



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월02일

(11) 등록번호 10-2439736

(24) 등록일자 2022년08월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 19/02 (2006.01) *G06F 30/20* (2020.01)
G16C 60/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류
G01N 19/02 (2013.01)
G06F 30/20 (2020.01)

(21) 출원번호 10-2021-0038936

(22) 출원일자 2021년03월25일

심사청구일자 2021년03월25일

(56) 선행기술조사문헌

보르 압감관 외 3인. 매체형 전동밀의 실제 분쇄
 장에서 분쇄매체의 거동과 DEM 시뮬레이션의 비교
 연구, Korean Chemical Engineering Research
 Volume 57, Issue 6, pp.804-811, 2019.12.01.*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)

(72) 발명자

최희규

부산광역시 동래구 충렬대로107번길 54, 2동 102
호(온천동, 럭키아파트)

이재현

서울특별시 강동구 고덕로62길 76, 5동 303호(명
일동, 우성아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 5 항

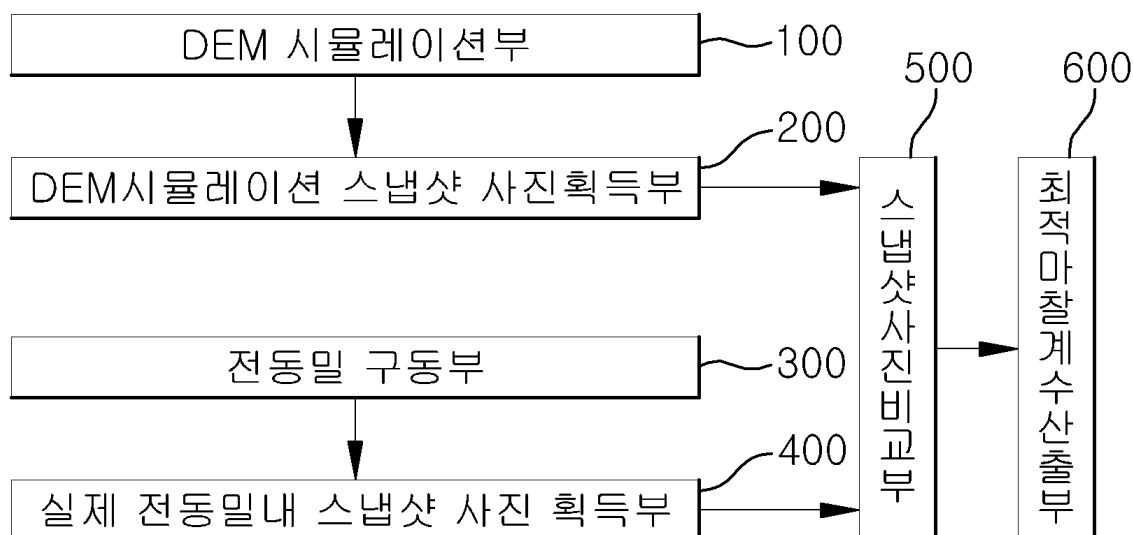
심사관 : 권준형

(54) 발명의 명칭 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 매체형 전동밀에서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 특히 매체형 전동밀 내에서 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM 시뮬레이션함과 아울러 동일 조건에서 매체형 전동밀을 작동시키면서, DEM 시뮬레이션의 스냅샷 사진과 실제 매체형 전동밀 내의 스냅샷 사진을 비교 분석하여 두 스냅샷 사진이 일치할 때의 볼과 벽면의 마찰계수를 최적의 마찰 계수로 산출하는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G16C 60/00 (2019.02)

(72) 발명자

보르, 압가란

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20-1, 7동 72
6호(퇴촌동)

자갈사이항, 바트체첵

경상남도 창원시 의창구 창이대로 471, 207호(사립
동)

(56) 선행기술조사문헌

바춘홀루 이치커 외 4인. 전동볼밀을 이용한 금속
기반 복합재 제조공정에서 분쇄매체차이에 대한 입
자형상변화와 DEM 시뮬레이션 해석, 한국재료학회
지 Vol.26, No.11, pp. 611-622, 2016.*

Makio KIMURA 외 2인. Design Method of Ball
Mill by Discrete Element Method, SUMITOMO
KAGAKU vol. 2007-II, pp. 1-9, 2007.11.30.*

KR1020190130809 A

JP2011081530 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711113639
과제번호	2018R1A5A6075959
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학분야(S/ERC)후속지원
연구과제명	메카트로닉스 융합부품소재 연구센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하도록 구성된 DEM 시뮬레이션부;

상기 DEM 시뮬레이션부에 의해 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부;

상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키도록 구성된 전동밀 구동부;

상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부;

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하도록 구성된 스냅샷 사진 비교부; 및

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 중 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 일치하는 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 선택하고, 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 시뮬레이션 시에 미리 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성된 최적 마찰 계수 산출부;를 포함하는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전동밀은 회전 속도가 100rpm, 300rpm, 500rpm으로 변화되고,

상기 볼의 재질은 알루미늄, 지르코니아 및 스테인리스스틸 중 어느 하나이며,

상기 볼의 직경은 1mm, 2mm 및 3mm 중 어느 하나인, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템.

청구항 3

제 1 항에 기재된, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템을 이용한 최적 마찰 계수 산출 방법으로서,

DEM 시뮬레이션부가 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하는 단계;

전동밀 구동부가 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키는 단계;

DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부가 상기 DEM 시뮬레이션 단계에서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부가 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

스냅샷 사진 비교부가 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하는 단계; 및

상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 최적 마찰 계수 산출부가 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과

벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하는 단계;를 포함하는, 최적 마찰 계수 산출 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 전동밀은 회전 속도가 100rpm, 300rpm, 500rpm으로 변화되고,
상기 볼의 재질은 알루미늄, 지르코니아 및 스테인리스스틸 중 어느 하나이며,
상기 볼의 직경은 1mm, 2mm 및 3mm 중 어느 하나인 최적 마찰 계수 산출 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치하지 않을 경우, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 계속해서 비교 분석하는 최적 마찰 계수 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 매체형 전동밀에서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 특히 매체형 전동밀 내에서 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM 시뮬레이션함과 아울러 동일 조건에서 매체형 전동밀을 작동시키면서, DEM 시뮬레이션의 스냅샷 사진과 실제 매체형 전동밀 내의 스냅샷 사진을 비교 분석하여 두 스냅샷 사진이 일치할 때의 볼과 벽면의 마찰계수를 최적의 마찰 계수로 산출하는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 매체형 분쇄기(볼 밀)를 이용한 분쇄 공정에서 분쇄 시료의 변화를 관찰하기 위해서는 매체와 분쇄 시료 간의 상호작용에 의한 충격 및 마모 등의 메커니즘을 관찰하여야 한다. 이를 위해 다양한 공정 변수를 변화시키는 실험을 하게 된다. 공정 변수의 변화에 따라 달라지는 여러 가지 작용 중 가장 중요한 것이 분쇄 매체의 움직임이다. 이는 분쇄 매체의 움직임에 따라 분쇄 매체가 분쇄 시료에 가해지는 충격 에너지가 달라지고, 이에 따라 분쇄 특성이 변화하기 때문이다.

[0003] 국내 특허 등록 제1167117호 공보(이하, 선행기술이라 함)에는 내부에 구비된 교반판을 스크류형으로 배열하여 충전된 비드와 원료를 용이하게 이송하고, 필터의 외주면에 적층되는 비드가 제거되도록 회전되는 필터를 구비하여 충전된 비드와 원료를 용이하게 분리하며, 충전된 비드와 원료의 분산구역에 냉각부를 형성하여 마찰로 인한 내부과열을 미연에 방지할 수 있는 분산효율을 향상시킨 볼밀분산장치가 개시되어 있다.

[0004] 그러나 선행기술은 비드와 원료의 분산효율을 향상시키는 구성에 대해서만 개시되어 있으며, 매체형 전동밀에서 분쇄 매체의 움직임을 관찰하기 위해서 행하는 DEM 시뮬레이션에 대해서는 고려되지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 국내 특허 등록 제1167117호 공보(발명의 명칭: 분산효율을 향상시킨 볼밀분산장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 매체형 전동밀에서 분쇄 매체의 움직임을 관찰하기 위해서 행하는 DEM 시뮬레이션에 있어서 최적의 결과를 도출할 수 있는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시형태에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템은 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하도록 구성된 DEM 시뮬레이션부; 상기 DEM 시뮬레이션부에 의해 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부; 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키도록 구성된 전동밀 구동부; 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부; 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하도록 구성된 스냅샷 사진 비교부; 및 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성된 최적 마찰 계수 산출부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0008] 상기 실시형태에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템에 있어서, 상기 전동밀은 회전 속도가 100rpm, 300rpm, 500rpm으로 변화되고, 상기 볼의 재질은 알루미늄, 지르코니아 및 스테인리스스틸 중 어느 하나이며, 상기 볼의 직경은 1mm, 2mm 및 3mm 중 어느 하나일 수 있다.
- [0009]
- [0010] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 다른 실시형태에 의한 최적 마찰 계수 산출 방법은 DEM 시뮬레이션부가 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하는 단계; 전동밀 구동부가 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키는 단계; DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부가 상기 DEM 시뮬레이션 단계에서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하는 단계; 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부가 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하는 단계; 스냅샷 사진 비교부가 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하는 단계; 및 상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 최적 마찰 계수 산출부가 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 다른 실시형태에 의한 최적 마찰 계수 산출 방법에 있어서, 상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치하지 않을 경우, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 계속해서 비교 분석할 수 있다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명의 실시형태에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 의하면, 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하고, 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키고, 상기 DEM 시뮬레이션 시에 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하며, 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하며, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하고, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성됨으로써, 매체형 전동밀에서 분쇄 매체의 움직임을 관찰하기 위해서 행하는 DEM 시뮬레이션에 있어서 최적의 결과를 도출할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템의 블록 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 의한, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.
- 도 3은 직경 5mm의 스테인리스스틸 볼을 사용하고 전동밀의 회전 속도가 100rpm인 경우, DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치할 때 최적 마찰 계수를 산출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예를 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0015] 도면에서 도시된 각 시스템에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가지며 표현된 요소가 상이하거나 유사할 수가 있음을 시사할 수 있다. 그러나 요소는 상이한 구현을 가지고 본 명세서에서 보여지거나 기술된 시스템 중 몇몇 또는 전부와 작동할 수 있다. 도면에서 도시된 다양한 요소는 동일하거나 상이할 수 있다. 어느 것이 제1 요소로 지칭되는지 및 어느 것이 제2 요소로 불리는지는 임의적이다.
- [0016] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 자료 또는 신호를 '전송', '전달' 또는 '제공'한다 함은 어느 한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 자료 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 자료 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.
- [0017] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템의 블록 구성도이다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 의한 매체형 전동밀(이하, 전동밀이라 함)에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템은, 도 1에 도시된 바와 같이, DEM 시뮬레이션부(100), DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부(200), 전동밀 구동부(300), 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부(400), 스냅샷 사진 비교부(500), 및 최적 마찰 계수 산출부(600)를 포함한다.
- [0020] DEM 시뮬레이션부(100)는 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하는 역할을 한다.
- [0021] 시뮬레이션 조건은 전동밀의 회전속도, 볼의 재질, 볼의 직경, 분쇄시간, 볼의 운동속도, 볼과 볼의 마찰 계수, 및 볼과 벽면과의 마찰계수 등을 포함할 수 있다.
- [0022] 볼의 재질은 예컨대, 알루미늄, 지르코니아 및 스테인리스스틸을 포함할 수 있다. 전동밀의 회전속도는 100rpm, 300rpm, 500rpm으로 변화하였다. 분쇄시간은 최대 24시간으로 하였다. 볼의 직경은 1mm, 2mm 및 3mm 중 어느 하나일 수 있다.
- [0023] DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부(200)는 DEM 시뮬레이션부(100)에 의해 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 다양하게 변화시키면서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하고 이를 스냅샷 사진 비교부(500)에 입력시키는 역할을 한다. DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진은 촬영하는 것을 예로 들었으나, 모니터에서 시뮬레이션되는 장면을 캡처하여 획득할 수도 있다.
- [0024] 전동밀 구동부(300)는 DEM 시뮬레이션부(100)와 동일 실험 조건(예컨대, 전동밀의 회전속도, 볼의 재질, 볼의

직경, 분쇄시간 등)으로 전동밀을 구동시키는 역할을 한다.

- [0025] 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부(400)는 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하고, 이를 스냅샷 사진 비교부(500)에 입력시키는 역할을 한다.
- [0026] 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부(400)는 디지털카메라, 초분광 카메라, 캠코더 등으로 구성할 수 있다.
- [0027] 스냅샷 사진 비교부(500)는 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부(200)로부터 입력된 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부(400)로부터 입력된 하나 이상의 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하는 역할을 한다.
- [0028] 최적 마찰 계수 산출부(600)는 스냅샷 사진 비교부(500)를 통해 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 실제 전동밀 내 스냅샷 사진의 일치 여부를 확인하여 서로 일치할 경우, 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 일치하는 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 미리 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 선택하여 산출하는 역할을 한다.
- [0029] 최적 마찰 계수 산출 방법에 대해 예컨대, 도 3을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- [0030] 직경 5mm의 스테인리스스틸 볼을 사용하고 전동밀의 회전 속도가 100rpm인 경우, 스냅샷 사진 비교부(500)에 의해 좌측의 하나의 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 우측의 복수개의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진이 비교 분석되어 좌측의 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 일치하는 하나의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진(윈도우로 둘러싸인 부분)이 선택되고, 최적 마찰 계수 산출부(600)는 스냅샷 사진 비교부(500)에서 선택된 하나의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 정보를 입력받아 이 선택된 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 미리 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수(0.5)를 최적 마찰 계수로 산출한다.
- [0031] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템을 이용한 최적 마찰 계수 산출 방법에 대해 도면을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 방법을 설명하기 위한 플로우차트로써, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.
- [0033] 먼저, DEM 시뮬레이션부(100)가 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션한다(S10).
- [0034] 다음, 전동밀 구동부(300)가 스텝(S10)에서 DEM 시뮬레이션부(100)에 의해 시뮬레이션되는 실험 조건과 동일 실험 조건으로 전동밀을 구동시킨다(S20).
- [0035] 다음, DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부(200)가 스텝(S10)에서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하거나 캡처하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득한다(S30).
- [0036] 다음, 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부(400)가 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득한다(S40).
- [0037] 다음, 스냅샷 사진 비교부(500)가 스텝(S30)에서 획득된 복수개의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 각각과 스텝(S40)에서 획득된 하나의 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여(S50) 서로 일치하는지의 여부를 결정한다(S60).
- [0038] 상기 스텝(S60)에서 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진이 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우(Y), 최적 마찰 계수 산출부(600)가 일치하는 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 선택하여 최적 마찰 계수로 산출한다(S70).
- [0039] 한편, 상기 스텝(S60)에서 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치하지 않을 경우(N), 상기 스텝(S50)으로 진행된다.
- [0040] 본 발명의 실시예에 의한 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템 및 방법에 의하면, 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하고, 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키고, 상기 DEM 시뮬레이션 시에 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하며, 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하며, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하

고, 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성됨으로써, 매체형 전동밀에서 분쇄 매체의 움직임을 관찰하기 위해서 행하는 DEM 시뮬레이션에 있어서 최적의 결과를 도출할 수 있다.

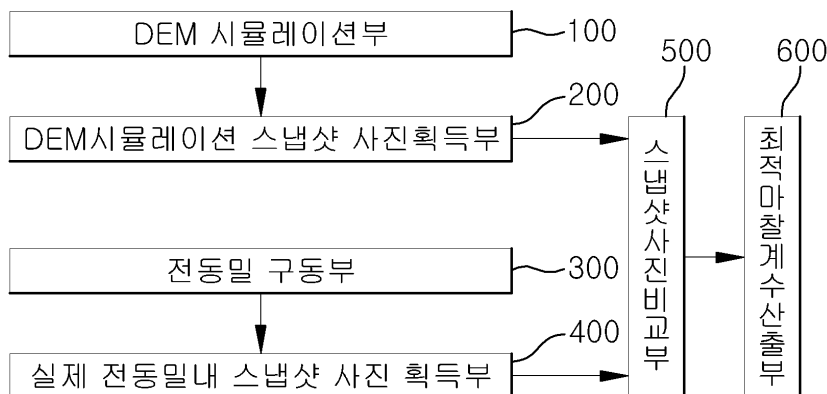
[0041] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으되, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

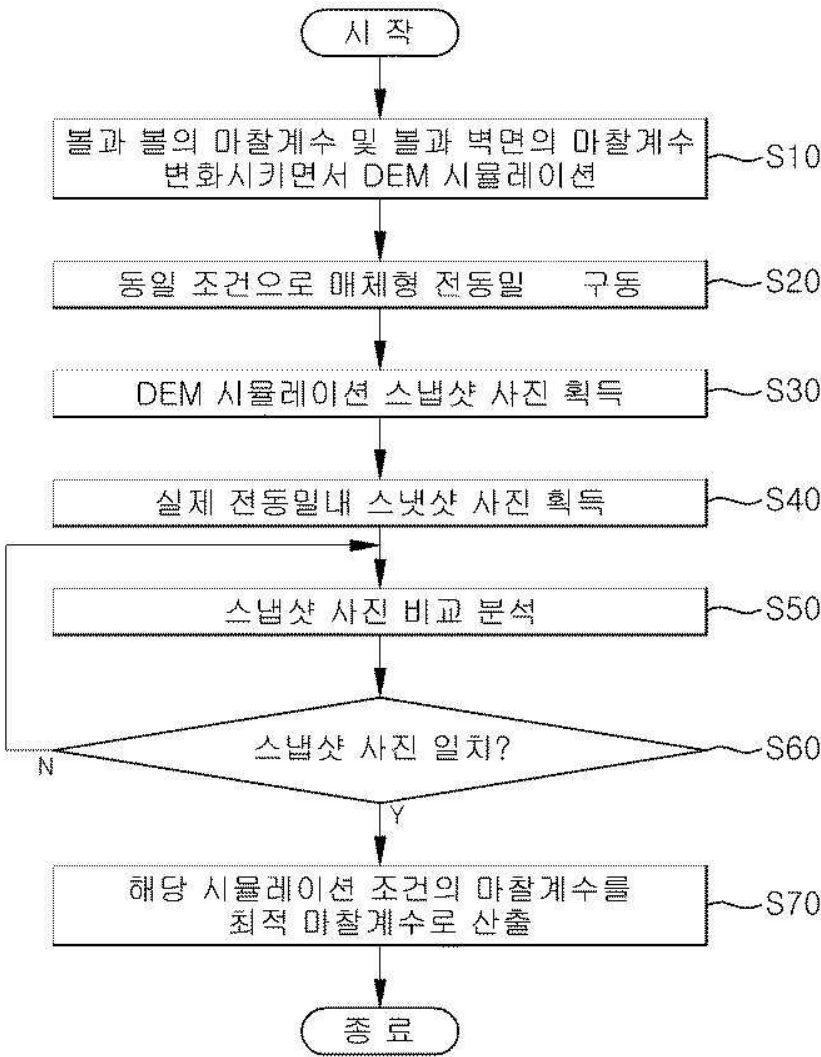
[0042] 100: DEM 시뮬레이션부
200: DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부
300: 전동밀 구동부
400: 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부
500: 스냅샷 사진 비교부
600: 최적 마찰 계수 산출부

도면

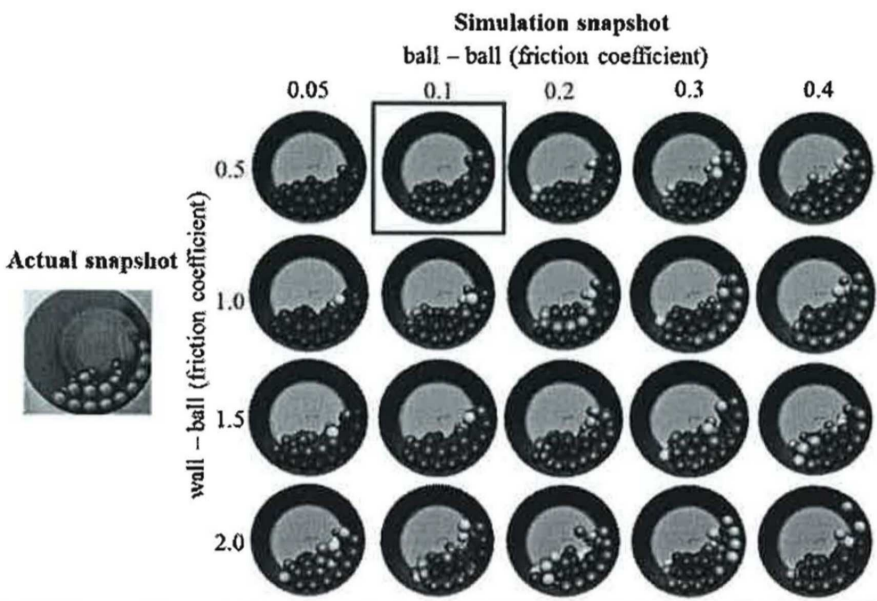
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하도록 구성된 DEM 시뮬레이션부;

상기 DEM 시뮬레이션부에 의해 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부;

상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키도록 구성된 전동밀 구동부;

상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부;

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하도록 구성된 스냅샷 사진 비교부; 및

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 중 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 일치하는 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 선택하고, 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 시뮬레이션 시에 미리 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성된 최적 마찰 계수 산출부;를 포함하는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템.

【변경후】

전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하도록 구성된 DEM 시뮬레이션부;

상기 DEM 시뮬레이션부에 의해 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부;

상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키도록 구성된 전동밀 구동부;

상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하도록 구성된 실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부;

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하도록 구성된 스냅샷 사진 비교부; 및

상기 복수의 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 중 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진과 일치하는 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 선택하고, 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진에 대해서 시뮬레이션 시에 미리 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하도록 구성된 최적 마찰 계수 산출부;를 포함하는, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3

【변경전】

제 1 항에 기재된, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템을 이용한 최적 마찰 계수 산출 방법으로서,

DEM 시뮬레이션부가 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하는 단계;

전동밀 구동부가 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키는 단계;

DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부가 상기 DEM 시뮬레이션 단계에서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부가 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

스냅샷 사진 비교부가 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하는 단계; 및

상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 최적 마찰 계수 산출부가 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하는 단계;를 포함하는, 최적 마찰 계수 산출 방법.

【변경후】

제 1 항에 기재된, 매체형 전동밀에서 DEM 시뮬레이션을 통한 볼과 벽면의 최적 마찰 계수 산출 시스템을 이용한 최적 마찰 계수 산출 방법으로서,

DEM 시뮬레이션부가 전동밀 내에서의 볼과 볼의 마찰 계수 및 볼과 벽면의 마찰 계수를 변화시키면서 DEM(Discrete Element Method) 시뮬레이션하는 단계;

전동밀 구동부가 상기 DEM 시뮬레이션부와 동일 실험 조건으로 상기 전동밀을 구동시키는 단계;

DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진 획득부가 상기 DEM 시뮬레이션 단계에서 DEM 시뮬레이션되는 장면을 촬영하여 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

실제 전동밀 내 스냅샷 사진 획득부가 상기 전동밀 내에서의 볼의 실제 움직임을 촬영하여 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 획득하는 단계;

스냅샷 사진 비교부가 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진을 비교 분석하여 서로 일치하는지의 여부를 결정하는 단계; 및

상기 결정 단계에서 상기 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진과 상기 실제 전동밀 내 스냅샷 사진이 서로 일치할 경우, 최적 마찰 계수 산출부가 해당 DEM 시뮬레이션 스냅샷 사진을 기초로 DEM 시뮬레이션 시에 설정된 볼과 벽면의 마찰 계수를 최적 마찰 계수로 산출하는 단계;를 포함하는, 최적 마찰 계수 산출 방법.