베이스 디스크(110)와, 베이스 디스크(110)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(120)와, 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)를 회전시키기 위한 회전력을 제공하는 구동유닛(130; 도 1 참조)과, 베이스 디스크(110)에 결합되는 자동 밸런서(140)와, 베이스 디스크(110)의 상면에 설치되는 밸런싱 웨이트(210)를 포함한다. 이러한 유성형 볼 밀 장치(200)는 앞서 설명한 유성형 볼 밀 장치(100)와 비교하여 밸런싱 웨이트(210)를 더 포함하는 점에서 차이가 있고, 나머지 구성은 상술한 것과 같은 것이다.
- [0041] 밸런싱 웨이트(210)는 베이스 디스크(110) 상면에 베이스 디스크(110)의 디스크 회전 중심(Cd) 및 분쇄 용기(120)로부터 이격되도록 설치된다. 밸런싱 웨이트(210)는 디스크 회전 중심(Cd)을 중심으로 분쇄 용기(120)의 맞은 편에 배치되어 분쇄 용기(120)에 의한 질량 불균형을 보상해준다.
- [0042] 본 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(200)는 밸런싱 웨이트(210) 및 자동 밸런서(140)를 통해 질량 불균형을 보상함으로써 질량 불균형에 의한 진동을 효과적으로 저감시킬 수 있다.
- [0043] 본 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(200)의 진동 저감 효과는 동적 해석을 통해 확인할 수 있다.
- [0044] 도 6은 도 5에 나타난 유성형 볼 밀 장치(200)의 진동 해석을 위한 동역학모델이고, 도 7은 도 5에 나타난 유성형 볼 밀 장치(200)와 비교하기 위한 종래 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타낸 구성도 및 동역학모델이다.
- [0045] 먼저, 비교를 위한 종래의 유성형 볼 밀 장치는 도 7의 (a)에 나타난 것과 같이, 베이스 디스크(10)와, 베이스 디스크(10)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(20)와, 베이스 디스크(10)의 상면에 설치되는 밸런싱 웨이트(30)를 포함한다. 이러한 종래의 유성형 볼 밀 장치는 시료 질량 변화에 의한 불균형을 밸런싱 웨이트(30)로 보상해주는 것이다.
- [0046] 도 7의 (b)는 종래의 유성형 볼 밀 장치의 진동 해석을 위해 제안된 2차원 동역학모델이다. 해석의 편의를 위해 진동의 자유도를 XY 평면에 대해 구속하였고, 분쇄 용기(20)의 자전에 의한 영향은 매우 미미하기 때문에 분쇄 용기(20)의 자전은 고려하지 않았다. 진동은 베이스 디스크(10)의 고정 축에 X축, Y축 방향으로 각각 스프링, 댐퍼 모델을 적용해 구현하였다. 도 7의 (b)에서  $\psi$ 는 분쇄 용기(20)의 회전각을 의미하고 유성형 볼 밀 장치의 운동방정식은 라그랑주(Lagrange) 방정식을 통해 다음과 같이 도출하였다.

[0047] 불균형 질량으로 작용하는 분쇄 용기 질량의 위치벡터는 다음과 같다.

[0048] 
$$\rho_o = (X + r \cos \psi) i + (Y + r \sin \psi) j$$

[0049] 분쇄 용기 질량의 위치벡터를 미분하여 얻어지는 속도 벡터는 다음과 같다.

[0050] 
$$\dot{\rho}_o = (\dot{X} - r \dot{\psi} \sin \psi) i + (\dot{Y} + r \dot{\psi} \cos \psi) j$$

[0051] 분쇄 용기로 인해 발생하는 불균형을 보상해주는 밸런싱 웨이트 질량의 위치벡터는 다음과 같다.

[0052] 
$$\rho_i = (X - R \cos \psi) i + (Y - R \sin \psi) j$$

[0053] 그 속도 벡터는 다음과 같다.

[0054] 
$$\dot{\rho}_i = (\dot{X} + R \dot{\psi} \sin \psi) i + (\dot{Y} - R \dot{\psi} \cos \psi) j$$

[0055] 위에서 얻은 분쇄 용기 질량의 속도 벡터와, 밸런싱 웨이트 질량의 속도 벡터를 이용해 계의 운동에너지를 구하면 다음과 같다.

[0056] 
$$\begin{aligned} T = & \frac{1}{2} M (\dot{X}^2 + \dot{Y}^2) \\ & + \frac{1}{2} m_o [(\dot{X} - r \dot{\psi} \sin \psi)^2 + (\dot{Y} + r \dot{\psi} \cos \psi)^2] \\ & + \frac{1}{2} m_i [(\dot{X} + R \dot{\psi} \sin \psi)^2 + (\dot{Y} - R \dot{\psi} \cos \psi)^2] \end{aligned}$$

[0057] 스프링에 의한 계의 위치에너지는 다음과 같다.

[0058] 
$$V = \frac{1}{2} k X^2 + \frac{1}{2} k Y^2$$

[0059] 댐퍼의 감쇠를 고려하기 위한 레일리(Rayleigh) 소산함수는 다음과 같다.

[0060] 
$$R = \frac{1}{2} c \dot{X}^2 + \frac{1}{2} c \dot{Y}^2$$

[0061] 운동방정식을 도출하기 위한 라그랑주 방정식은 다음과 같다.

[0062] 
$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial V}{\partial q_j} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_j} = 0$$

[0063] 유성형 볼밀의 운동방정식을 도출하기 위해 위에서 얻은 계의 운동에너지 수식과, 스프링에 의한 계의 위치에너지 수식과, 댐퍼 감쇠를 고려한 레일리 소산함수를 위의 라그랑주 방정식에 대입하면 다음과 같은 유성형 볼 밀 장치의 운동방정식이 표현된다.

[0064] 
$$(M + m_o + m_i) \ddot{X} + c \dot{X} + kX = (m_o r - m_i R) [\ddot{\psi} \sin \psi + (\dot{\psi})^2 \cos \psi]$$

[0065] 
$$(M + m_o + m_i) \ddot{Y} + c \dot{Y} + kY = (m_i R - m_o r) [\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi]$$

[0066] 이러한 수식들은 각각 유성형 볼 밀 장치 원점의 X축, Y축 방향의 동역학 모델을 나타낸다.

[0067] 한편, 유성형 볼 밀 장치의 진동을 식별하기 위해 진동지표(VI; Vibration index)를 정의하였다. 진동의 지표는 유성형 볼 밀 장치 원점의 움직임을 지표로 삼은 것으로, 2차원 모델이기 때문에 X축 이동거리 및 Y축 이동거리의 제곱의 합을 이용하여 다음의 수식으로 표현할 수 있다.

[0068] 
$$VI = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

[0069] 본 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(100)는 도 6과 같은 동역학모델로 나타낼 수 있다. 도 6에서  $\phi_i$ 는  $i$ 번째 밸런싱 매스(144)의 회전각을 나타낸다. 본 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(200)의 운동방정식을 도출하기 위해 앞서 설명한 것과 같은 라그랑주 방정식을 이용하였다. 불균형 질량과 밸런싱 웨이트(210)에 대한 운동에너지는 같기 때문에 자동 밸런서(140)의 밸런싱 매스(144)만 고려하였으며,  $i$ -번째 밸런싱 매스(144)의 위치벡터는 다음과 같다.

[0070] 
$$\rho_c = (X + r_c \cos \phi_i) i + (Y + r_c \sin \phi_i) j$$

[0071] 밸런싱 매스(144)의 속도벡터를 구하기 위해 위의 수식을 시간에 대하여 미분한 결과는 다음과 같다.

[0072] 
$$\dot{\rho}_c = (\dot{X} - r_c \dot{\phi}_i \sin \phi_i) i + (\dot{Y} + r_c \dot{\phi}_i \cos \phi_i) j$$

[0073]  $n$ -개의 밸런싱 매스(144)을 갖는 유성형 볼 밀 장치(100)의 운동에너지는 다음과 같다.

[0074] 
$$\begin{aligned} T = & \frac{1}{2} M (\dot{X}^2 + \dot{Y}^2) \\ & + \frac{1}{2} m_o [(\dot{X} - r \dot{\psi} \sin \psi)^2 + (\dot{Y} + r \dot{\psi} \cos \psi)^2] \\ & + \frac{1}{2} m_i [(\dot{X} + R \dot{\psi} \sin \psi)^2 + (\dot{Y} - R \dot{\psi} \cos \psi)^2] \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_{ci} [(\dot{X} - r_c \dot{\phi}_i \sin \phi_i)^2 + (\dot{Y} + r_c \dot{\phi}_i \cos \phi_i)^2] \end{aligned}$$

[0075] 자동 밸런서(140)는 위치에너지와 무관하기 때문에 계의 위치에너지는 도 7에 나타난 유성형 볼 밀 장치의 위치에너지 식과 같지만 감쇠에는 영향을 미치지 때문에 레일리 소산함수는 다음과 같이 자동 밸런서 항이 추가된다.

[0076] 
$$R = \frac{1}{2} c \dot{X}^2 + \frac{1}{2} c \dot{Y}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n D (\dot{\phi}_i - \dot{\psi})^2$$

[0077] 위의 레일리 소산함수에서  $D$ 는 밸런싱 매스(144)에 작용하는 회전 점성 감쇠계수이며, 밸런싱 매스(144)와 베이스 디스크(110)의 상대 속도 차이에 비례하여 감쇠력이 작용한다. 자동 밸런서(140)가 적용된 유성형 볼 밀 장치(200)의 운동방정식을 도출하기 위해 앞서 도출한 스프링에 의한 계의 위치에너지 수식과, 유성형 볼 밀 장치(200)의 운동에너지 수식과, 댐퍼의 감쇠를 고려하기 위한 레일리 소산함수를 앞서 설명한 라그랑주 방정식에 대입하면 다음과 같은 운동방정식이 도출된다.

[0078] 
$$\begin{aligned} (M + m_o + m_i) \ddot{X} + c \dot{X} + kX = & (m_o r - m_i R) [\ddot{\psi} \sin \psi + (\dot{\psi})^2 \cos \psi] \\ & + \sum_{i=1}^n m_{ci} r_c [\ddot{\phi}_i \sin \phi_i + \dot{\phi}_i^2 \cos \phi_i] \end{aligned}$$

[0079] 
$$\begin{aligned} (M + m_o + m_i) \ddot{Y} + c \dot{Y} + kY = & (m_i R - m_o r) [\ddot{\psi} \cos \psi - \dot{\psi}^2 \sin \psi] \\ & + \sum_{i=1}^n m_{ci} r_c [-\ddot{\phi}_i \cos \phi_i + \dot{\phi}_i^2 \sin \phi_i] \end{aligned}$$

[0080] 
$$m_{ci} (r_c^2 \ddot{\phi}_i - r_c \ddot{X} \sin \phi_i + r_c \ddot{Y} \cos \phi_i) = -D (\dot{\phi}_i - \dot{\psi})$$

[0081] 위의 마지막 두 식의 마지막 항에 자동 밸런서(140) 내부의 밸런싱 매스(144)에 의한 유성형 볼 밀 장치(200)의 각 축에 대한 영향이 표현되어 있는 것을 확인할 수 있다. 마지막 수식은  $n$ -개의 밸런싱 매스(144) 각각에 대한 운동방정식이다.  $i$ -번째 밸런싱 매스(144)은 유성형 볼 밀 장치(200)가 구동을 시작하며 발생하는 베이스 디스크(110)와 밸런싱 매스(144)의 각속도 차이 및 충전된 점성 유체(146)의 회전 점성 감쇠계수에 비례하여 발생하

는 힘을 원동력으로 운동하게 된다.

- [0082] 그림 8은 도 5에 나타난 본 발명의 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델과 도 7에 나타난 종래 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델의 진동 해석에 따른 중심축의 각 축 방향 위치를 비교하여 나타난 그래프이다.
- [0083] 도면에서 파란 선은 종래 유성형 볼 밀 장치의 응답 결과이고, 빨간선은 자동 밸런서(140)가 적용된 본 발명의 유성형 볼 밀 장치(200)의 응답 결과이다. 도 8의 그래프를 보면, 초기 과도 구간에서는 자동 밸런서(140)를 적용한 모델의 변위가 종래 모델에 비해 2배 가량 차이가 나는 것을 확인 할 수 있고, 시간이 지남에 따라 정상 상태에 도달하면 최대 6배 이상 작아진 것을 확인할 수 있다.
- [0084] 도 9는 도 5에 나타난 본 발명의 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델과 도 7에 나타난 종래 유성형 볼 밀 장치의 동역학모델의 진동 해석에 따른 각 진동지표를 비교하여 나타난 그래프이다.
- [0085] 앞서 정의한 진동지표를 적용한 결과, 도 9에 나타난 그래프와 같은 결과가 도출되었다. 도 9의 그래프에서 파란 선은 종래 유성형 볼 밀 장치의 응답 결과이고, 빨간선은 자동 밸런서(140)가 적용된 본 발명의 유성형 볼 밀 장치(200)의 응답 결과이다. 도 9의 그래프를 보면, 모든 시간 영역에서 자동 밸런서(140)가 적용된 모델의 진동지표가 매우 작은 것을 알 수 있고, 특히 중단 영역의 경우 자동 밸런서(140)를 적용하였을 때 진동이 6배 이상 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0086] 이와 같은 동역학 시뮬레이션을 통해 자동 밸런서(140)를 통한 진동 감소 효과를 확인할 수 있었고, 시뮬레이션 결과를 기반으로 자동 밸런서 적용 모델의 성능을 확인하기 위해 도 10에 나타난 것과 같은 실험용 유성형 볼 밀 장치를 구성하였다.
- [0087] 실험용 유성형 볼 밀 장치에서 모터는 Higen사의 FMA-CN10을 사용하였다. 모터의 정격 출력은 1kw이다. 모터의 제어는 Higen사의 FDA-7010 드라이버를 사용하였고, 상위 제어기로 dSPACE1104를 연결하여 구현하였다. 또한 모터에 부착된 2000 pulse 엔코더를 사용하여 속도를 피드백 받아 제어하였다. 진동은 유성형 볼 밀 장치 하단부 고정축에 부착된 3축 가속도 센서를 사용해 측정하였고, 가속도의 크기를 진동의 지표로 사용하였다. 모터에 의한 구동력은 모터 회전축에 장착된 벨트를 통해 유성형 볼 밀 장치로 전달하였다. 실험에 사용된 자동 밸런서는 내부에 직경 10mm, 질량 4g의 볼 40개가 점성 유체가 충전된 환형 홈을 따라 자유 운동하는 구조를 갖는 것으로, 베이스 디스크의 외곽에 장착하였다.
- [0088] 자동 밸런서의 성능을 실험적으로 검증하기 위해 먼저 진동지표가 최소가 되는 위치를 수학적으로 계산하고 실험을 통해 확인하였다. 도 11에서와 같이 제작된 시제품에서 불균형을 유발하는 요소를 파악한 후, 원점으로부터 각 요소의 무게 중심까지의 거리와 해당 요소의 질량 값을 이용하여 진동이 최소가 되는 수학적인 밸런싱 웨이트의 위치를 계산하였으며, 그 값으로 59.3mm를 얻었다.
- [0089] 도 12는 진동이 최소가 되는 밸런싱 웨이트의 위치를 실험적으로 검증한 결과이다. 실험 결과에 따르면, 진동이 최소가 되는 밸런싱 웨이트의 위치는 58.9mm이다. 수학적으로 도출한 값과 0.4mm의 오차를 갖는 것을 알 수 있는데, 0.4mm의 오차는 가공 오차를 반영하여도 매우 작은 값이다.
- [0090] 도 13은 밸런싱 웨이트의 위치가 64mm이고, 구동 속도가 650RPM 일 때 진동의 크기를 나타낸 것이다. 그래프에서 빨간선은 자동 밸런서가 적용되지 않은 경우의 값이고, 파란선은 자동 밸런서가 적용된 경우의 값이다. 그래프를 보면 자동 밸런서가 적용되었을 때의 값이 그렇지 않은 경우보다 상대적으로 더 작은 것을 확인할 수 있다. 또한 목표했던 최대속도인 650RPM에서 자동 밸런서의 성능이 확인되었다. 특히, 밸런싱 웨이트가 48mm에 위치해 있는 극단적인 불균형 조건에서는 자동 밸런서를 적용한 실험의 경우 5분의 구동 시간 동안 정상적으로 진동 측정에 성공했지만, 자동 밸런서를 적용하지 않은 실험에서는 동일한 조건임에도 불구하고 심한 진동으로 유성형 볼 밀 장치가 회전하며 앞으로 나아가는 walking problem이 발생하였다.
- [0091] 밸런싱 웨이트의 위치 조건과 자동 밸런서의 유무 조건을 모두 조합하여 총 22가지의 실험 조건에서 각 3번의 반복 실험을 수행하였다. 전 구간의 실험을 위해 walking problem을 고려하여 실험은 600RPM에서 수행되었다. 각 실험에서 얻어진 가속도 데이터를 사용하여 위에서 언급한 진동지표를 계산하여 도 14와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 도 14에서 파란선은 자동 밸런서가 적용되지 않은 실험 결과이고, 분홍선은 자동 밸런서가 적용된 실험 결과이다. 유성형 볼 밀 장치의 진동이 최소가 되는 밸런싱 웨이트의 위치에서는 자동 밸런서의 유무와 상관없이 진동의 크기가 작지만, 불균형이 극단적으로 큰 48mm, 68mm 조건에서는 자동 밸런서가 적용된 실험이 그렇지 않은 실험보다 진동의 크기가 50% 이상 작아진 것을 확인할 수 있다.
- [0092] 한편, 도 15는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.



- [0093] 도 15에 나타난 유성형 볼 밀 장치(300)는 베이스 디스크(110)와, 베이스 디스크(110)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(120)와, 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)를 회전시키기 위한 회전력을 제공하는 구동유닛(130; 도 1 참조)과, 베이스 디스크(110)에 결합되는 한 쌍의 자동 밸런서(140)(340)와, 베이스 디스크(110)의 상면에 설치되는 밸런싱 웨이트(210)를 포함한다. 이러한 유성형 볼 밀 장치(300)는 앞서 설명한 유성형 볼 밀 장치(200)와 비교하여 베이스 디스크(110)의 외곽에 한 쌍의 자동 밸런서(140)(340)가 배치되는 점에서 차이가 있다.
- [0094] 한 쌍의 자동 밸런서(140)(340)는 베이스 디스크(110)의 외곽을 겹겹이 둘러싸도록 베이스 디스크(110)의 외곽에 차례로 결합되어 베이스 디스크(110)와 함께 회전한다. 베이스 디스크(110)의 외곽에 직접 결합되는 첫 번째 자동 밸런서(140)는 베이스 디스크(110)에 결합되는 링 모양의 밸런서 하우징(141)과, 밸런서 하우징(141) 내측에서 유동하는 복수의 밸런싱 매스(144)와, 밸런서 하우징(141)의 내부에 충전되는 점성 유체(146)를 포함하는 것으로, 그 구체적인 구조는 앞서 설명한 것과 같다.
- [0095] 두 번째 자동 밸런서(340)는 첫 번째 자동 밸런서(140)의 외곽을 둘러싸도록 첫 번째 자동 밸런서(140)에 비해 직경이 큰 것으로, 첫 번째 자동 밸런서(140)의 외곽에 결합되는 링 모양의 밸런서 하우징(341)과, 밸런서 하우징(341) 내측에서 유동하는 복수의 밸런싱 매스(344)와, 밸런서 하우징(341)의 내부에 충전되는 점성 유체(346)를 포함한다. 밸런서 하우징(341)의 내측에는 복수의 밸런싱 매스(344) 및 점성 유체(346)가 수용되는 링 모양의 볼 트랙(342)이 마련된다.
- [0096] 본 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치(300)는 베이스 디스크(110)의 외곽에 차례로 결합되는 한 쌍의 자동 밸런서(140)(340)를 통해 질량 불균형을 자동으로 보상함으로써 불균형에 의한 진동을 효과적으로 저감시킬 수 있다.
- [0097] 베이스 디스크(110)에 결합되는 하나의 자동 밸런서(140)는 정상 상태에서의 진동을 효과적으로 잡아줄 수 있다. 그러나 자동 밸런서(140)의 밸런싱 매스(144)이 제자리를 잡기까지 과도 상태에서는 오히려 진동이 커지는 경우가 발생할 수 있다. 또한, 분쇄 용기(120) 안의 분쇄 볼이 분쇄 용기(120) 벽면을 때릴 때 발생하는 충격에 의해 진동이 발생 할 수 있는데, 이 같은 진동은 단일 구조의 자동 밸런서(140)로는 감소시키는데 한계가 있다.
- [0098] 이에 반해, 본 실시예와 같이 복수의 자동 밸런서(140)(340)를 통한 다중 자동 밸런서 구조를 적용하면 이와 같은 과도 상태의 진동을 효과적으로 줄여줄 수 있다. 각 자동 자동 밸런서(140)(340) 내부의 점성 유체(146)(346)는 점성 계수를 서로 다른 것을 이용하면 과도 상태의 진동을 더욱 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0099] 도면에는 다중 자동 밸런서 구조로 베이스 디스크(110)의 외곽에 한 쌍의 자동 밸런서(140)(340)가 차례로 배치되는 것으로 나타냈으나, 다중 자동 밸런서 구조에서 자동 밸런서는 2개 이상의 다양한 개수로 구비될 수 있다.
- [0100] 한편, 도 16은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이다.
- [0101] 도 16에 나타난 유성형 볼 밀 장치(400)는 베이스 디스크(110)와, 베이스 디스크(110)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(120)와, 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)를 회전시키기 위한 회전력을 제공하는 구동유닛(130; 도 1 참조)과, 베이스 디스크(110)에 결합되는 자동 밸런서(440)를 포함한다. 이러한 유성형 볼 밀 장치(400)는 자동 밸런서(440)의 구조가 다소 변형된 것이다.
- [0102] 자동 밸런서(440)는 베이스 디스크(110)에 결합되는 밸런서 하우징(141)과, 밸런서 하우징(141) 내측에서 유동하는 복수의 밸런싱 매스(444)와, 밸런서 하우징(141)의 내부에 충전되는 점성 유체(146)를 포함한다. 밸런싱 매스(444)는 비구형 형상으로 이루어진다. 이러한 밸런싱 매스(444)는 원기둥 형상 등 밸런서 하우징(141)의 내측에서 회전하지 않고 볼 트랙(142)을 따라 움직일 수 있는 다양한 비구형 형상을 취할 수 있다.
- [0103] 한편, 도 17은 본 발명의 제 5 실시예에 따른 유성형 볼 밀 장치를 간략화하여 나타난 평면도이고, 도 18은 도 17에 나타난 유성형 볼 밀 장치의 일부분을 나타낸 단면도이다.
- [0104] 도 17에 나타난 유성형 볼 밀 장치(500)는 베이스 디스크(110)와, 베이스 디스크(110)에 상대 회전 가능하게 결합되는 분쇄 용기(120)와, 베이스 디스크(110) 및 분쇄 용기(120)를 회전시키기 위한 회전력을 제공하는 구동유닛(130; 도 1 참조)과, 베이스 디스크(110)에 결합되는 자동 밸런서(540)를 포함한다. 이러한 유성형 볼 밀 장치(400)는 자동 밸런서(540)의 구조가 다소 변형된 것이다.
- [0105] 자동 밸런서(540)는 베이스 디스크(110)에 결합되는 밸런서 하우징(141)과, 밸런서 하우징(141) 내측에서 유동하는 복수의 밸런싱 매스(144)와, 복수의 밸런싱 매스(144) 사이에 개재되도록 밸런서 하우징(141)의 내부에 배

치되는 복수의 스페이서(550)와, 밸런서 하우징(141)의 내부에 충전되는 점성 유체(146)를 포함한다. 복수의 스페이서(550)는 밸런싱 매스(144)와 밸런싱 매스(144) 사이에 개재됨으로써 밸런싱 매스(144) 간의 충동을 막아 주고 밸런싱 매스(144)의 충동에 의한 충격을 완충하는 역할을 한다. 스페이서(550)의 양측에는 볼 형상의 밸런싱 매스(144)가 접촉할 수 있는 오목면(551)이 각각 구비된다. 스페이서(550)는 밸런싱 매스(144)의 충동에 의한 충격을 흡수할 수 있도록 탄성력을 갖는 소재로 이루어질 수 있다.

[0106] 스페이서(550)의 구조는 다양하게 변경될 수 있다. 예를 들어, 도 19에 나타낸 스페이서(560)는 점성 유체(146)가 통과할 수 있도록 양측 단부를 관통하는 형상의 통로(561)가 마련된 것이다. 이러한 스페이서(560)는 점성 유체(146)가 통로(561)를 통해 통과할 수 있어 점성 유체(146) 속에서 더욱 원활하게 유동할 수 있다. 그리고 도 20에 나타낸 스페이서(570)는 코일 스프링 형상으로 이루어진 것이다. 이러한 스페이서(570)는 밸런싱 매스(144)의 충돌 시 탄성 변형됨으로써 밸런싱 매스(144)의 충동에 의한 충격을 완충할 수 있다. 이 밖에, 스페이서는 밸런싱 매스(144)와 밸런싱 매스(144) 사이에 배치되어 밸런싱 매스(144) 간의 충동을 막고 밸런싱 매스(144)의 충동에 의한 충격을 완충할 수 있는 다양한 다른 구조를 취할 수 있다.

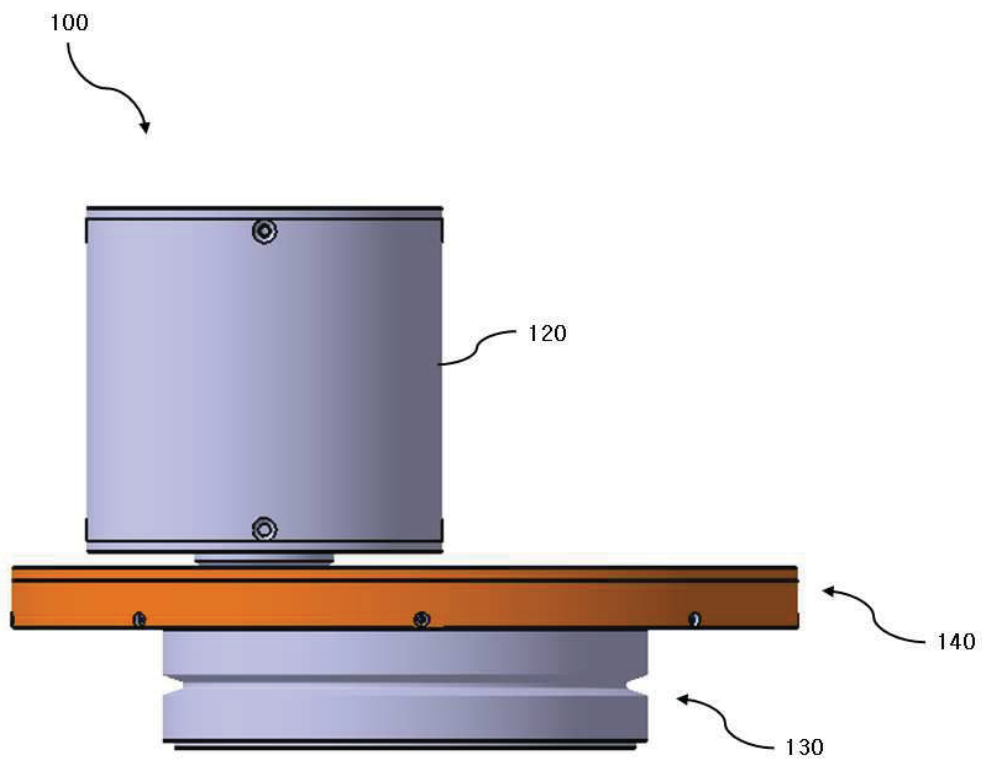
[0107] 이상, 본 발명을 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다. 오히려 첨부된 청구범위의 사상 및 범위를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다.

**부호의 설명**

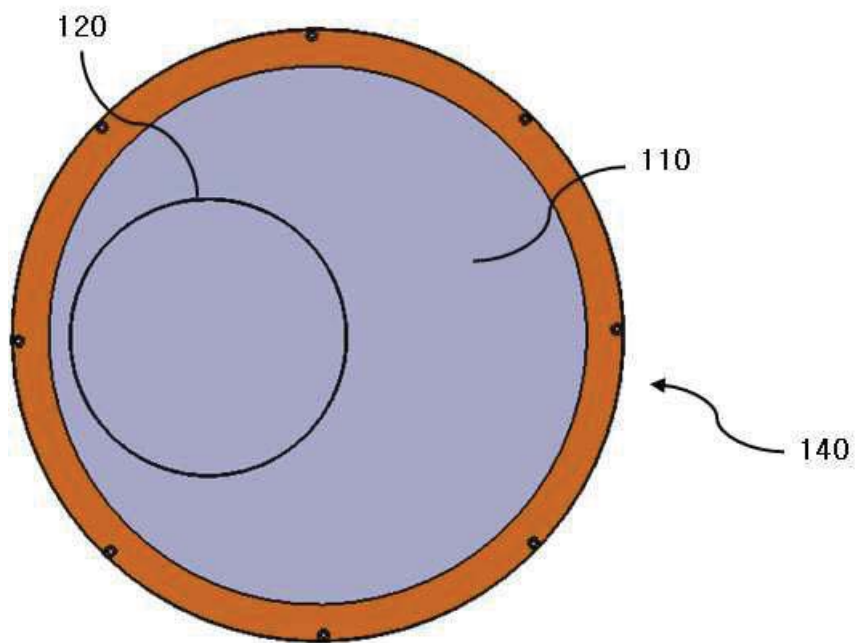
- [0108] 100, 200, 300, 400, 500 : 유성형 볼 밀 장치
- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 110 : 베이스 디스크          | 120 : 분쇄 용기            |
| 130 : 구동유닛             | 132 : 디스크 구동부          |
| 134 : 용기 구동부           | 136 : 구동부 베이스          |
| 140, 340, 440 : 자동 밸런서 | 141, 341 : 밸런서 하우징     |
| 142, 342 : 볼 트랙        | 144, 344, 444 : 밸런싱 매스 |
| 146, 346 : 점성 유체       | 210 : 밸런싱 웨이트          |
| 550, 560, 570 : 스페이서   | 551 : 오목면              |
| 561 : 통로               |                        |

도면

도면1

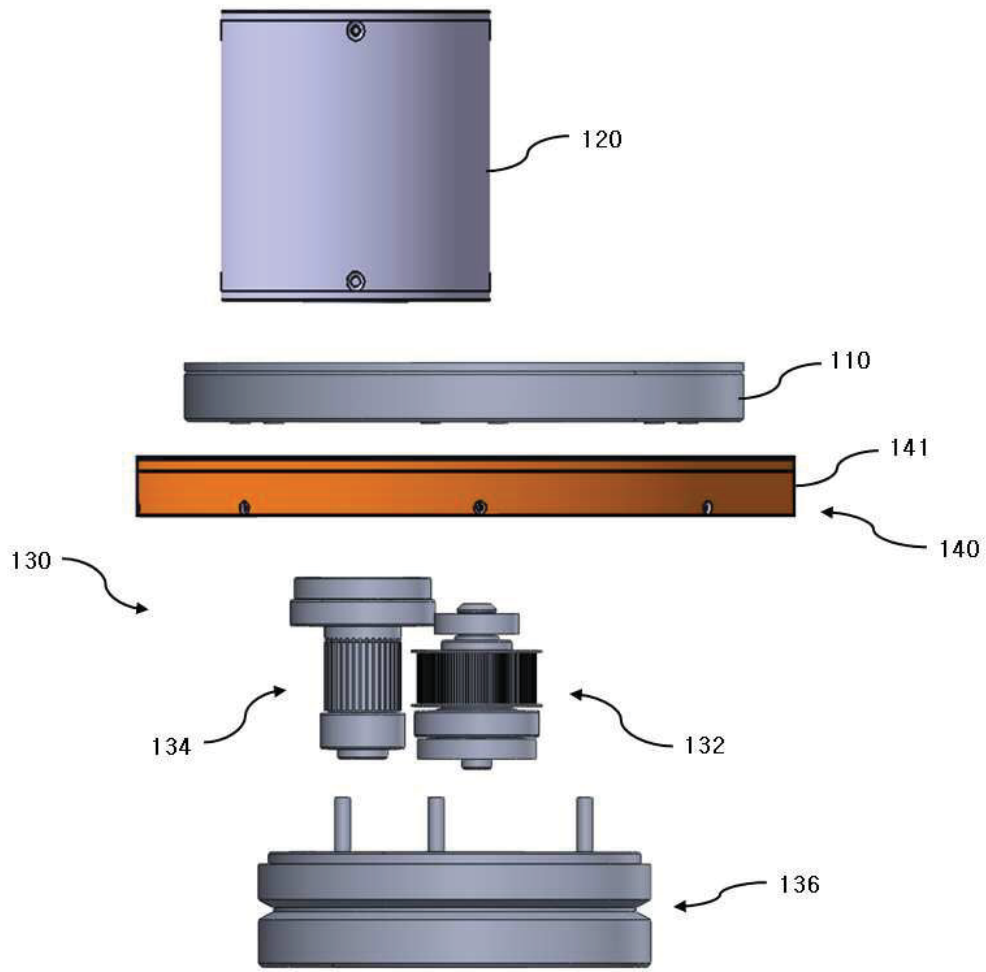


도면2

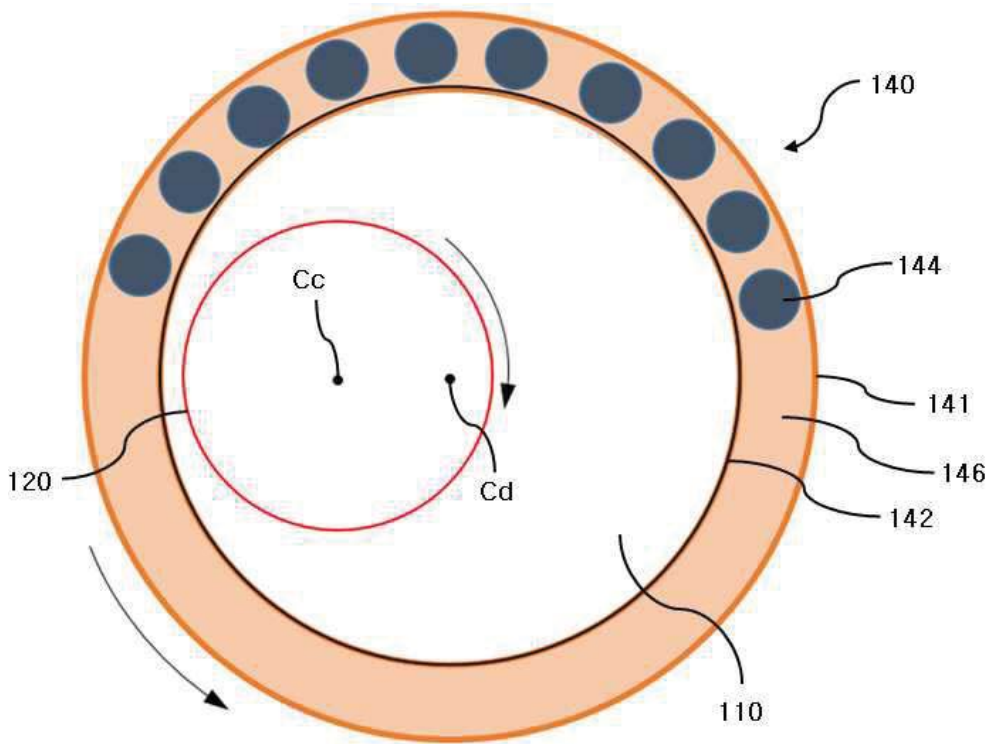




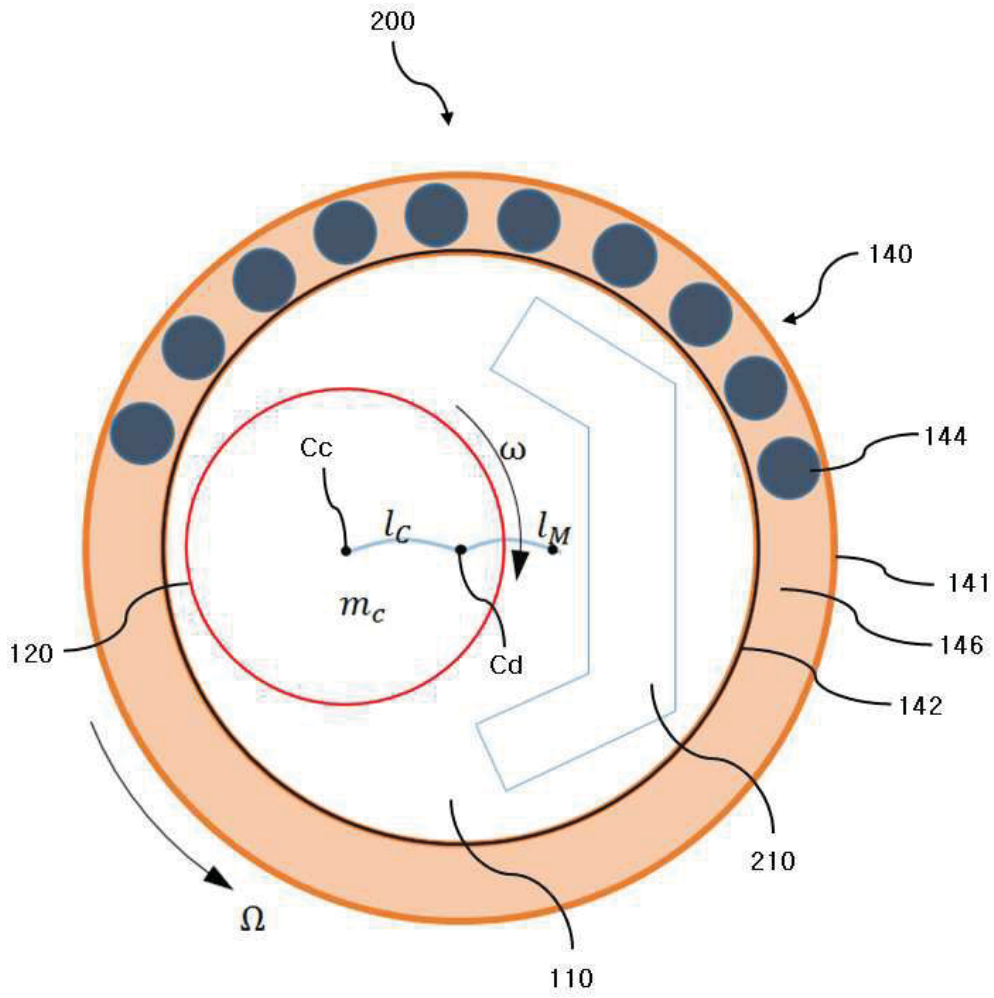
도면3



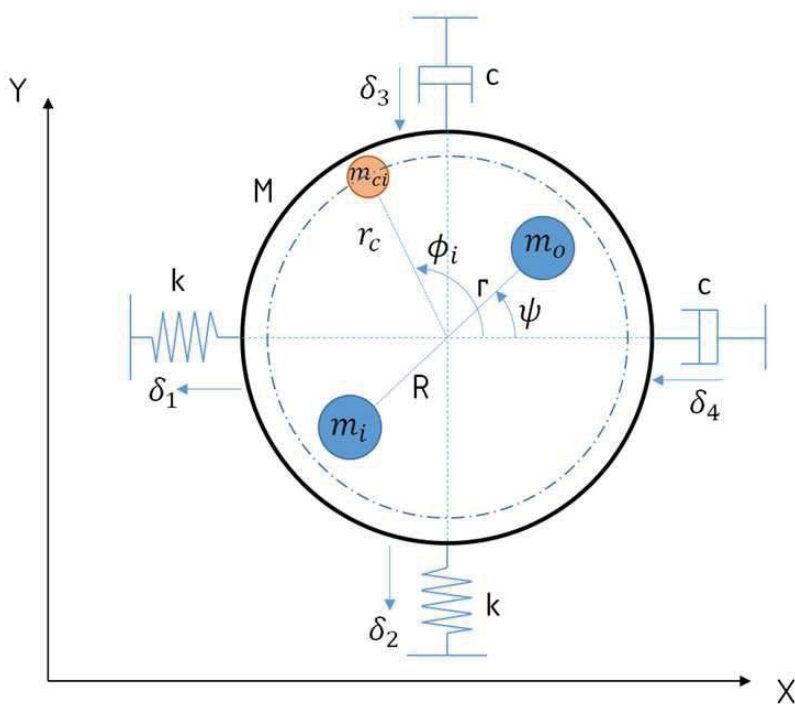
도면4



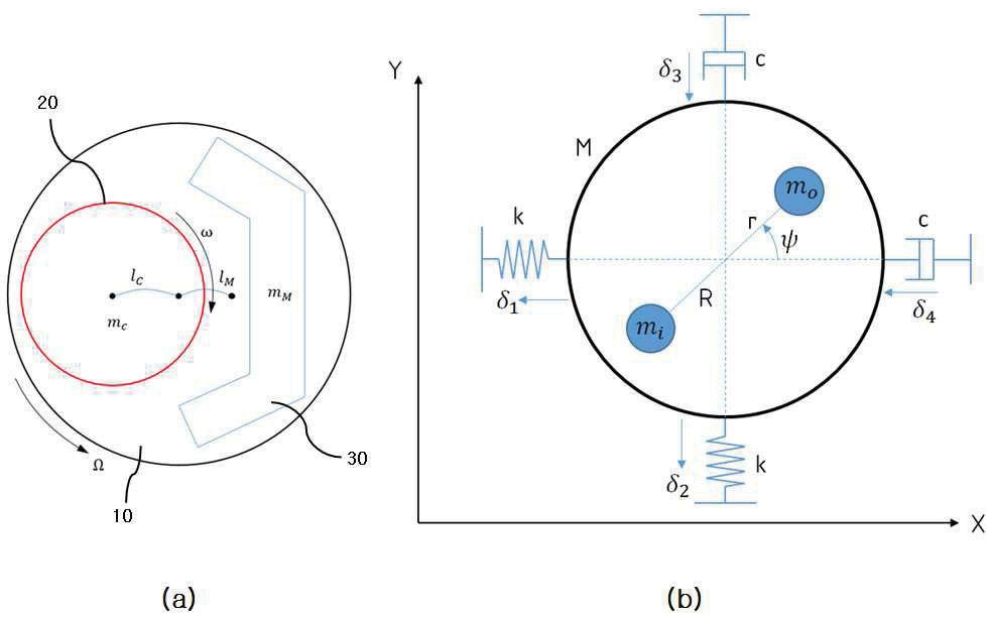
도면5



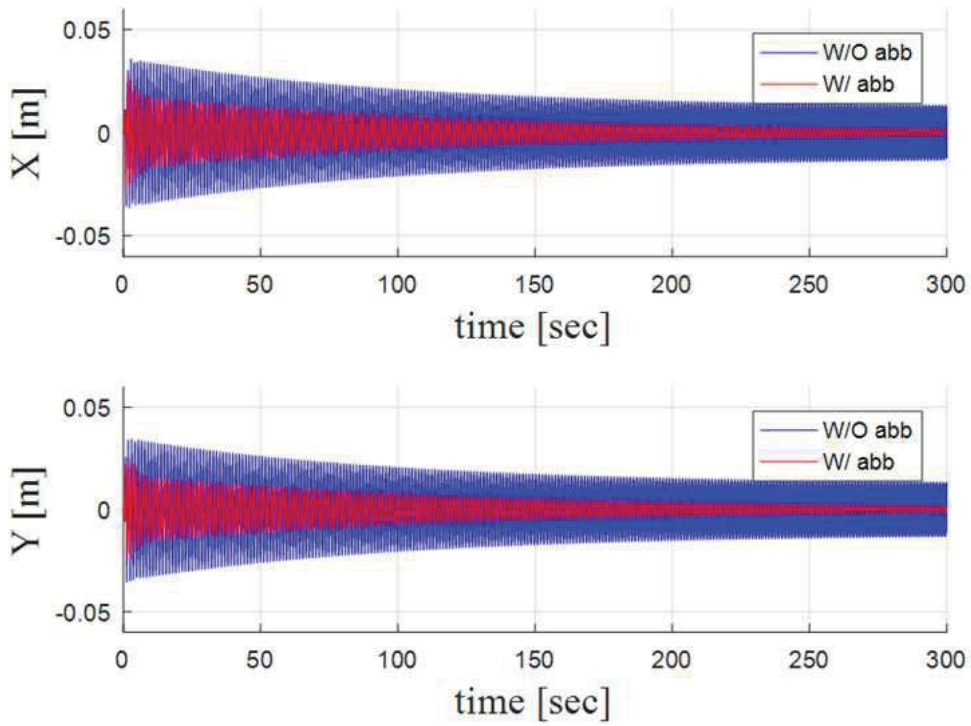
도면6



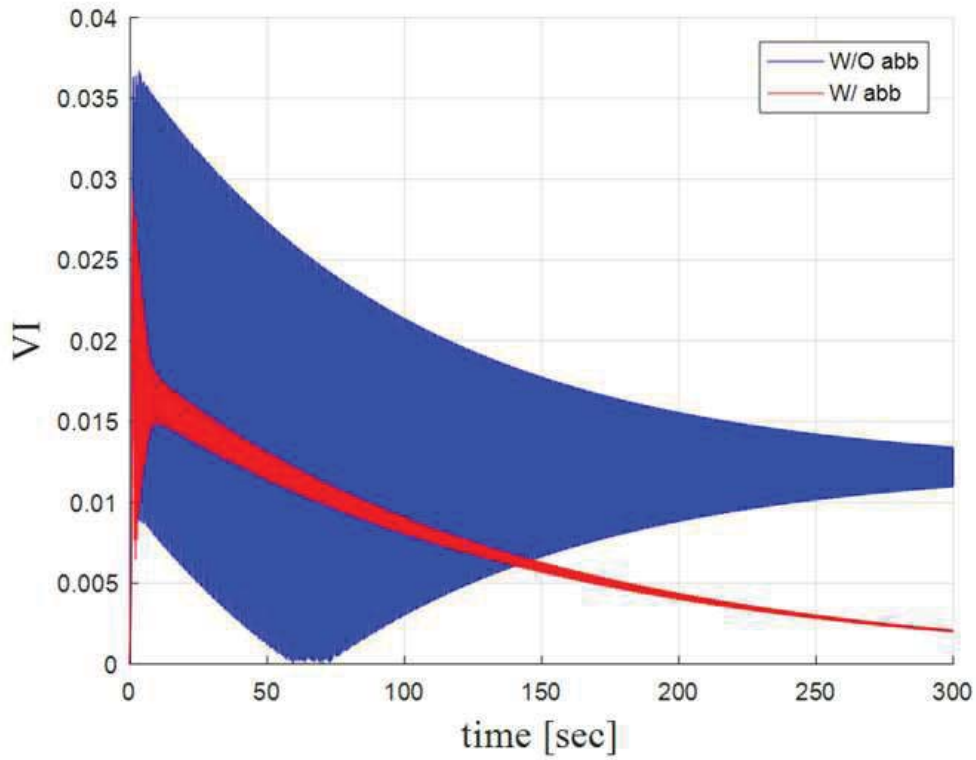
도면7



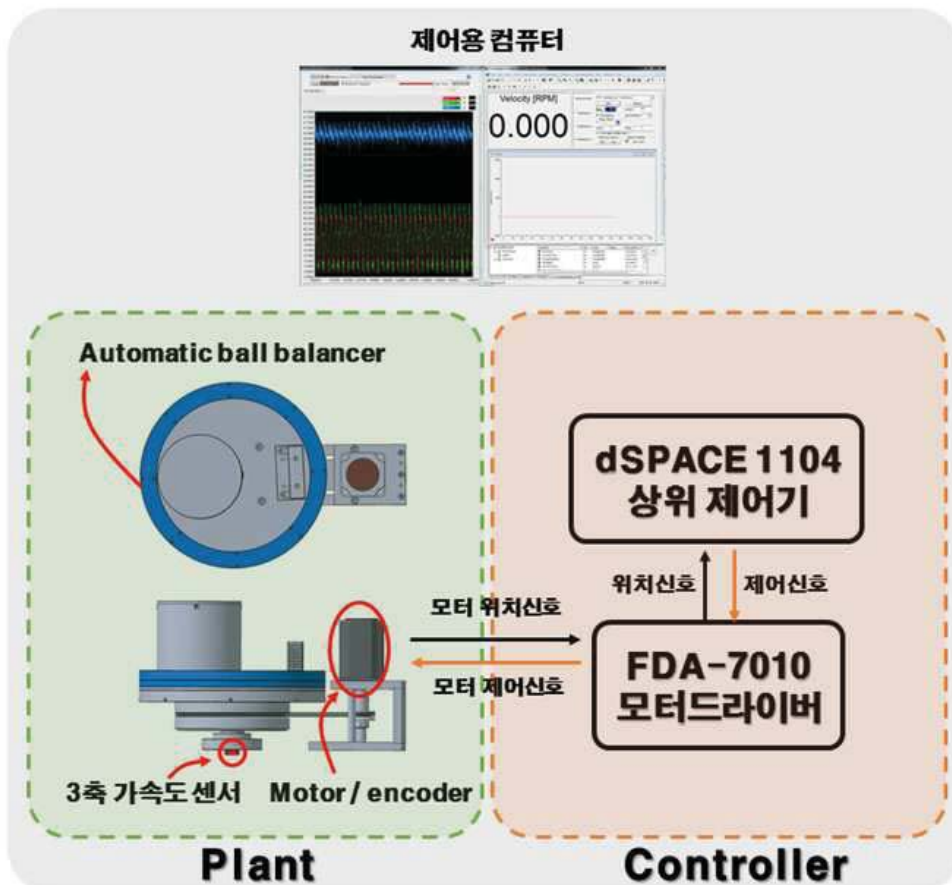
도면8



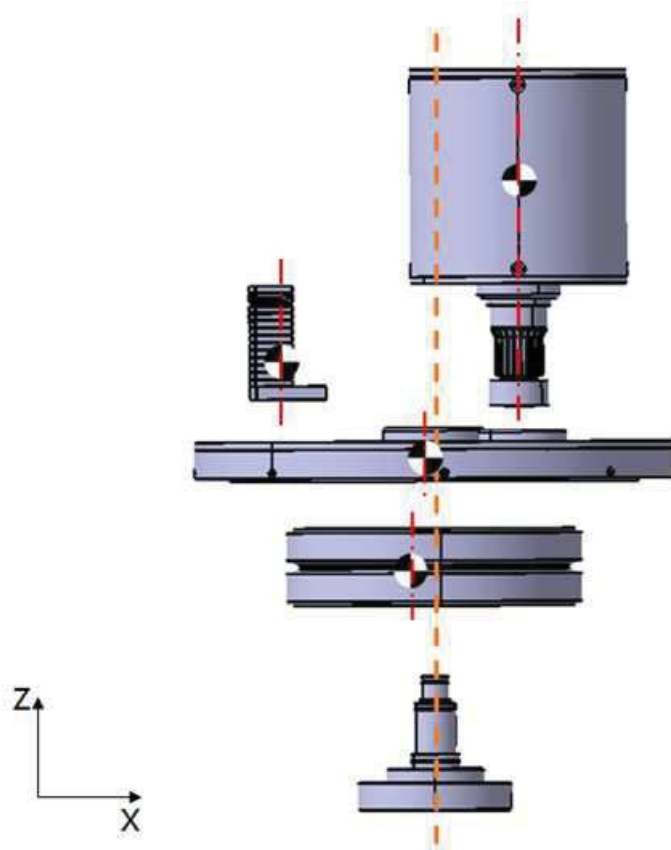
도면9



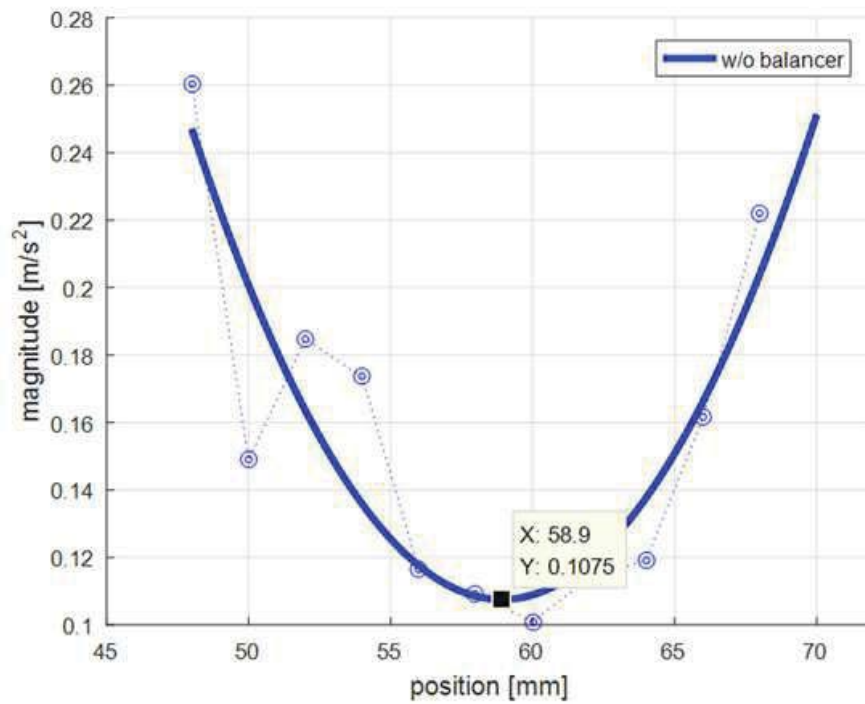
도면10



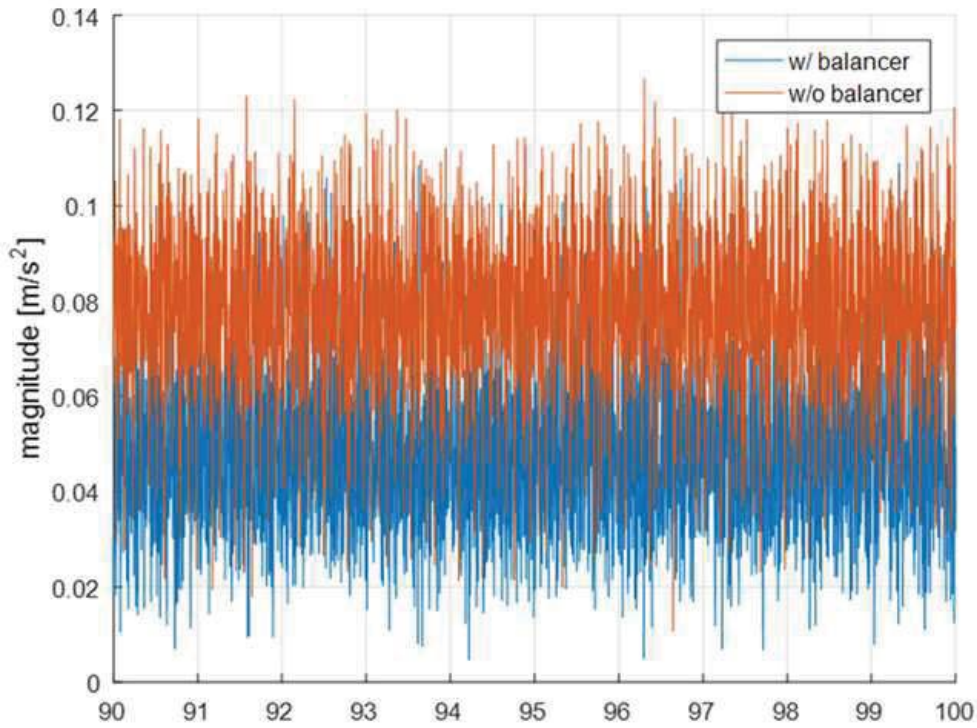
도면11



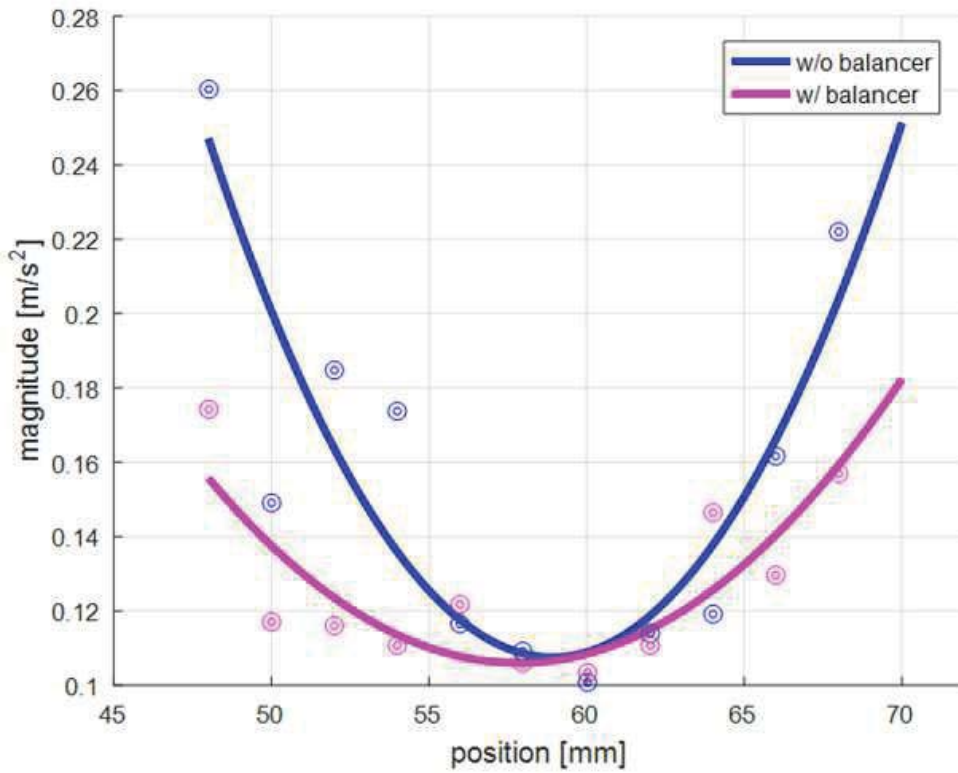
도면12



도면13



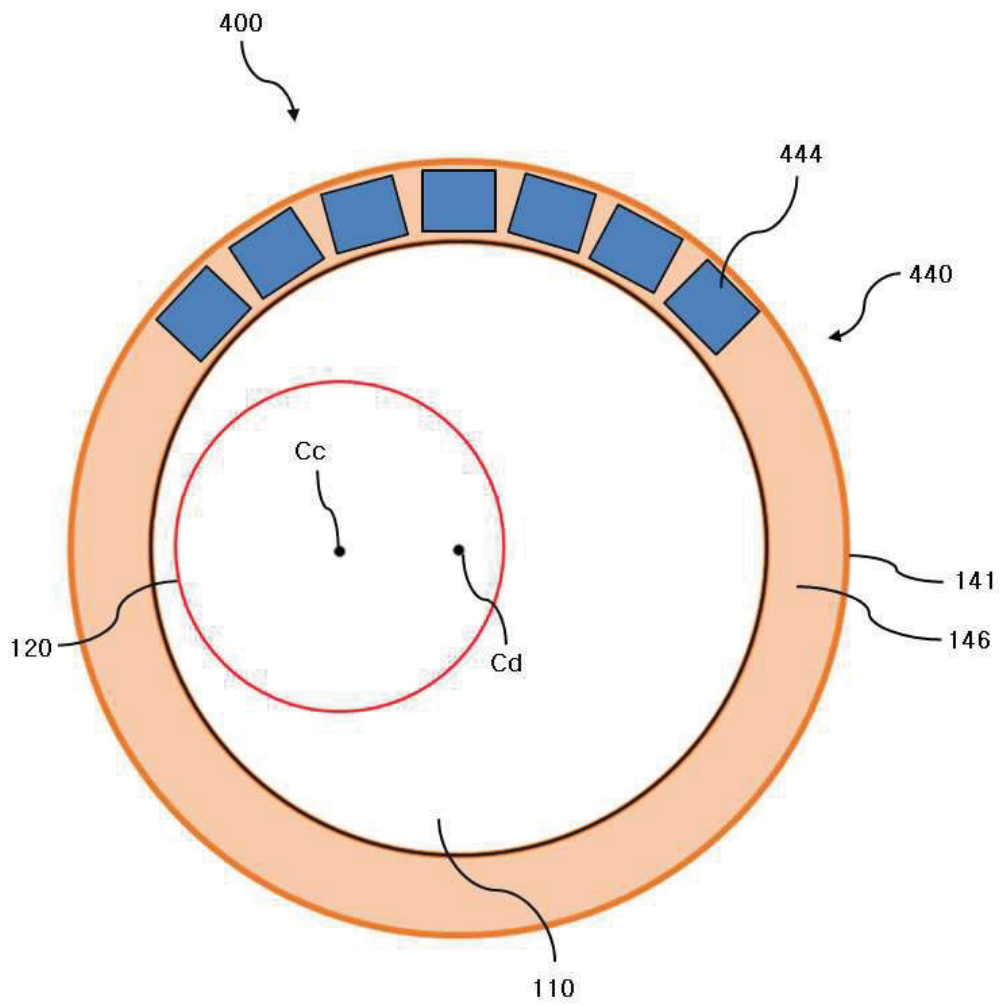
도면14



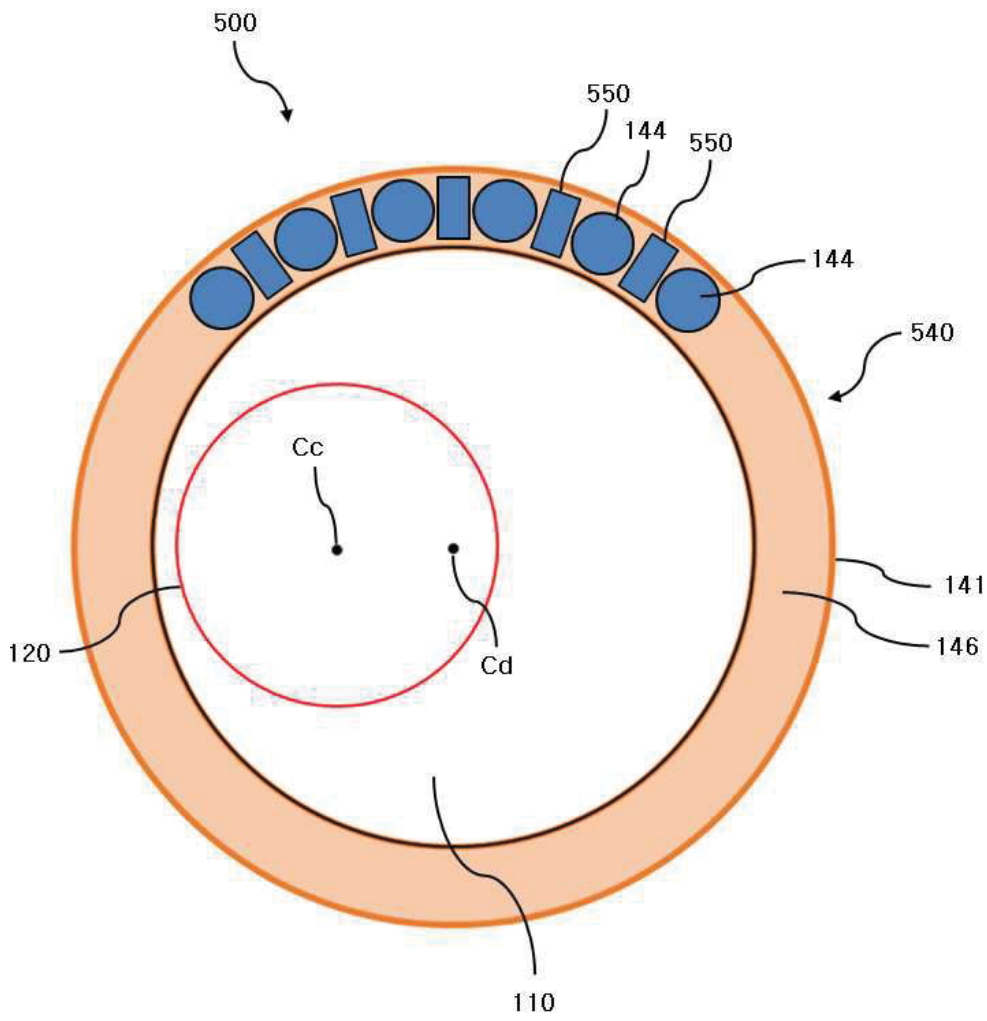




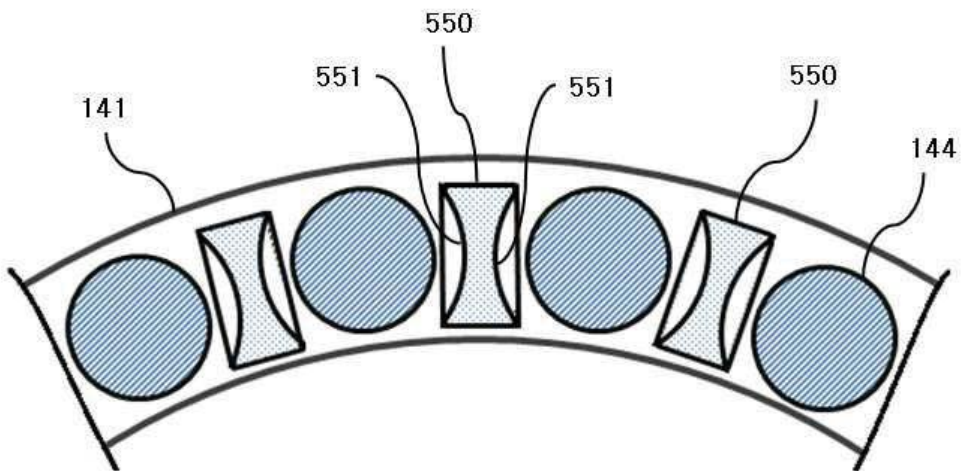
도면16



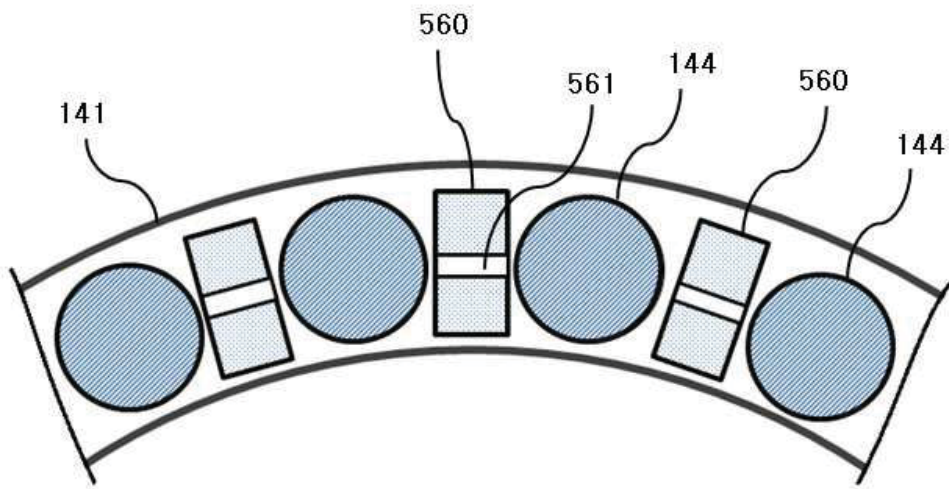
도면17



도면18



도면19



도면20

