(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0134607
(43) 공개일자 2024년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 13/00 (2006.01) *G01N 15/00* (2024.01)
(52) CPC특허분류
G01N 13/00 (2013.01)
G01N 15/00 (2024.01)
(21) 출원번호 10-2023-0027874
(22) 출원일자 2023년03월02일
심사청구일자 2023년03월20일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
정영미
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600(한국기술교육대학교)
윤지원
대전광역시 서구 관저동로90번길 15, 105동 2201호(관저동, 관저리슈빌)
(74) 대리인
김민태

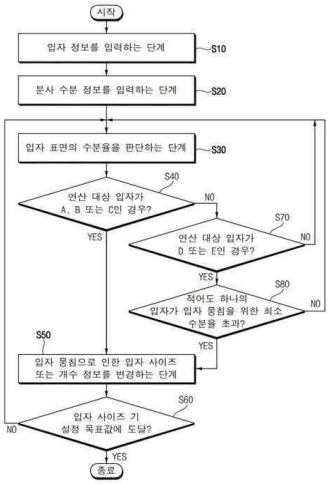
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법**

(57) 요 약

입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법은, 입자 정보를 입력하는 단계, 상기 입자의 뭉침을 수행하는 분사 수분 정보를 입력하는 단계, 상기 수분의 분사에 따른 입자 표면의 수분율을 판단하는 단계, 상기 수분율의 판단 결과를 바탕으로, 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당되는 경우, 입자 뭉침으로 인한 입자 사이즈 또는 개수 정보를 변경하는 단계, 및 상기 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하였는가의 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345356233
과제번호	2021RIS-004
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학 협력기반 지역혁신사업
연구과제명	대전 세종 충남 지역혁신 플랫폼
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교
연구기간	2022.05.01 ~ 2023.03.31

청구범위유예 : 있음
임시명세서출원 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

입자 정보를 입력하는 단계;

상기 입자의 뭉침을 수행하는 분사 수분 정보를 입력하는 단계;

상기 수분의 분사에 따른 입자 표면의 수분율을 판단하는 단계;

상기 수분율의 판단 결과를 바탕으로, 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계;

상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당되는 경우, 입자 뭉침으로 인한 입자 사이즈 또는 개수 정보를 변경하는 단계; 및

상기 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하였는가의 여부를 판단하는 단계를 포함하는 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계는,

상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제1 경우에 속하는 가의 여부를 판단하는 단계;

상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제1 경우에 속하지 않는 경우 기 설정된 제2 경우에 속하는 가의 여부를 판단하는 단계; 및

상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제2 경우에 속하는 경우, 적어도 하나의 입자가 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과하였는가의 여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 수분율을 연산하는 단계에서는,

$$\text{수분율}(kg/kg) = \frac{\omega m \rho^{l} \rho^{v} \Delta H_{\text{vap}} + 8\pi a k^{l} \Delta T \rho^{sat} (\rho^{l} - \rho^{v})}{m \rho^{l} \rho^{v} \Delta H_{\text{vap}} + 8\pi a k^{l} \Delta T \rho^{sat} (\rho^{l} - \rho^{v})}$$

식 (1)

여기서, a는 입자 반경, ΔH_{vap}는 기화열, k^{l}은 증기의 열전도율, ΔT는 수분 표면과 입자 내부의 온도차, ρ^{v}는 증기의 밀도, ρ^{l}는 액체의 밀도, ρ^{sat}는 포화증기의 밀도, ω는 이전 연산단계에서의 수분율, m은 이전 연산단계에서의 입자 질량을 의미하고,

상기 식 (1)을 바탕으로 상기 수분율을 연산하는 것을 특징으로 하는 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 입자 시뮬레이션을 수행함에 있어, 특정 수분율 이상에서 입자의 뭉침이 발생하는 것을 고려하여, 수분율의 판단을 바탕으로 입자 뭉침을 판단하는 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 입자 시뮬레이션을 수행하는 기술은 다양하게 개발되고 있으며, 예를 들어 CFD(computational fluid dynamics)는 공간을 하나의 격자들로 이산화하여 각각의 격자에 대한 운동 방정식을 수치해석적인 방법으로 계산하여 입자를 시뮬레이션하는 방법으로 알려져 있다. 또한, DEM(discrete element method) 방법의 경우, 각각의 입자를 Lagrangian 관점에서 추적하여 연산, 입자 간의 충돌, 응집, 벽과의 마찰 등을 정확하게 모사하는 입자 시뮬레이션 방법으로 알려져 있다.

[0003] 그러나, 이러한 입자 시뮬레이션을 수행함에 있어, 특히, 입자들 사이의 뭉침을 판단하기 위해서는 입자 표면의 수분율을 판단하는 것이 중요하다.

[0004] 다만, 이러한 입자 표면의 수분율을 판단하는 것은 매우 어려운 일이며, 관련 기술이 다수 개발되지는 못한 상황이다.

[0005] 예를 들어, 미국 공개특허 제2016-0004802호를 통해서는 유체 흐름에서의 유체 현탁 입자의 성장 모델링에 대한 기술을 개시하지만, 입자 뭉침에 있어 입자 표면의 수분율을 고려하는 기술은 개시하지 못하고 있다. 또한, 국제 공개특허 제WO 2021-189786호를 통해서는 미세 크기의 입자 난류 응집을 위한 습도 제어에 대한 모델링 기술을 개시하지만, 마찬가지로 입자 뭉침에 있어 입자 표면의 수분율을 고려하는 기술을 개시하지는 못하고 있다.

[0006] 이에, 관련 기술 개발의 필요성이 증가하는 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 미국 공개특허 제2016-0004802호

(특허문헌 0002) 국제특허(PCT) 제WO 2021-189786호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 입자 시뮬레이션을 수행함에 있어, 특정 수분율 이상에서 입자의 뭉침이 발생하는 것을 고려하여, 수분율의 판단을 바탕으로 입자 뭉침을 판단하는 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법은, 입자 정보를 입력하는 단계, 상기 입자의 뭉침을 수행하는 분사 수분 정보를 입력하는 단계, 상기 수분의 분사에 따른 입자 표면의 수분율을 판단하는 단계, 상기 수분율의 판단 결과를 바탕으로, 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당되는 경우, 입자 뭉침으로 인한 입자 사이즈 또는 개수 정보를 변경하는 단계, 및 상기 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하였는가의 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계는, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제1 경우에 속하는 가의 여부를 판단하는 단계, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제1 경우에 속하지 않는 경우 기 설정된 제2 경우에 속하는 가의 여부를 판단하는 단계, 및 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 제2 경우에 속하는 경우, 적어도 하나의 입자가 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과하였는가의 여부를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 수분율을 연산하는 단계에서는,

$$수분율(kg/kg) = \frac{\omega m \rho^l \rho^v \Delta H_{vap} + 8\pi a k^l \Delta T \rho^{sat}(\rho^l - \rho^v)}{m \rho^l \rho^v \Delta H_{vap} + 8\pi a k^l \Delta T \rho^{sat}(\rho^l - \rho^v)}$$

[0012]

[0013] 식 (1)

[0015] 여기서, a는 입자 반경, ΔH_{vap}는 기화열, k^l은 증기의 열전도율, ΔT는 수분 표면과 입자 내부의 온도차, ρ^v는 증기의 밀도, ρ^l는 액체의 밀도, ρ^{sat}는 포화증기의 밀도, ω는 이전연산단계에서의 수분율, m은 이전 연산단계에서의 입자 질량을 의미하고, 상기 식 (1)을 바탕으로 상기 수분율을 연산할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예들에 의하면, 입자 뭉침을 판단함에 있어 중요한 요소인 입자 표면의 수분율을 기 제안된 수식을 통해 판단함으로써, 입자 뭉침의 판단을 보다 효과적으로 수행할 수 있어, 입자 시뮬레이션 기술의 정확성을 향상시키고, 다양한 입자에 대한 뭉침 모델의 개발을 도모할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 2는 도 1의 입자 뭉침 판단을 위해, 입자가 뭉치는 경우의 예를 도시한 모식도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다.

[0019] 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0020] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0022] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법을 도시한 흐름도이다. 도 2는 도 1의 입자 뭉침 판단을 위해, 입자가 뭉치는 경우의 예를 도시한 모식도들이다.

[0024] 우선, 입자 시뮬레이션이란 입자의 다양한 상태에 대한 모델링을 통해 필요한 정보를 획득하는 것으로, 예를 들어 입자의 다양한 상태로서는, 입자 자체의 운동 상태에 대한 연산, 입자들 사이의 충돌 상태, 입자들 사이의 응집이나 뭉침 상태, 입자와 유동되는 유로의 벽과의 마찰 상태 등일 수 있다.

[0025] 즉, 상기 입자 시뮬레이션을 통해 상기에서 예시한 입자의 다양한 상태에 대한 정확한 모사를 통해, 입자와 관

련되어 필요한 정보를 획득할 수 있다.

[0026] 본 실시예에 의한 입자 시뮬레이션에서의 입자 뭉침의 판단은, 결국 상기와 같은 다양한 입자의 상태에 대한 시뮬레이션을 수행함에 있어, 특히, 입자의 뭉침을 판단하는 시뮬레이션을 수행하기 위해 사용되는 판단 방법이다.

[0027] 이 때, 입자 시뮬레이션으로 사용되는 시뮬레이터는 현재 개발된 다양한 시뮬레이터들이 사용될 수 있으며, 마찬가지로 모델링의 대상인 입자 역시 그 종류가 제한되지는 않는다.

[0028] 다만, 상기 입자의 경우, 수분이 표면에 부착되는 경우 서로 응집하거나 뭉칠 수 있는 입자이어야 함은 자명하다.

[0029] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 입자 시뮬레이션에서 입자 뭉침을 판단하는 방법에서는, 우선, 뭉침의 판단 대상이 되는 입자 정보를 입력한다(단계 S10).

[0030] 이 경우, 입자 정보란 입자에 대하여 후술되는 수분율을 판단하기 위한 정보를 포함하는 것으로, 예를 들어, 입자의 크기, 입자의 개수, 입자의 종류 등일 수 있다. 한편, 상기 입자의 크기 정보란, 입자의 직경에 대한 정보나 입자의 부피에 대한 정보를 포함할 수 있다.

[0031] 이상과 같이, 뭉침 판단의 대상이 되는 입자에 대한 정보가 입력되면, 상기 입자의 뭉침을 수행하는 데 필수적인 분사 수분 정보를 입력한다(단계 S20).

[0032] 이 경우, 분사 수분 정보란, 예를 들어, 분사되는 수분의 양, 분사 시간, 분사되는 수분의 밀도, 상기 수분이 입자에 부착된 후 증발되는 경우 증기의 밀도나 포화증기의 밀도 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.

[0033] 이러한 분사 수분의 정보는, 후술되는 입자 표면의 수분율을 판단하기 위해 필요한 정보로서, 상기 분사되는 수분의 물질 특성은, 기 공지된 물에 대한 물질 특성으로부터 용이하게 획득할 수 있다.

[0034] 이와 달리, 상기 분사 수분 정보는 분사되는 수분의 양과 분사 시간에 대한 정보가 포함되어야 하는데, 이는 입자의 뭉침을 수행함에 있어, 수분의 양에 따라 입자 표면에 부착되는 수분율이 가변되기 때문이다. 특히, 수분의 경우 입자 표면에 부착된 후 자연스럽게 증발되는 것으로, 이러한 입자의 표면으로부터 증발되는 수분에 따라 입자의 뭉침을 판단하는 수분율은 가변되고, 이에 수분의 양이나 수분의 분사 시간 등에 대한 정보도 입력되어야 한다.

[0035] 이 때, 상기 입자에 분사되는 수분은, 예를 들어 스프레이 드라잉(spray drying) 장치와 같은 다양한 입자 처리 장치를 통해 분사될 수 있다.

[0036] 이 후, 상기 수분의 분사에 따른 상기 입자 표면의 수분율을 판단한다(단계 S30). 이 때, 입자 표면의 수분율이란 하기 식 (1)을 통해 연산될 수 있다.

[0037]
$$\text{수분율}(kg/kg) = \frac{\omega m \rho^l \rho^v \Delta H_{\text{vap}} + 8\pi a k^l \Delta T \rho^{sat}(\rho^l - \rho^v)}{m \rho^l \rho^v \Delta H_{\text{vap}} + 8\pi a k^l \Delta T \rho^{sat}(\rho^l - \rho^v)}$$

[0038] 식 (1)

[0040] 한편, 상기 입자 표면의 수분율을 판단하기 위해서는, 각 연산 이전 단계에서 계산되어 나온 수치가 자동 입력되도록 시뮬레이션이 자동되어야 한다.

[0041] 이 때, 입력되어야 하는 정보는, 예를 들어, 입자 표면에 부착된 수분이 기화되는 경우의 기화열(heat of vaporization, kJ/kg)에 대한 정보(ΔH_{vap}), 수분의 기화에 따른 증기의 열전도율(thermal conductivity of vapor, W/mK)에 대한 정보(k^l), 입자의 표면에 부착되는 수분 표면의 온도와 입자 내부의 온도 차이(temperature difference between heated water surface and inner solid)에 대한 정보(ΔT)일 수 있다.

[0042] 한편, 이와 같이, 상기 수분율 판단을 위해 입력되어야 하는 정보들은, 시뮬레이터를 통해 모델링되는 값으로 입력될 수도 있으며, 실제 모사 실험을 통해 실험을 수행하는 과정에서 측정되어 입력될 수도 있다.

[0043] 또한, 상기 식 (1)에서 a는 입자 반경(radius of sphere, m), ρ^v는 증기의 밀도(density of vapor, kg/m^3), ρ

ρ^{l}는 액체의 밀도(density of liquid, kg/m^3), ρ^{sat}는 포화증기의 밀도(density of saturated vapor, kg/m^3), ω는 이전 연산단계에서의 수분율, m은 이전 연산단계에서의 입자 질량으로 정의된다. 이 경우, 상기 파라메타는 초기 입력단계를 제외하고 모두 각 연산 단계에서 프로그램에서 자체적으로 입력될 수 있다.

[0044] 이상과 같이, 상기 분사 수분 정보 및 상기 수분율 판단을 위한 정보가 모두 입력되면, 상기 수분율을 상기 식(1)을 통해 연산한다(단계 S32). 이 때, 상기 수분율의 연산부는 별도의 연산부를 통해 연산이 수행될 수 있으며, 연산된 결과는 입자 표면의 수분율의 값으로서 도출된다.

[0045] 한편, 상기 식 (1)을 통한 수분율 판단의 경우, 상기 수분의 분사에 따른 입자 표면의 수분율을 판단하는 것이므로, 즉 분사되는 수분의 양에 대한 정보도 입력되는 것으로, 결국 기화되는 수분의 양에 대한 정보도 획득될 수 있다.

[0046] 따라서, 상기 도출된 입자 표면의 수분율 값을 바탕으로, 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단한다(단계 S40, S70 및 S80).

[0047] 이 때, 연산 대상 입자가 기 설정된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하는 단계를 도 2를 동시에 참조하여 설명한다.

[0048] 도 2를 참조하면, 입자들이 서로 뭉치게 되는 경우는 도 2에 도시된 A~E인 경우로 예시할 수 있다. 즉, 분사된 수분 입자들(10)은 A와 같이 서로 뭉칠 수 있으며, 하나의 수분 입자(10)는 하나의 입자(20)와 서로 뭉칠 수 있다(B). 또한, 하나의 수분 입자(10)는 표면에 수분(10)이 부착된 하나의 입자(20)와도 서로 뭉칠 수 있으며(C), 표면에 수분(10)이 부착된 입자(20)들은 한 쌍이 서로 뭉칠 수 있고(D), 표면에 수분(10)이 부착된 입자(20)와 하나의 입자(20)는 서로 뭉칠 수 있다.

[0049] 즉, 이상에서 예시한 경우가 입자들이 서로 뭉치게 되는 경우이며, 이에 연산 대상 입자가 상기 예시된 경우에 해당하는 가의 여부를 판단하여야 한다.

[0050] 이에, 본 실시예에서는, 우선, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우로서, 제1 경우(A, B 또는 C)에 해당하는 가의 여부를 우선 판단한다(단계 S40).

[0051] 이 때, 상기 제1 경우(A, B 또는 C)란, 수분 입자들 또는 하나의 입자가 수분과 서로 뭉치는 경우로서, 최대 하나의 입자만 뭉침에 관여하는 것을 고려하여 후술되는 제2 경우와 구분한다.

[0052] 즉, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우로서 제1 경우에 해당된다면(단계 S40), 이러한 입자들 사이의 뭉침으로 인한 입자 사이즈 또는 개수 정보를 변경한다(단계 S50).

[0053] 그리하여, 최종적으로 상기 입자들 사이의 뭉침으로 인한 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하였는가의 여부를 판단하여(단계 S60), 기 설정된 목표값에 도달하였다면, 최종적으로 입자 뭉침에 대한 판단을 종료한다.

[0054] 이 때, 기 설정된 목표값이란, 각각의 입자 시뮬레이션에서 요구하는 최종적인 뭉친 입자들의 사이즈로서, 각 시뮬레이션이 수행되는 환경이나 요구에 따라 초기값으로 기 설정되어 제공될 수 있다.

[0055] 한편, 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우로서 제1 경우에 해당되지 않는 것으로 판단된다면(단계 S40), 상기 연산 대상 입자가 기 설정된 경우로서 제2 경우(D 또는 E)에 해당하는 가의 여부를 추가로 판단한다(단계 S70).

[0056] 이 때, 상기 제2 경우는, 앞서 설명한 제1 경우와 달리, 2개의 입자들이 서로 뭉치는 경우로서, 2개의 입자들이 서로 뭉쳐지게 되면 입자들의 뭉침에 따라 입자 자체의 부피나 크기가 증가하게 되며, 이에 따라 제1 경우와 다른 제2 경우로 구분한다.

[0057] 이상과 같이, 상기 연산 대상 입자가 상기 제2 경우에 해당된다면(단계 S70), 적어도 하나의 입자가 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과하였는가의 여부를 판단한다(단계 S80).

[0058] 즉, 2개의 입자들이 서로 뭉치는 상기 제2 경우에는, 입자들이 서로 뭉쳐짐에 따라 입자의 부피나 크기가 증가하게 되며 변형되고, 이에 따라 상기와 같이 적어도 하나의 입자가 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과하였는가의 여부를 판단할 필요가 있다.

[0059] 이에, 상기 제2 경우에, 적어도 하나의 입자가 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과한 경우(단계 S80), 비로소, 이러한 입자들 사이의 뭉침으로 인한 입자 사이즈 또는 개수 정보를 변경한다(단계 S50).

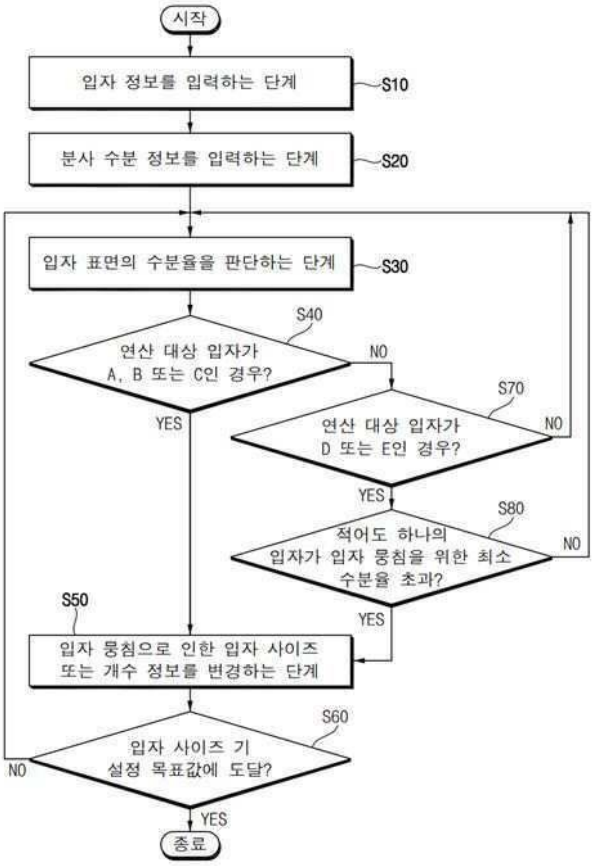
[0060] 그리하여, 최종적으로 상기 입자들 사이의 뭉침으로 인한 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하였는가의 여부를 판단하여(단계 S60), 기 설정된 목표값에 도달하였다면, 최종적으로 입자 뭉침에 대한 판단을 종료한다.

[0061] 한편, 상기 제2 경우에 해당되지 않는다고 판단되거나(단계 S70), 또는 상기 입자 뭉침을 위한 최소 수분율을 초과하지 못한다고 판단되거나(단계 S80), 나아가, 상기 입자들 사이의 뭉침으로 인한 입자 사이즈가 기 설정된 목표값에 도달하지 못하는 경우(단계 S60), 입자 표면의 수분율에 대하여 다시 판단하고(단계 S30), 앞서 설명한 단계를 반복하여 수행한다.

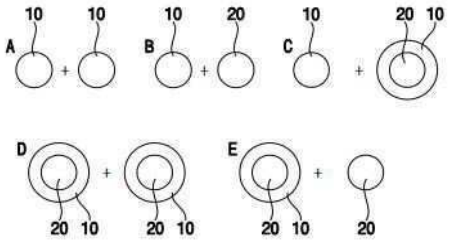
[0062] 본 발명의 실시예들에 의하면, 입자 뭉침을 판단함에 있어 중요한 요소인 입자 표면의 수분율을 기 제안된 수식을 통해 판단함으로써, 입자 뭉침의 판단을 보다 효과적으로 수행할 수 있어, 입자 시뮬레이션 기술의 정확성을 향상시키고, 다양한 입자에 대한 뭉침 모델의 개발을 도모할 수 있다.

도면

도면1



도면2



임시명세서(첨부)



아이콘을 더블 클릭하시면 임시명세서 파일이 열립니다.

본 공보 PDF는 첨부파일을 가지고 있습니다. Acrobat Reader PDF뷰어를 제공하지 않는 브라우저(크롬, 파이어폭스, 사파리 등)의 경우 첨부파일 열기가 제한되어 있으므로 Acrobat Reader PDF뷰어 설치 후 공보 PDF를 다운로드 받아 해당 뷰어에서 조회해주시기 바랍니다.