



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0060433  
(43) 공개일자 2014년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 19/00 (2011.01) B02C 25/00 (2006.01)  
G01N 15/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0126917  
(22) 출원일자 2012년11월09일  
심사청구일자 2012년11월09일  
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인  
창원대학교 산학협력단  
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20 (퇴촌동)  
(72) 발명자  
최희규  
부산광역시 동래구 충렬대로107번길 54, 19동 107호 (온천동, 럭키아파트)  
이재현  
서울특별시 강동구 고덕로62길 76 ,5동 303호(명일동, 우성아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 14 항

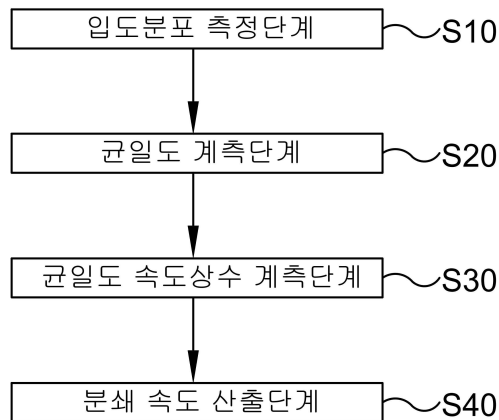
(54) 발명의 명칭 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 균일도를 이용한 분쇄속도 산출방법 및 그 장치

### (57) 요약

본 발명은 분쇄속도 산출방법 및 그 산출장치를 제공한다.

본 발명의 분쇄속도 산출방법은 입도분포 측정단계, 균일도 계측단계, 균일도 속도상수 계측단계, 분쇄속도 산출단계를 포함한다. 본 발명에 따르면, 균일도를 적용하여 균일도 속도상수를 계측하는 단계를 수행함으로써, 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 분쇄속도 특성을 파악할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**김성수**

경상남도 창원시 성산구 안민로 161, 106동 1103호  
(안민동, 한솔아파트)

**김혜경**

경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 호원로 359,  
207동 504호 (내서읍, 코오롱하늘채2차아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0030801

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기초연구사업, 선도연구센터지원사업

연구과제명 메카트로닉스 융합부품소재 연구센터

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.01 ~ 2018.08.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정단계;  
 상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 측정하는 균일도 측정단계;  
 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 측정하는 균일도 속도상수 측정단계; 및  
 상기 측정된 균일도 속도상수 계산값을 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출단계;  
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 입도분포 측정단계는,  
 시료를 채취하여 분산하는 단계;  
 상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 단계; 및  
 상기 데이터를 분석하여 나타내는 단계;  
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
 상기 균일도 측정 단계에서,  
 상기 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자크기로 제산하여 측정하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
 상기 균일도 속도상수 측정단계는,  
 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계;  
 상기 회귀분석으로 나타낸 그래프의 기울기 값을 구하는 단계; 및  
 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 그래프로 도시하는 단계;  
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계에서,  
 독립변수는 시료의 농도인 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,  
 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계에서,

중속변수는 균일도인 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 분쇄속도 산출 단계에서,

균일도 속도상수는 하기 수학적식;

$$K = a_3 \exp(-b_3 C_s)$$

(여기에서, K는 분쇄속도 상수이며, a, b는 파라미터이고, C는 시료의 농도이다)

에 적용하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출방법.

#### 청구항 8

시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정부;

상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 측정하는 균일도 측정부;

상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 측정하는 균일도 속도상수 측정부;

상기 측정된 균일도 속도상수 계산값을 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출부; 및

상기 분쇄속도를 디스플레이하는 분쇄속도 디스플레이부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 입도분포 측정부는,

시료를 채취하여 분산하는 분산부;

상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 데이터 수집부; 및

상기 데이터를 분석하여 나타내는 데이터 분석부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 균일도 측정부에서,

상기 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자크기로 제산하여 측정하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 균일도 속도상수 측정부는,

상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 기울기 값을 구하고, 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 나타내는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 회귀분석에서 독립변수는 미지시료의 농도인 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 회귀분석에서 종속변수는 균일도인 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

#### 청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 분쇄속도 산출부에서,

균일도 속도상수는 하기 수식식;

$$K = a_3 \exp(-b_3 C_s)$$

(여기에서, K는 분쇄속도 상수이며, a, b는 파라미터이고, C는 시료의 농도이다)

에 적용하는 것을 특징으로 하는 분쇄속도 산출장치.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 분쇄속도 산출방법 및 그 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 균일도를 적용한 균일도 속도상수를 통해 분쇄특성을 파악할 수 있는 분쇄속도 산출방법 및 그 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 분체는 작은 크기의 고체 입자가 모여 새로운 상을 형성한 것으로 일반적인 고체, 액체, 기체 3 상과는 다른 고유한 성질을 가지며 산업 전반에 걸쳐 널리 이용되고 있다. 이러한 분체의 특성을 결정하는 가장 큰 인자는 분체의 입도인데, 최근 급격한 산업의 발달로 인하여 요구되어지는 분체의 입도 규격은 나노급으로 매우 미세해지고 있다.

[0003] 이러한 분체 제조는 분쇄, 입자의 이송, 분급 등 여러 공정이 필요하지만 가장 대표적인 것이 실제적으로 작은 입자를 생성하는 분쇄공정이다.

[0004] 분쇄란 고체 입자에 힘을 가해 잘게 부수거나 잘라내어 작은 입자로 만드는 입도 감소를 의미한다. 고체를 잘게 부수는 목적은 고체의 표면적을 증가시켜 연소반응 속도를 높이고, 건조나 추출의 속도를 증가시키며, 입도를 작게 함으로써 고체의 혼합을 용이하게 하거나 분체의 색상을 개선하기 위함이다. 분쇄는 쇄제입자의 크기에 따라 조쇄, 중쇄, 미분쇄 등으로 구별되고, 1 마이크로 이하로 분쇄할 때 초미분쇄(Ultrafine Grinding)라고 한다.

[0005] 분쇄공정은 하나의 공정이 아닌 입자 크기에 따른 여러 단계의 공정을 이용하는 것이 일반적이다. 최초의 분쇄 공정인 '조분쇄'는 원광으로부터 수십 mm의 입도를 만드는 공정이며, 생산물을 다시 분쇄하여 수 μm의 입도를 만드는 것을 '1차 분쇄공정'이라 하고, 1차 분쇄공정의 분쇄산물을 초미분쇄 장비를 이용, 최종적으로는 나노급 분체를 만드는 것을 '2차 분쇄공정'이라 말할 수 있다. 이러한 분쇄공정들은 각 공정마다 대단히 많은 양이 처리되며 이에 따라 투입되는 에너지와 공정 제조비용이 높다. 특히, 초미분쇄 공정은 고 에너지 소모형 공정이기 때문에 아주 작은 효율의 증가로도 매우 큰 에너지 개선 효과를 얻을 수 있다.

[0006] 최근 신소재 분야의 발전과 더불어 미립자 제조에 관심이 집중되고 있는 바, 분쇄는 쉬운 조작과, 간단한 구성, 빠른 분쇄속도, 높은 분쇄 효율 등이 중요한 요소로서 작용한다.

[0007] 구체적으로, 분쇄를 하는 과정에서 분쇄의 속도를 아는 것은 중요하며, 분쇄속도상수는 분쇄공정의 예측을 위해 필요한 매우 중요한 인자이다. 따라서, 종래에 여러가지 형태의 분쇄속도 상수를 구하는 방법이 제안되었다.

[0008] 분쇄기로는 유성볼밀, 시료로는 방해석, 납석, 활석의 세가지 무기분말을 사용하고, 분쇄매체로서 혼합볼을 사용하여 분쇄속도상수에 관한 이론이 제안된 바 있으며(Choi, W. S., Chung, H. Y., Yoon, B. R. and Kim, S.

S.: Powder Technol., 115, 209, (2001)), 볼밀에서 석고를 시료로 사용한 회분식 분쇄 실험에서 원료와 매체의 크기가 분쇄속도상수에 미치는 영향에 대한 이론(Kanda, Y., Simodaira, K., Kotake, N. and Abe, y.: J.Soc. Powder Technol., Japan, 35, 12 (1998))도 소개된 바 있다.

[0009] 그러나, 상기 이론은 분쇄속도 산출방법이 복잡하여 분쇄속도를 산출함에 있어서 어려움이 따르며, 그에 따라 분쇄효율도 저하되는 문제점이 있다.

## 선행기술문헌

### 비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) Choi, W. S., Chung, H. Y., Yoon, B. R. and Kim, S. S.: Powder Technol., 115, 209, (2001)

(비특허문헌 0002) Kanda, Y., Simodaira, K., Kotake, N. and Abe, y.: J.Soc. Powder Technol., Japan, 35, 12 (1998)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 도출된 것으로, 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 균일도를 적용한 균일도 속도상수를 이용하여 분쇄속도를 산출하는 방법을 제공하는 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명의 두 번째 목적은 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 균일도를 적용한 균일도 속도상수를 이용하여 분쇄속도를 산출하는 장치를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0013] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 분쇄속도를 산출하는 방법은, 시료의 입도분포값을 측정하는 입도 분포 측정단계; 상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 구하는 균일도 계측단계; 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 구하는 균일도 속도상수 계측단계; 및 상기 계측된 균일도 속도상수 계산값을 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 입도분포 측정단계는, 시료를 채취하여 분산하는 단계; 상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 단계; 및 상기 데이터를 분석하여 나타내는 단계;를 포함하여 수행할 수 있다.

[0015] 상기 균일도 계측 단계에서, 상기 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자크기로 제산하여 계측할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 균일도 속도상수 계측단계는, 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계; 상기 회귀분석으로 나타낸 그래프의 기울기 값을 구하는 단계; 및 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 그래프로 도출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계에서, 독립변수는 시료의 농도이며, 종속변수는 균일도일 수 있다.

[0018] 상기 분쇄속도 산출 단계에서, 균일도 속도상수는 하기 수학적식;

$$K = a_3 \exp(-b_3 C_s)$$

[0019]

(여기에서, K는 분쇄속도 상수이며, a, b는 파라미터이고, C는 시료의 농도이다)에 적용할 수 있다.

[0020]

[0021] 본 발명의 두 번째 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 분쇄속도 산출장치는 시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정부; 상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 계측하는 균일도 계측부; 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 구하는 균일도 속도상수 계측부; 상기 계측된 균일도 속도상수 계산값을

이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출부; 및 상기 분쇄속도를 디스플레이하는 분쇄속도 디스플레이부;를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 입도분포 측정부는 시료를 채취하여 분산하는 분산부; 상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 데이터 수집부; 및 상기 데이터를 분석하여 나타내는 데이터 분석부;를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 균일도 계측부에서, 상기 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자크기로 제산하여 계측할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 균일도 속도상수 계측부는, 상기 균일도 계산값을 회귀분석하여 기울기 값을 구하고, 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 계측할 수 있다.

[0025] 상기 회귀분석에서 독립변수는 시료의 농도일 수 있으며, 종속변수는 균일도일 수 있다.

[0026] 상기 분쇄속도 산출부에서, 균일도 속도상수는 하기 수학적식;

$$K = a_3 \exp(-b_3 C_s)$$

[0027]

(여기에서, K는 분쇄속도 상수이며, a, b는 파라미터이고, C는 시료의 농도이다)

[0028]

에 적용할 수 있다.

[0029]

### 발명의 효과

[0030] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 균일도를 적용한 균일도 속도상수를 계측 및 산출하는 단계를 수행함으로써, 분쇄공정에서 분쇄된 입자들의 분쇄속도 특성을 파악할 수 있다.

[0031] 또한, 분쇄특성을 파악함에 있어서 산출방법이 간단하고, 균일도를 적용한 균일도 속도상수는 분쇄특성을 정량적으로 표시할 수 있으므로, 분쇄 효율을 향상시키는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 순서도이다;

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조되는 분쇄속도 산출장치를 개략적으로 도시한 도면이다;

도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 각 슬러리 농도별 누적 입자 크기 분포도이다;

도 4는 본 발명의 실시예 2에 따른 각 슬러리 농도별 누적 입자 크기 분포도이다;

도 5는 본 발명의 실시예 1에 따른 각 슬러리 농도별 분쇄시간에 따른 균일도 변화를 나타낸 그래프이다;

도 6은 본 발명의 실시예 2에 따른 각 슬러리 농도별 분쇄시간에 따른 균일도 변화를 나타낸 그래프이다;

도 7은 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2에 따른 각각의 회전속도에 대한 슬러리 농도에 따른 균일도 속도상수를 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하에서는 실시예 등을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하지만, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명의 범주가 그것에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0034] 본 발명은 분쇄공정에서 균일도를 적용하여 분쇄속도를 산출하는 방법을 제공한다.

[0035] 하나의 바람직한 예에서, 시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정단계; 상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 계측하는 균일도 계측단계; 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 계측하는 균일도 속도상수 계측단계; 및 상기 계측된 균일도 속도상수 계산값을 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출단계;를 포함하는 방법으로 분쇄속도를 산출해낼 수 있다.

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 순서도이다.

[0037] 도 1을 참조하면, 본 발명은 입도분포 측정 단계(S 10)에서 시료의 입도분포를 측정하여 균일도 계산값을 계측

(S 20)하고, 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수를 계측(S 30)하여 분쇄속도를 산출(S 40)할 수 있다.

[0038] 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 분쇄속도를 산출하는 방법은 균일도를 적용한 균일도 속도상수를 계측 및 산출하는 단계를 수행함으로써, 분쇄공정에서 입자들의 분쇄속도 특성을 파악할 수 있다. 또한, 얻어진 데이터에 분쇄속도론을 적용하여 회전속도 및 슬러리 농도가 분쇄속도 상수에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

[0039] 상기 입도분포 측정단계에서, 시료를 채취하여 분산하는 단계; 상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 단계; 및 상기 데이터를 분석하여 나타내는 단계;를 수행할 수 있다.

[0040] 구체적으로, 시료 채취는 전체 분체에서 채취하는 확률적 방법과 임의적으로 채취하는 비확률적 방법 등이 있으며, 바람직하게는 확률적 방법이며 Riffler 등을 이용해서 수행할 수 있다. 입도분포 측정을 위한 전처리 과정으로서 분산 단계는 매우 중요하다. 즉, 입도분포를 정확히 해주기 위해서는 분산 상태가 양호해야하며, 이를 위해서 분산제를 첨가할 수도 있다. 분체 간에 작용하는 힘으로는 인력으로 작용하는 반데르발스 힘(van der Waals Force)과 척력으로 작용하는 전기 이중층력(electrical double layer force)과 입체력(steric force)이 있다. 첨가되는 분산제는 이중층력과 입체력을 증가시켜 분산 상태를 최적화할 수 있는 분산제라면 특별히 제한되는 것은 아니지만, 바람직하게는 Sodium Hexametaphosphate, Sodium Pyrophosphate 등일 수 있다. 경우에 따라서는, 분산의 효과를 더욱 증가시키기 위해 초음파 처리를 수행할 수 있다.

[0041] 상기 채취 및 분산된 시료의 입도분포를 측정하기 위한 방법은 광산란 방식, 전기적 검지 방법 등이 있으며, 이것으로 한정하는 것은 아니다. 구체적으로, 광산란 방식이란 아주 미세 회석된 상태의 시료를 레이저 빔에 노출시켜 입자가 빛을 산란시킴으로써 발생하는 파장 신호 변화를 통해 입자의 크기를 분석하는 방식이다. 또한, 전기적 검지 방법으로는 Coulter 법칙을 기초로 전해질에 분산되어 있는 분말이 다른 쪽에 전극이 잠겨있는 조그만 구멍을 통해 지날 때 저항의 변화를 감지해 입자의 수와 크기를 결정하는 방법이다.

[0042] 입도분포 측정 방법을 통하여 데이터를 수집하고, 상기 데이터를 그래프, 테이블 등으로 나타내어 분석할 수 있다. 바람직하게는 누적분포 그래프를 도시하여 분석할 수 있다.

[0043] 측정된 입도분포값으로부터 각 입자들의 균일도 계산값을 계측할 수 있는 바, 균일도(Uniformity(-))란 함량비가 일정하게 유지되는 정도를 분산값으로 나타낸 것을 의미하며, 균일도 계산값과 균일도는 유사 또는 동일한 의미로 상호교환하여 사용될 수 있다. 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자크기로 제산하여 계측할 수 있는 것으로, 하기 수학적 식 1과 같이 표시될 수 있다.

## 수학적 식 1

$$Uniformity(-) = \frac{(x_{90} - x_{10})}{x_{50}}$$

[0044]

[0045] 이에 본 발명은 상기 균일도 수학적 식 1을 이용하여 농도에 따른 균일도 계산값을 계측할 수 있다. 상기 계측된 균일도 계산값을 이용하여, 균일도 속도상수를 계측할 수 있는 바, 이는 상기 계산된 균일도를 회귀분석하여 그래프로 나타내는 단계; 상기 회귀분석으로 나타낸 그래프의 기울기 값을 구하는 단계; 및 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 그래프로 도시하는 단계;를 수행하여 균일도 속도상수를 계측할 수 있다.

[0046] 하나의 바람직한 예로서, 회전속도별 농도에 따른 균일도 계산값을 이용하여 회귀분석 그래프로 나타낼 수 있다. 이때, 독립변수는 시료의 농도이며, 종속변수는 균일도로 조작할 수 있다. 상기 회귀분석 그래프를 도시하는 방법은 함수변환 프로그램을 이용할 수 있으며, 회귀분석을 할 수 있는 프로그램이면 특별히 제한되지 않는다. 회귀분석으로 나타낸 그래프의 기울기 값을 구할 수 있으며, 상기 회귀분석 그래프의 기울기 값은 균일도 속도상수를 나타낸다. 상기 균일도 속도상수를 그래프로 도시할 수 있다.

[0047] 상기 균일도 속도상수 그래프에 의해 분쇄된 입자들의 분쇄특성을 정량적으로 파악할 수 있으며, 상기 과정을 통하여 분쇄속도를 산출할 수 있다. 또한, 균일도 속도상수는 하기와 같은 하기 수학적 식 2에 적용하여 파라미터 값을 나타낼 수 있다.

## 수학식 2

$$K = a_3 \exp(-b_3 C_s)$$

[0048]

[0049]

(여기에서, K는 분쇄속도 상수이며, a, b는 파라미터이고, C는 시료의 농도이다)

[0050]

또한, 본 발명은 분쇄공정에서 균일도를 적용한 분쇄속도 산출장치를 제공한다.

[0051]

하나의 바람직한 예에서, 시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정부; 상기 측정된 입도분포값으로부터 균일도 계산값을 측정하는 균일도 측정부; 상기 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 구하는 균일도 속도상수 측정부; 상기 측정된 균일도 속도상수 계산값을 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 분쇄속도 산출부; 및 상기 분쇄속도를 디스플레이하는 분쇄속도 디스플레이부;를 포함하는 구성일 수 있다.

[0052]

앞서 설명한 바와 같이, 분쇄속도를 산출하는 장치는, 분쇄공정에서 분쇄속도를 산출해냄에 있어서, 균일도라는 개념을 적용한 균일도 속도상수를 이용하여 분쇄속도를 산출해내는 효율적인 방식을 제공한다.

[0053]

상기 입도분포 측정부는, 예를 들어, 시료를 채취하여 분산하는 분산부; 상기 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하는 데이터 수집부; 및 상기 데이터를 분석하여 나타내는 데이터 분석부;를 포함하는 구성일 수 있다.

[0054]

입도분포 측정부를 통하여 데이터를 수집하고, 상기 데이터를 그래프 또는 테이블 등으로 나타내어 분석할 수 있으며, 바람직하게는 누적분포 그래프를 도시하여 분석할 수 있다.

[0055]

상기 입도분포 측정부에서 측정된 시료의 입도분포값으로부터 각 입자들의 균일도를 측정할 수 있는 바, 이는 상기 균일도 측정부에서 수행된다. 상기 균일도(U)는 입자크기에 대한 누적분포에서 90%의 입자에 대한 입자크기로부터 10%의 입자에 대한 입자크기를 감산하여 50%의 입자에 대한 입자 크기로 제산하여 측정할 수 있는 바, 즉, 균일도는 상기 수학식 1에 의해 측정될 수 있다.

[0056]

균일도 속도상수 측정부는 상기 계산된 균일도를 회귀분석하여 기울기 값을 구하고, 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 그래프 등으로 나타낼 수 있다.

[0057]

하나의 바람직한 예로서, 상기 균일도 속도상수 측정부는 회전속도별 농도에 따른 균일도 계산값을 이용하여 회귀분석 그래프로 나타낼 수 있다. 이때, 독립변수는 시료의 농도일 수 있으며, 종속변수는 균일도로 조작할 수 있다. 회귀분석으로 나타낸 그래프의 기울기 값을 나타낼 수도 있으며, 상기 회귀분석 그래프의 기울기 값은 균일도 속도상수일 수 있으며, 상기 균일도 속도상수를 그래프로 나타낼 수 있다.

[0058]

상기 나타내어진 균일도 속도상수 그래프에 의해 분쇄된 입자들의 분쇄특성을 정량적으로 파악할 수 있으며, 상기 과정을 통하여 분쇄속도 산출부에서 분쇄속도를 산출할 수 있다. 또한, 분쇄속도 산출부에서 균일도 속도상수에 상기와 같은 수학식 2에 적용하여 파라미터 값을 분쇄속도 디스플레이부에서 디스플레이할 수 있다.

[0059]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조되는 분쇄속도 산출장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0060]

도 2를 참조하면, 본 발명은 크게 입도분포 측정부(100), 균일도 측정부(200), 균일도 속도상수 측정부(300), 분쇄속도 산출부(400), 분쇄속도 디스플레이부(500)으로 구성되어 있으며, 상기 입도분포 측정부(100)는 분산부(110), 데이터 수집부(120), 데이터 분석부(130)로 구성될 수 있다.

[0061]

구체적으로, 시료의 입도분포값을 측정하기 위하여 시료의 입도분포값을 측정하는 입도분포 측정부(100)은 분산부(110)에서 시료를 채취하여 분산하고, 데이터 수집부(120)에서 상기 분산된 시료의 입도를 측정하여 데이터를 수집하며, 데이터 분석부(130)에서 수집된 데이터를 분석할 수 있다.

[0062]

상기 입도분포 측정부(100)를 통해 얻은 입도분포값의 균일도를 계산할 수 있는 바, 이는 균일도 측정부(200)에서 수행될 수 있다. 균일도 계산값으로부터 균일도 속도상수 계산값을 측정할 수 있는 바, 이는 균일도 속도상수 측정부(300)에서 수행되며, 상기 균일도 속도상수 측정부(300)는 균일도 계산값을 회귀분석하여 기울기 값을

구하고 상기 기울기 값을 이용하여 균일도 속도상수를 예측할 수 있다. 분쇄속도 산출부(400)는 상기 예측된 균일도 속도상수를 이용하여 분쇄속도를 산출할 수 있으며, 산출된 분쇄속도를 분쇄속도 디스플레이부(500)에서 디스플레이 할 수 있다.

[0063] {실시예}

[0064] [실시예 1]

[0065] 본 발명의 구체적인 예는 도 1의 분쇄속도 산출방법의 순서도에 따라 수행된다.

[0066] 분쇄시료로서 널리 이용되고 있는 방해석( $\text{CaCO}_3$ )을 준비하였다. 상기 방해석 분말을 볼밀하여 300 rpm의 회전 속도로, 10 w%, 20 w%, 30 w%, 40 w%, 50 w%, 60 w%의 슬러리 농도별로 소정의 분쇄시간마다 일시 중지하여 입도분포를 측정하였다. 이때, 1.0 mm의 분쇄매체를 사용하였으며, 분쇄시간은 0분, 7.5분, 15분, 30분, 60분 마다 농도별 입도분포를 측정하였다.

[0067] 입도분포를 측정한 후, 각각의 슬러리 농도별 균일도 계산값을 예측하였다. 상기 예측된 균일도 계산값을 회귀 분석하여 그래프로 도시하고 회귀분석 그래프의 기울기 값을 각각 구하여 균일도 속도상수를 그래프로 도시하였다. 상기 균일도 속도상수 그래프를 이용하여 분쇄속도를 산출하였다.

[0068] [실시예 2]

[0069] 상기 실시예 1에 있어서, 회전속도를 700 rpm으로 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 분쇄실험을 실시하였다.

[0070] {평가}

[0071] 상기 실시예 1 및 실시예 2에서 각각 측정된 입도분포를 관찰하였다. 상기 측정된 입도분포의 결과를 도 3 및 도 4에 나타내었다.

[0072] 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 각 슬러리 농도별 누적 입자 크기 분포도이며, 도 4는 본 발명의 실시예 2에 따른 각 슬러리 농도별 누적 입자 크기 분포도이다.

[0073] 도 3 및 도 4를 참조하면, 각 슬러리 농도별 누적 입자 크기별 분포를 알 수 있으며, 균일도를 구할 수 있다. 균일도란, 전술한 바와 같이, 입자크기에 대한 누적분포에서 90%일 때의 입도로부터 10%의 입도를 감산하여 50% 일 때의 입도(또는 중위경이라고 함, Median)로 제산하여 구할 수 있다.

[0074] 그 결과를 하기 표 1 및 표 2에 나타내었으며, 하기 표 1 및 표 2를 도 5, 도 6에 각각 나타내었다.

표 1

| 실시예 1   | 300 rpm |        |        |        |        |        |
|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | 10 w%   | 20 w%  | 30 w%  | 40 w%  | 50 w%  | 60 w%  |
| 0 min   | 6.1644  | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 |
| 7.5 min | 4.4321  | 5.1064 | 5.6903 | 5.6092 | 5.1138 | 6.3098 |
| 15 min  | 3.5352  | 3.8831 | 4.0610 | 4.2283 | 4.3627 | 5.9950 |
| 30 min  | 0.7231  | 0.7313 | 3.4306 | 3.5897 | 4.0964 | 4.8778 |
| 60 min  |         |        | 0.7231 | 0.7273 | 2.8732 | 3.5132 |

표 2

| 실시예 2   | 700 rpm |        |        |        |        |        |
|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | 10 w%   | 20 w%  | 30 w%  | 40 w%  | 50 w%  | 60 w%  |
| 0 min   | 6.1644  | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 | 6.1644 |
| 7.5 min | 3.1714  | 3.4028 | 3.8026 | 6.1489 | 4.4186 | 6.0729 |
| 15 min  | 1.7302  | 1.7121 | 1.7313 | 3.5867 | 3.2361 | 3.8974 |
| 30 min  | 0.8254  | 0.7143 | 0.6984 | 0.7463 | 0.7541 | 0.7463 |
| 60 min  |         |        |        | 0.6875 | 0.5970 | 0.5143 |

도 5는 본 발명의 실시예 1에 따른 각 슬러리 농도별 분쇄시간에 따른 균일도 변화를 나타낸 그래프이며, 도 6은 본 발명의 실시예 2에 따른 각 슬러리 농도별 분쇄시간에 따른 균일도 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5 및 도 6를 참조하면, 동일 각각의 슬러리 농도에 대해서 회전속도를 변경시켰을 때의 분쇄시간에 따른 균일도의 변화량을 회귀분석하여 그래프로 도시하였다. 실시예 1의 경우 슬러리 농도가 10 w% 및 20 w%일 경우 시간의 흐름에 따라 균일도 계산값이 빠르게 저하되며, 30 w% 및 40 w%일 경우는 완만하게 저하되고, 50 w% 및 60 w%일 경우는 균일도 계산값의 변화가 크게 발생되지 않았음을 알 수 있다.

반면, 실시예 2의 경우 슬러리 농도가 10 w% 내지 30 w%의 경우 시간의 흐름에 따라 균일도 계산값이 빠르게 1에 가까워지는 반면, 40 w% 내지 60 w%의 경우에는 저농도와 비교하여 상대적으로 완만하게 떨어짐을 알 수 있다.

즉, 도 5 및 도 6을 비교하면, 고농도의 경우보다 저농도에서 균일하며, 저회전의 경우보다 고회전에서 균일한 것으로 예측할 수 있다.

상기 회귀분석으로 나타낸 각각의 그래프에 대해 기울기 값을 구할 수 있으며, 회귀선의 기울기는 최소자승법 또는 함수 변환 프로그램에 의해 얻을 수 있다. 상기 기울기 값이 균일도 속도상수이며, 균일도 속도상수를 이용하여 농도의 변화에 따른 균일도 속도 상수 계산값으로 분쇄속도를 알 수 있다.

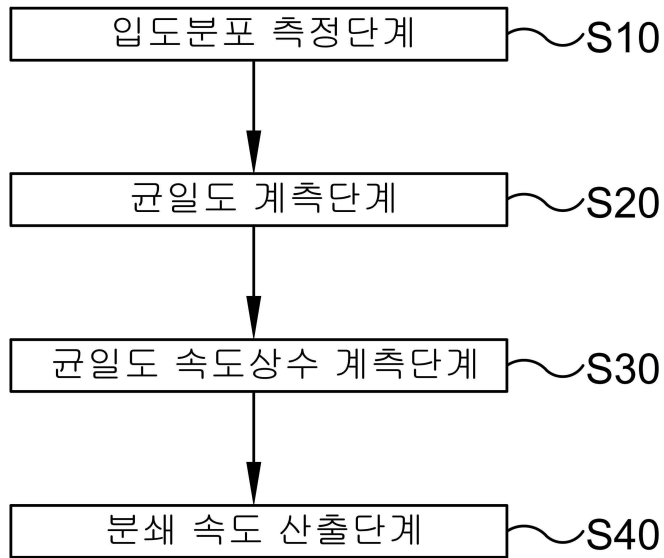
도 7은 본 발명의 실시예 1 및 실시예 2에 따른 각각의 회전속도에 대한 슬러리 농도에 따른 균일도 속도상수를 나타낸 그래프이다.

도 7를 참조하면, 슬러리 농도를 증가시킬수록 균일도 속도상수( $U_k$ )가 감소하는 것을 알 수 있으나, 실시예 2의 경우 슬러리 농도 30 w%까지, 실시예 1의 경우 20 w%까지는 일정한 경향을 보이고 있다. 또한, 실시예 1의 경우가 실시예 2의 경우보다 시료의 농도에 영향을 더 많이 받는다는 것을 알 수 있으며, 저회전 영역과 고회전 영역에서 그 특성이 다를 수 있다.

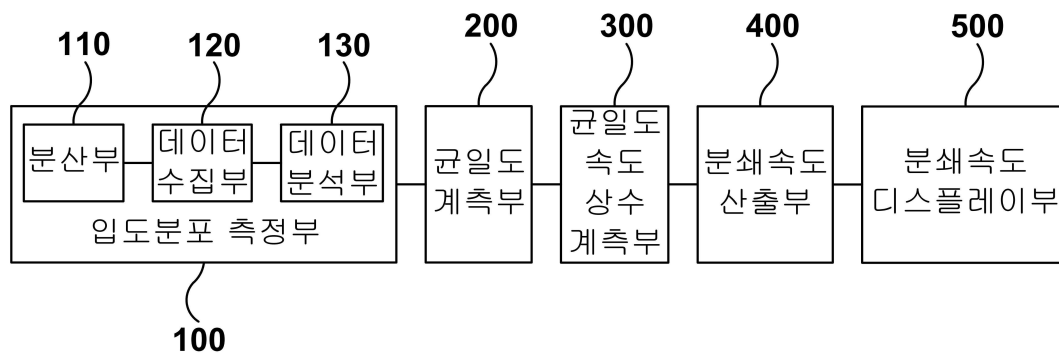
앞에서 설명되고, 도면에 도시된 본 발명의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 보호범위는 청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 변경하는 것이 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 될 것이다.

도면

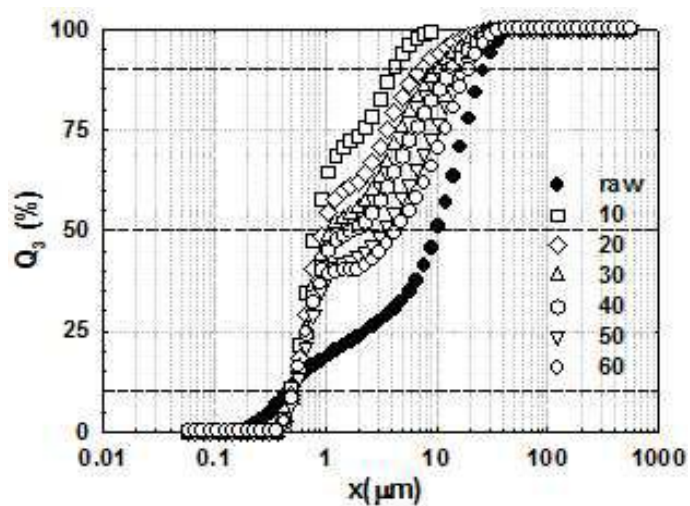
도면1



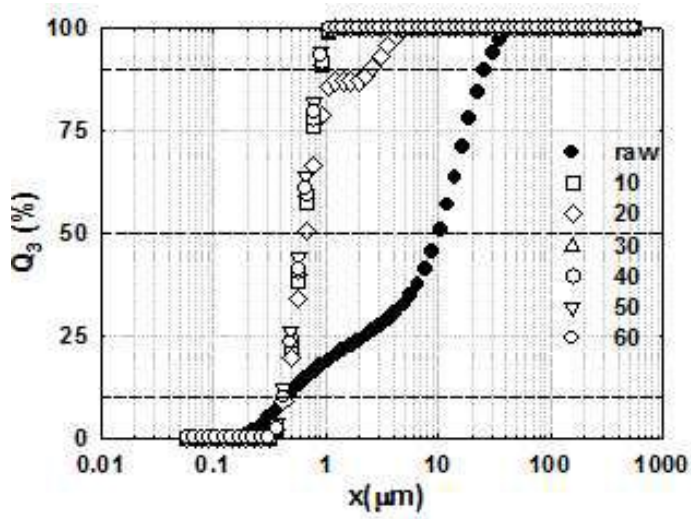
도면2



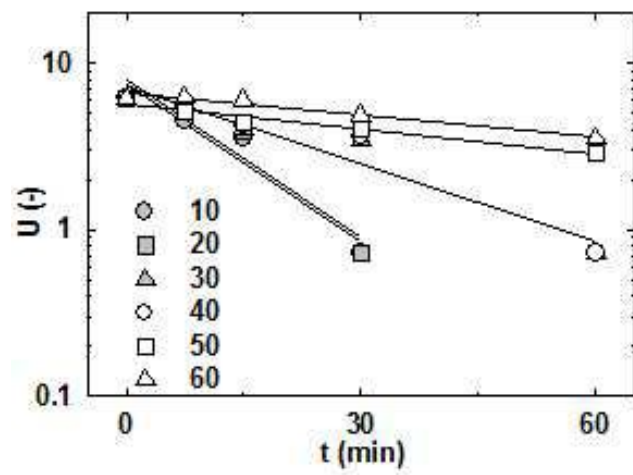
도면3



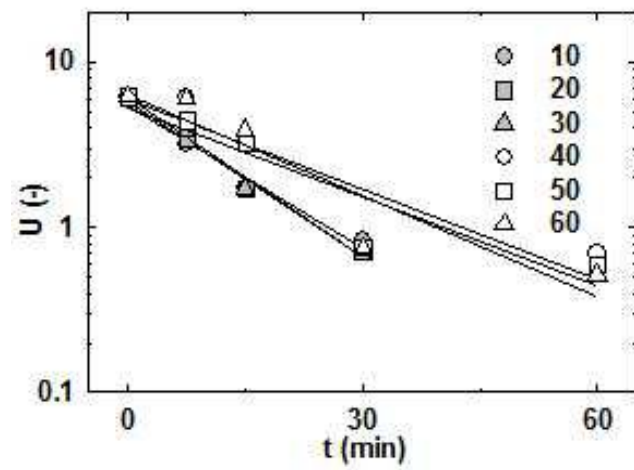
도면4



도면5



도면6



도면7

