(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0113237
(43) 공개일자 2024년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*C22B 3/18* (2017.01) *B09B 3/60* (2022.01)
*C22B 47/00* (2006.01) *C22B 7/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*C22B 3/18* (2013.01)
*B09B 3/60* (2022.01)
(21) 출원번호 10-2023-0005538
(22) 출원일자 2023년01월13일
심사청구일자 2023년01월13일

(71) 출원인
**국립창원대학교 산학협력단**
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
**정해성**
경상남도 창원시 성산구 외동반림로 156, 105동 304호
**김기현**
부산광역시 금정구 명서로 76, 101동 1205호
(74) 대리인
**특허법인 아이퍼스**

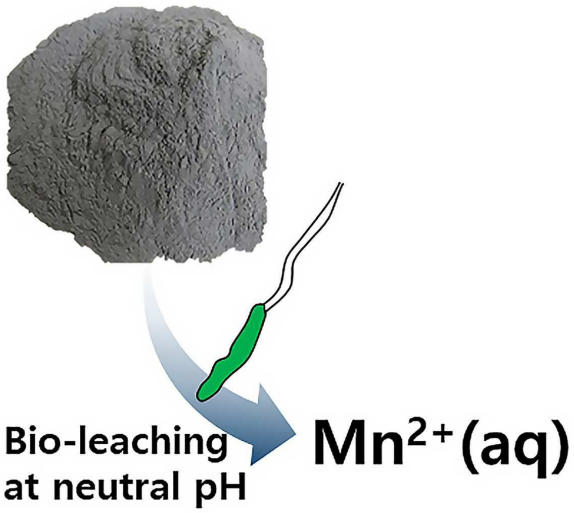
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법**

## (57) 요 약

본 발명은 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 미생물을 배지에 배양하는 단계; 및 미생물이 배양된 배지에 망간 분진을 투입하여 반응액을 생성하는 단계;를 포함하고, 상기 미생물에 의해 망간이 환원되어 상기 반응액 내에 용해되는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 관한 것이다.

*대 표 도* - 도2



(52) CPC특허분류
*C22B 47/00* (2013.01)
*C22B 7/02* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1425166410 |
| 과제번호 | S3261022 |
| 부처명 | 중소벤처기업부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 중소기업기술정보진흥원 |
| 연구사업명 | 지역주력산업육성+(R&D) |
| 연구과제명 | 저준위 망간 분진 폐기물로부터 친환경 공법을 이용 고품위 망간 회수 기술개발 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 주식회사 제이케이메탈소재 |
| 연구기간 | 2022.04.01 ~ 2023.12.31 |

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

미생물을 이용하여 망간분진 내 망간을 침출시키는 방법으로서,

미생물을 배지에 배양하는 단계; 및

미생물이 배양된 배지에 망간 분진을 투입하여 반응액을 생성하는 단계;를 포함하고,

상기 미생물에 의해 망간이 환원되어 상기 반응액 내에 용해되는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 미생물을 배지에 배양하는 단계는,

고체 배지에서 미생물을 배양시키고, 상기 고체 배지에 배양된 미생물을 액체 배지에 접종 및 성장시키는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 망간 분진은 제철소 망간분진인 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계는,

상기 액체 배지에 망간분진을 투입하는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계는, 혐기조건 하에서 진행되는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

### 청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계에서, 혐기조건 하에서 유기물을 함께 넣어 진행되는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서,

상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계 후에,

상기 반응액을 필터링하여 침출액을 얻는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 미생물은 Shewanella인 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

**청구항 9**

제 6항에 있어서,

상기 유기물은 아세테이트(acetate), 젖산나트륨(sodium lactate), 자연유기 물질 (natural organic matter) 및 슬러지 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

**청구항 10**

제 1항에 있어서,

상기 망간 분진 내 망간 침출율은 40% 이상인 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 미생물을 이용한 제철소 망간분진 내 망간 침출방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 기존의 물리·화학적 금속 제련방법은 건식제련과 습식제련으로 구분된다. 건식제련은 광석을 고온에서 용융하여 원하는 금속을 매트층에서 분리하여 정제하는 공정으로, 제련과정에서 고에너지를 필요로 하는 고비용 공정이며, 대기오염 물질을 다량 배출하므로 심각한 환경오염문제를 유발시킬 수는 단점이 있다. 습식제련은 상온에서 산 또는 알칼리 침출제를 처리함으로써 화학적 반응을 이용하여 광석 또는 폐기물로부터 금속이온을 침출 시키는 공정으로, 건식제련에 비해 반응은 느리지만 에너지를 많이 요구하지 않고 고가의 설비를 요하지는 않는 장점이 있다.

[0003] 그러나, 습식제련의 경우 시약비가 상당히 소요되고, 유독성 폐수가 다량으로 발생되는 문제점이 있다.

[0004] 물리·화학적인 방법외에 생물학적 대사작용을 이용하여 금속을 광물로부터 회수할 수 있는 생물용출(bioleaching) 기술이 있다. 생물용출은 미생물의 직·간접적인 작용에 의해 금속 광석의 물리·화학적 성질을 변화시켜 금속을 이온상태로 용출 시키는 방법으로, 금속함량이 낮아 직접 제련을 하기에 부적합한 저품위 광석으로부터 금속을 회수하는데 적합한 공정으로 인식되고 있다.

[0005] 이 공정의 장점으로는 공정이 단순하여 조업이 용이하기 때문에 조업비와 투자비가 저렴하여 경제적이라는 것과 2차 오염물 발생이 적은 환경친화적 공정이라는 것이다. 따라서, 생물용출 공정은 기존의 물리·화학적 공정에 비해 반응속도는 느리지만, 경제적이고 환경친화적인 측면에서 저품위 광석 및 폐기물로부터 유가의 금속을 용출하는데 적합한 공정이라 할 수 있다.

[0006] 지금까지 개발된 미생물을 이용한 금속회수공정은 대부분 호기성 미생물을 이용한 공정이었다. 예컨대, 호기적 분위기하에서 철산화세균이나 황산화세균을 이용하여 금속을 산화하여 용출하여 회수하는 방법이 개발되어 왔다. 그러나, 금속 중에는 산화 형태에서 환원 형태로 되어야 수용상으로 용출되는 종류도 있는데, 이들을 생물학적으로 용출시키기 위해서는 기존에 개발된 "산화세균" 이용법이 아닌, 혐기적 분위기하에서 미생물의 금속 환원 활성을 이용한 혐기성 금속제련 기술이 요구되고 있다.

[0007] 또한 철강생산 공정에서 모든 용해작업이 다 끝난 상태에서 마지막으로 용해로의 Slag를 걷어낸 뒤 쇳물 속으로 탈산제를 투입하여 탈산하는 작업이 필수적이다.

[0008] 페로망간 (Fe-Mn) 은 Melting Point가 비교적 높기 때문에 노중에 투입하여도 격렬하게 탈산 반응이 진행되지 않고 서서히 용해가 일어나면서 동시에 용강과의 탈산 반응이 일어나기 때문에 가장 많이 사용되는 탈산제이며 국내 망간 소비의 가장 큰 부분을 차지하고 있다.

[0009] 철강생산에서 다량의 부산물이 나오고 대부분이 다양한 소재로 재활용 되고 있지만 부산물의 대략 20%를 차지하는 망간 분진(나노더스트)는 품위를 올리는데 환경 및 경제적 측면에서 어려움이 있어서 연간 발생하는 10,000톤의 망간 나노더스트 대부분이 폐기물로 처리되고 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-0964176

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-0381132

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-0557410

(특허문헌 0004) (특허 문헌 4) 대한민국 공개특허 10-2009-0008839

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 자연에서 혐기성 미생물이 망간산화물을 환원시키는 반응을 모방하여, 지속가능한 방식으로 제철 및 페로망간 제조 간에 발생하는 Mn 분진 폐기물 내 Mn을 환원시켜서 수용액 상태로 만듦으로써 경제적/환경적으로 지속가능한 방식으로 분해하고, 기존의 강산 및 용광로를 이용한 분해 반응이 아닌 에너지·환경적으로 지속가능한 망간 분진 폐기물 처리 및 폐자원 재활용 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 건식 또는 습식법이 아니라 미생물을 이용한 친환경적인 bio-leaching을 통해 Mn 분진 내의 Mn을 환원시키고 침출시킬 수 있는 기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 목적은 미생물을 이용하여 망간분진 내 망간을 침출시키는 방법으로서, 미생물을 배지에 배양하는 단계; 및 미생물이 배양된 배지에 망간 분진을 투입하여 반응액을 생성하는 단계;를 포함하고, 상기 미생물에 의해 망간이 환원되어 상기 반응액 내에 용해되는 것을 특징으로 하는 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법으로서 달성될 수 있다.

[0015] 그리고 상기 미생물을 배지에 배양하는 단계는, 고체 배지에서 미생물을 배양시키고, 상기 고체 배지에 배양된 미생물을 액체 배지에 접종 및 성장시키는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 또한 상기 망간 분진은 제철소 망간분진인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 그리고 상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계는, 상기 액체 배지에 망간분진을 투입하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 또한 상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계는, 혐기조건 하에서 진행되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 그리고 상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계에서, 혐기조건 하에서 유기물을 함께 넣어 진행되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 또한 상기 투입하여 반응액을 생성하는 단계 후에, 상기 반응액을 필터링하여 침출액을 얻는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 그리고 상기 미생물은 Shewanella인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 또한 상기 유기물은 아세테이트(acetate), 젖산나트륨(sodium lactate), 자연유기 물질(natural organic matter) 및 슬러지 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 그리고 상기 망간 분진 내 망간 침출율은 40% 이상인 것을 특징으로 할 수 있다.

## *발명의 효과*

[0024] 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 따르면, 자연에서 혐기성 미생물이 망간산화물을 환원시키는 반응을 모방하여, 지속가능한 방식으로 제철 및 페로망간 제조 간에 발생하는 Mn 분진 폐기물 내 Mn을 환원시켜서 수용액 상태로 만듦으로써 경제적/환경적으로 지속가능한 방식으로 분해하고, 기존의 강산 및 용광로를 이용한 분해 반응이 아닌 에너지·환경적으로 지속가능하게 망간분진 폐기물을 처리하여 재활용할 수 있는 효과를 갖는다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 따르면, 기존의 건식 또는 습식법이 아니라 미생물을 이용한 친환경적인 bio-leaching을 통해 Mn 분진 내의 Mn을 환원시키고 침출시킬 수 있는 효과를 갖는다.

[0026] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0027] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법의 흐름도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법의 개략도,

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 침출된 Mn 이온 농도 그래프를 도시한 것이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0028] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0029] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0030] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직

각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0031] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0032] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.

[0034] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 대해 설명하도록 한다.

[0035] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법의 흐름도를 도시한 것이다.

[0036] 그리고 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법의 개략도를 도시한 것이다.

[0037] 또한 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 침출된 Mn 이온 농도 그래프를 도시한 것이다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은, 고체배지에 미생물을 배양하는 단계(S1), 고체배지에서 배양한 미생물을 액체 배지에 접종, 성장시키는 단계(S2), 액체 배지에 망간 분진과 유기물을 투입시키는 단계(S3), 혐기조건에서 반응시키고(S4), 필터링하여(S5), 망간이 환원되어 망간이온으로 침출된 침출액을 얻는 단계(S6)를 포함한다.

[0039] 따라서 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 따르면, 자연에서 혐기성 미생물이 망간산화물을 환원시키는 반응을 모방하여, 지속가능한 방식으로 제철 및 페로망간 제조 간에 발생하는 Mn 분진 폐기물 내 Mn을 환원시켜서 수용액 상태로 만듦으로써 경제적/환경적으로 지속가능한 방식으로 분해하고, 기존의 강산 및 용광로를 이용한 분해 반응이 아닌 에너지·환경적으로 지속가능하게 망간분진 폐기물을 처리하여 재활용할 수 있게 된다.

[0040] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법에 따르면, 기존의 건식 또는 습식법이 아니라 미생물을 이용한 친환경적인 bio-leaching을 통해 Mn 분진 내의 Mn을 환원시키고 침출시킬 수 있다.

[0042] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 고체 배지에서 미생물을 배양시키는 단계(S1)를 진행한다.

[0043] 미생물은 금속 이온을 환원시킬 수 있는 박테리아로, 예를 들어, 미생물은 혐기조건에서 금속을 환원시킬 수 있는 미생물일 수 있고, 바람직하게는, 미생물은 슈와넬라(Shewanella), 알테로모나스 (alteromonas) 및 지오박터(geobacter) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0044] 배양은 20 ℃내지 35℃의 온도에서 암조건 하에서 진행될 수 있고, 배양 온 도가 전술한 범위를 벗어나면(20 ℃ 미만이면 또는 35 ℃을 초과) 미생물이 성장하 지 못하는 문제가 있다.

[0045] 또한, 고체 배지에서 미생물을 배양시키는 단계(S1)는, 공기에 노출된 상태에서 진행될 수 있다.

[0046] 혐기 조건에서 금속을 환원시킬 수 있는 미생물은 산소로 호흡하는 대신에 유기물로부터 전자를 얻고, 유기물로부터 얻은 전자를 다시 주변 금속 산화물을 환원시킬 수 있다. 예를 들어, 배양은 미생물 배양을 위한 양분을

제공하는 PYE medium (1.0g/L peptone, 1.5 g/L yeast extract, 7.5 g/L NaCl, and 1.0 g/L (NH4)2SO4 in DI water with 10 mM HEPES buffer (pH 7.5))를 이용하여 진행될 수 있다.

[0047] 이후, 고체 배지에 배양된 미생물을 액체 배지에 접종 및 성장시키는 단계(S2)를 진행한다.

[0048] 본 발명의 실시예에 따른  미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 고체 배지에 배양된 미생물을 액체 배지에 접종 및 성장시킴으로써, 초기에 액체에서 미생물을 성장시키는 것보다 미생물 성장 속도 및 활성도가 향상될 수 있다.

[0049] 그리고 액체 배지의 pH가 pH 7 내지 pH 8일 수 있고, pH가 전술한 범위를 벗어나면(pH 7 미만이면 이거나 pH 8을 초과하면) 미생물 배양 시 성장에 문제를 야기할 수 있다.

[0050] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 제철소 망간분진을 미생물을 이용하여 환원 시킴으로써, pH 7-8 의 중성 조건에서 망간 분진 내 망간을 환원함으로써 기존 망간 분해를 위해 사용되고 있는 강산 또는 열처리 방법보다 경제적/환경적으로 지속성이 있다.

[0051] 그리고 이러한 액체 배지에 망간분진을 유기물과 함께 넣어주고 산소를 차단하고 $N_2$를 주입하여 혐기조건을 만들어 반응 시켜 망간 분진 내 망간을 환원시켜 반응액 내에 용해시키게 된다.

[0052] 호기 조건에서는 미생물이 산소를 이용하여 호흡하고 전자를 얻지만 혐기 조 건에서는 미생물이 유기 화합물로부터 전자를 얻고 대사과정 후 금속 산화물들에 그 전자를 전달할 수 있다. 이를 통해, 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 혐기 조건 하에서 망간 분지 내의 망간이 환원될 수 있다.

[0053] 보다 구체적으로, 혐기 조건에서의 미생물의 대사과정 간 전자가 발생하게 되고 이 전자는 산화된 상태로 존재하고 있는 Mn을 Mn(II)로 환원시키고 수용액 상태로 존재할 수 있도록 한다.

[0054] 액체 배지에 망간 분진과 유기물을 첨가하여 망간을 환원시켜 침출액을 수득하는 단계는, 혐기 조건 하에 진행될 수 있다.

[0055] 혐기 조건은 산소를 차단하고, 질소 가스($N_2$) 및 아르곤(Ar) 가스 중 적어도 어느 하나의 가스를 주입하여 형성할 수 있다. 만약, 혐기 조건이 아닌 환경 하에서 진행되면 미생물이 공기 중 산소를 이용한 미생물 호흡을 진행하기 때문에 침출액 상에 존재하는 망간의 회수율이 낮아질 수 있다.

[0056] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 혐기 조건 하에서 액체 배지에 망간 분진를 분해시켜 침출액을 수득하기 때문에 미생물의 대사 호흡이 산소를 이용하지 않고 망간을 환원시키는 형태로 이루어지기 때문에, 망간의 회수율이 향상될 수 있다.

[0057] 보다 구체적으로, 혐기조건에서 미생물은 유기물로부터 전자를 얻고 미생물은 얻은 전자를 금속산화물에 다시 배출할 수 있다.

[0058] 액체 배지에 망간 분진 및 유기물을 첨가하여 망간분진 내 망간을 환원시켜 침출액을 수득하는 단계의 분해 온도는 상온에서 진행될 수 있다.

[0059] 유기물은 아세테이트(acetate), 젖산나트륨(sodium lactate), 자연유기 물질 (natural organic matter) 및 슬러지 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0060] 유기물은 혐기 조건에서 미생물의 호흡을 위한 전자를 주는 물질로, 미 생물은 유기 화합물을 통해 대사작용을 할 수 있다.

[0061] 이후, 본 발명의 실시예에 따른 미생물을 이용한 망간분진 내 망간 침출방법은 반응액을 여과시켜(S5) 침출액을 얻는 단계(S6)를 진행한다.여과는 시린지 필터(syringe filter)를 통해 진행될 수 있다.

[0062] 그리고 실린지 필터를 통과한 나머지 용액을 이용하여 ICP-MS 분석을 수행하고 환원 및 분해되어 용액상으로 존재하는 Mn 농도를 분석한다.

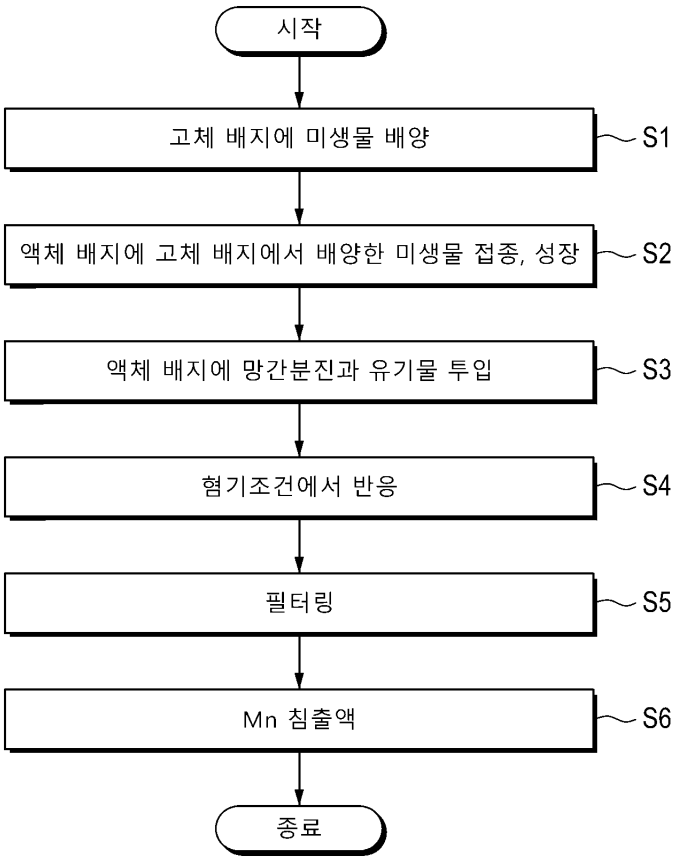
[0063] 도 3에 도시된 바와 같이, 미생물에 의해서 초기 넣어준 Mn분진 내 고체상으로 존재하는 Mn 40% 가량이 14일 후에 용액 상으로 침출 된 것을 볼 수 있다.

[0065] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것

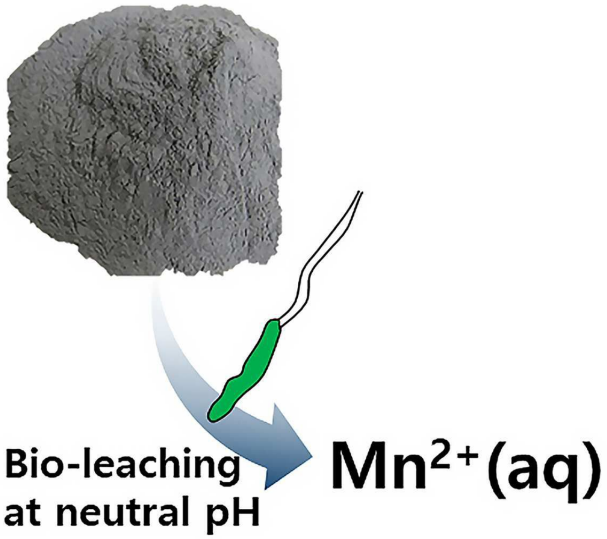
이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

## 도면

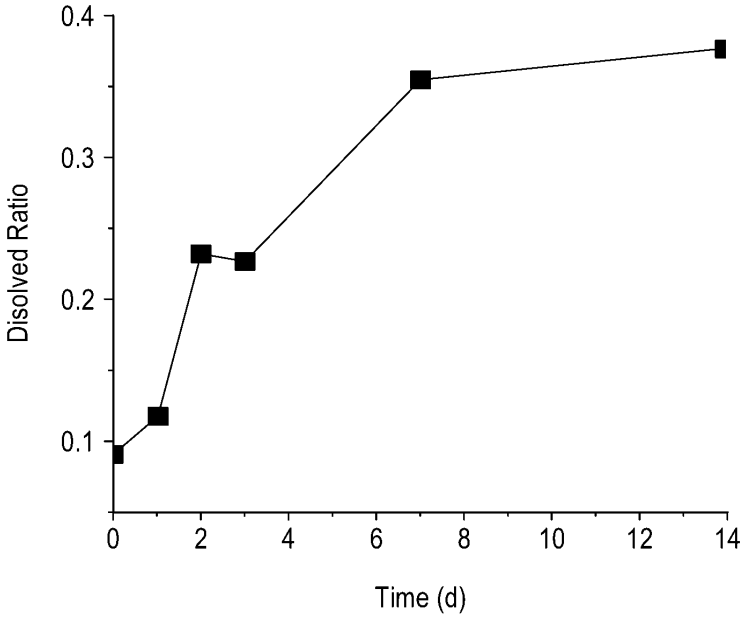
### 도면1



도면2


Bio-leaching
at neutral pH
Mn2+(aq)

도면3


Disolved Ratio
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2
4
6
8
10
12
14
Time (d)