



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년07월13일
 (11) 등록번호 10-1047985
 (24) 등록일자 2011년07월04일

(51) Int. Cl.
C22B 60/02 (2006.01) *C22B 3/04* (2006.01)
B01D 59/34 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0119086
 (22) 출원일자 2010년11월26일
 심사청구일자 2010년11월26일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2004036000 A*
 KR1019987003193 A
 JP1994116660 A
 KR1019830010209 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전 유성구 가정동 30번지
 (72) 발명자
 정경우
 대전광역시 서구 탄방동 779 위즈아파트 1202호
 김철주
 대전광역시 서구 둔산2동 은초롱아파트 1001호
 윤호성
 서울특별시 서초구 서초4동 래미안 서초스위트
 102동 2105호
 (74) 대리인
 특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 강구환

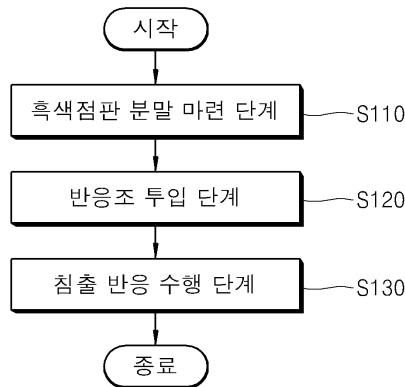
(54) 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법

(57) 요약

우라늄이 함유된 광물에 황산을 첨가함과 더불어 초음파를 인가하는 것을 통해 우라늄의 침출 효율을 극대화할 수 있는 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 초음파 인가에 따른 고효율 우라늄 침출 방법은 a) 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련하는 단계; b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물을 반응조 내에 투입하는 단계; 및 c) 상기 반응조 내에 황산 및 산화제를 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 우라늄 침출 반응을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2009-027-01

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 기본사업

연구과제명 국내/외 우라늄 확보 전주기 요소기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2009.01.01 ~ 2011.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

우라늄을 함유한 흑색점판암과 물을 혼합하는 단계; 및

상기 우라늄을 함유한 흑색점판암과 물의 전체 중량부 대비 황산 : 1 ~ 10g/ℓ, 산화제 : 37 ~ 39g/ℓ 및 황산 철 : 2 ~ 5g/ℓ 을 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 20 ~ 40℃에서 우라늄 침출 반응을 수행하는 단계; 를 포함하며,

상기 침출 반응시, pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원전위는 450 ~ 600mV로 제어하며, 상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입양으로 조절하되,

상기 초음파는 10 ~ 90W의 출력전압을 인가하는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 혼합은

250 ~ 550rpm으로 교반하는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 침출 반응시,

침출 속도 : 1.0ppm/min 이상을 갖는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 산화제는

이산화망간(MnO_2)인 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

a) 우라늄을 함유한 흑색점판암을 평균 입도 : 20 ~ 250 메쉬(mesh)를 갖도록 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련하는 단계;

b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물을 반응조 내에 투입하는 단계; 및

c) 상기 반응조 내에 투입된 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말과 물의 전체 중량부 대비 황산 : 1 ~ 10g/l, 산화제 : 37 ~ 39g/l 및 황산철 : 2 ~ 5g/l 을 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 20 ~ 40℃에서 우라늄 침출 반응을 수행하는 단계;를 포함하며,

상기 c) 단계시, pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원전위는 450 ~ 600mV로 제어하며, 상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입량으로 조절하되,

상기 초음파는 10 ~ 90W의 출력전압을 인가하되, 상기 초음파 인가는 초음파를 발생시키는 초음파 장치를 반응조 내에 장입하여 인가하는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 산화제는

이산화망간(MnO_2)인 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 c) 단계시,

상기 혼합은 250 ~ 550rpm으로 교반하는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 초음파 인가는

상기 초음파 장치를 수평 방향으로 이동하면서 인가하는 스캔 방식으로 수행하는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

청구항 21

제11항에 있어서,

상기 c) 단계시,

침출 속도 : 1.0ppm/min 이상을 갖는 것을 특징으로 하는 우라늄 침출 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 우라늄 침출 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 우라늄이 함유된 광물에 황산을 첨가함과 더불어 초음파를 인가하는 것을 통해 우라늄의 침출 효율을 향상시킬 수 있는 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 우라늄 광석을 황산수용액에 침출시킬 경우, 우라늄 광석에 함유되어 있는 산화우라늄은 3가 철 이온(Fe^{3+})에 의하여 산화우라늄 양이온(UO_2^{2+})으로 산화되면서 수용액으로 침출된다.

[0003] 그러나, 우라늄이 함유된 흑색점판암 광석을 황산수용액에 첨가하여 침출 반응을 진행시키면, 흑색점판암 광석에 함유되어 있는 철성분이 우선적으로 황산수용액에 용해되어야 철성분이 우라늄을 산화시켜 우라늄이 수용액에 침출되는데, 이 과정이 대략 수십 ~ 수백 시간으로 매우 느리게 진행되기 때문에 우라늄 침출 시간이 매우 길어질 뿐만 아니라 침출율이 낮은 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 하나의 목적은 우라늄을 함유한 광물에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합하여 우라늄 침출 반응을 시키되, 상기 침출 반응시 초음파를 인가하는 것을 통해 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 고효율 우라늄 침출 방법을 제공하는 데 있다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물을 반응조 내에 투입한 후, 상기 반응조 내에 황산 및 산화제를 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 우라늄 침출 반응을 수행하는 것을 통해 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 고효율 우라늄 침출 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 초음파 인가에 따른 고효율 우라늄 침출 방법은 우라늄을 함유한 광물에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합하여 우라늄 침출 반응을 시키되, 상기 침출 반응시 초음파를 인가하는 것을 특징으로 한다.
- [0007] 상기 침출 반응시, pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원전위는 450 ~ 600mV로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0008] 상기 침출 반응시, 상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입양으로 조절한다.
- [0009] 상기 황산철은 2 ~ 5g/l 를 첨가하는 것이 바람직하다.
- [0010] 상기 침출 반응은 20 ~ 40℃의 온도에서 수행하는 것이 바람직하다.
- [0011] 상기 혼합은 250 ~ 550rpm으로 교반한다.
- [0012] 상기 초음파는 10 ~ 90W의 출력전압을 인가하는 것이 바람직하다.
- [0013] 상기 침출 반응시, 침출 속도 1.0ppm/min 이상 및 산화제 소모량 27.0g/Kg 이하를 가질 수 있다.
- [0014] 상기 산화제는 이산화망간(MnO₂)인 것이 바람직하다.
- [0015] 상기 광물은 흑색점판암인 것이 바람직하다.

- [0016] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 초음파 인가에 따른 고효율 우라늄 침출 방법은 a) 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련하는 단계; b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물을 반응조 내에 투입하는 단계; 및 c) 상기 반응조 내에 황산 및 산화제를 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 우라늄 침출 반응을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 a) 단계시, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말은 20 ~ 250 메쉬(mesh)의 평균 입도를 갖도록 분쇄한다.
- [0018] 상기 c) 단계시, 상기 반응조 내에 황산철을 더 투입하는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 황산철은 2 ~ 5g/l 를 첨가한다.
- [0020] 상기 c) 단계시, 상기 침출 반응은 20 ~ 40℃의 온도에서 수행하는 것이 바람직하다.
- [0021] 상기 산화제는 이산화망간(MnO₂)을 사용한다.
- [0022] 상기 c) 단계시, 상기 혼합은 250 ~ 550rpm으로 교반한다.
- [0023] 상기 c) 단계시, 상기 초음파는 10 ~ 90W의 출력전압을 인가한다.
- [0024] 상기 c) 단계시, 상기 초음파 인가는 초음파를 발생시키는 초음파 장치를 반응조 내에 장입하여 인가한다.
- [0025] 상기 초음파 인가는 상기 초음파 장치를 수평 방향으로 이동하면서 인가하는 스캔 방식으로 수행할 수 있다.
- [0026] 상기 c) 단계시, 침출 속도 1.0ppm/min 이상 및 산화제 소모량 27.0g/Kg 이하를 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명은 우라늄을 함유한 광물에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합하여 우라늄 침출 반응을 시키되, 상기 침출 반응시 초음파를 지속적으로 인가함으로써 캐비테이션(cavitation)에 의한 혼합 효과 및 유효충돌빈도의 증가 효과로 미량의 산화제만으로도 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법을 개략적으로 나타낸 공정 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법에 대하여 개략적으로 나타낸 공정 모식도이다.

도 3은 실시예 및 비교예에 대한 침출 시간에 따른 우라늄 침출율을 나타낸 그래프이다.

도 4는 실시예 및 비교예에 대한 우라늄 침출양에 따른 산화제 투입양을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0030] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법을 개략적으로 나타낸 공정 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법을 개략적으로 나타낸 공정 모식도이다.

[0032] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법은 흑색점판 분말 마련 단계(S110), 반응조 투입 단계(S120) 및 침출 반응 수행 단계(S130)를 포함한다.

[0033] 흑색점판 분말 마련 단계

[0034] 흑색점판 분말 마련 단계(S110)에서는 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련한다.

[0035] 이때, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말은 20~250 메쉬(mesh)의 평균 입도를 갖도록 분쇄하는 것이 바람직하다. 만약, 상기 흑색점판 분말의 평균 입도가 20 메쉬 미만일 경우에는 분쇄 비용이 과다하게 소모되며, 반대로 흑색점판 분말의 평균 입도가 250 메쉬를 초과할 경우에는 침출 효과가 미미할 수 있다.

[0036] 반응조 투입 단계

[0037] 반응조 투입 단계(S120)에서는 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물을 반응조(100) 내에 투입한다.

[0038] 이때, 상기 반응조(100) 내에 투입되는 우라늄을 함유한 흑색점판 분말 및 물은 반응조로부터 흘러 넘치지 않을 정도의 적정량을 투입하는 것이 바람직하다.

[0039] 상기 반응조(100) 내에는 산화환원전위 전극(110) 및 pH 전극(120)이 더 배치될 수 있으며, 이러한 산화환원전위 전극(110) 및 pH 전극(120)은 인접한 위치에서 상호 마주보도록 장입시키는 것이 바람직하다.

[0040] 이러한 산화환원전위 전극(110) 및 pH 전극(120) 주변에는 후술할 황산이 투입되는 황산 투입구(130) 및 산화제가 투입되는 산화제 투입구(140)가 더 배치될 수 있다. 또한, 도면으로 나타내지는 않았지만, 상기 산화환원전위 전극(110) 및 pH 전극(120) 주변에는 산화철이 투입되는 산화철 투입구(미도시)가 더 배치될 수도 있다.

[0041] 침출 반응 수행 단계

[0042] 침출 반응 수행 단계(S130)에서는 반응조(100) 내에 황산 및 산화제를 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 우라늄 침출 반응을 수행한다. 이때, 황산 및 산화제는 우라늄을 함유한 광물과 물의 전체 중량부 대비 1 ~ 10/ℓ 및 37 ~ 39g/ℓ의 함량비로 각각 첨가될 수 있다.

[0043] 이때, 상기 반응조(100) 내에 황산철을 더 첨가할 수 있으며, 이러한 황산철은 2 ~ 5g/ℓ를 첨가하는 것이 바람

직하다. 상기 황산, 산화제 및 황산철은 황산 투입구(130), 산화제 투입구(140) 및 황산철 투입구를 통하여 각각 반응조(100) 내에 첨가될 수 있다.

[0044] 만약, 반응조(100) 내의 전체 혼합물(170) 대비 황산철의 첨가량이 2g/ℓ 미만으로 첨가될 경우에는 황산철 첨가에 따른 우라늄 침출 효과가 미미할 수 있고, 반대로 황산철의 첨가량이 5g/ℓ를 초과하여 첨가될 경우에 황산철의 과도한 첨가에 의하여 비용 상승 문제가 발생할 수 있다.

[0045] 상기 혼합물(170)의 pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원전위(oxidation reduction potential: ORP)는 450 ~ 600mV로 제어하는 것이 적절하다. 이때, 상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입량으로 조절할 수 있다.

[0046] 이때, 상기 산화제로는 이산화망간(MnO₂)을 이용할 수 있다. 그리고, 상기 침출 반응은 20 ~ 40℃의 온도에서 수행하는 것이 좋고, 상기 혼합은 250 ~ 550rpm으로 교반하는 것이 바람직하다.

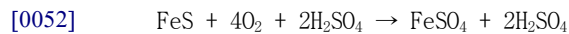
[0047] 이와 같이, 반응조(100) 내에 공급된 혼합물(170)은 반응조(100)로부터 흘러 넘치지 않을 정도의 속도로 교반자(150)에 의한 회전 운동을 통해 일정 시간 동안 교반시키는 것이 바람직하다.

[0048] 또한, 상기 침출 반응 시간은 0.1 ~ 3시간 동안 수행하는 것이 바람직하다. 이때, 본 발명의 경우 침출 반응 시간이 3시간 이내로 단축될 수 있는 것은 후술할 초음파 인가에 따른 캐비테이션(cavitation) 효과에 기인한 것으로, 이에 대한 상세한 설명에 대해서는 후술하도록 한다.

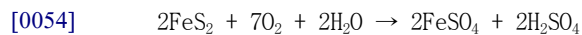
[0049] 본 발명에 따른 우라늄 침출 반응의 경우, 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 황산 및 황산철로 침출시킬 때, Fe³⁺에 의하여 UO₂가 UO₂²⁺로 산화되며, 이때 흑색점판 분말에 포함된 3가 철이온이 침출 반응에 참여할 수 있게 된다.

[0050] 즉, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합한 혼합물에 공존하는 3가 철이온에 침출 반응이 일어날 경우, 하기의 화학식 1, 2와 같은 반응이 일어날 수 있다.

[0051] [화학식 1]

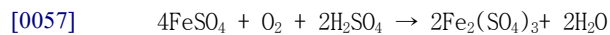


[0053] [화학식 2]

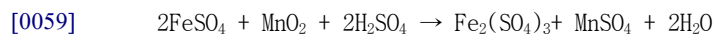


[0055] 상기 용해된 FeSO₄은 산화제에 의하여 Fe₂(SO₄)₃이 되며, 하기 화학식 3, 4, 5와 같은 반응이 일어날 수 있다.

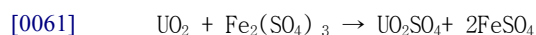
[0056] [화학식 3]



[0058] [화학식 4]



[0060] [화학식 5]



[0062] 그리고, 우라늄의 침출 반응은 하기의 화학식 6과 같은 반응이 일어날 수 있다.

[0063] [화학식 6]



- [0065] 따라서, 상기 $Fe_2(SO_4)_3$ 은 우라늄을 용해시키게 된다.
- [0066] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 우라늄 침출 방법의 경우, 반응조(100) 내에 황산 및 산화제를 첨가 혼합함과 동시에 초음파를 인가하여 우라늄 침출 반응을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0067] 이때, 초음파는 10 ~ 90W의 출력전압을 인가하는 것이 바람직하다. 만약, 초음파의 출력전압이 10W 미만으로 인가될 경우에는 초음파의 인가에 따른 캐비테이션(cavitation) 효과가 미미하여 침출 반응이 원활히 이루어지지 않을 수 있고, 반대로 초음파의 출력전압이 90W를 초과하여 인가될 경우에는 과도한 초음파 인가로 인하여 침출된 우라늄이 다시 감소하는 문제를 야기할 수 있다.
- [0068] 이와 같이, 상기 침출 반응시, 혼합물에 초음파를 지속적으로 인가할 경우, 캐비테이션에 의한 혼합 효과 및 유효충돌빈도의 증가 효과로 침출 속도가 빨라져 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 바, 이를 통해 침출 반응 시간을 단축시킬 수 있는 이점이 있다.
- [0069] 특히, 상기 침출 반응시, 초음파는 초음파 장치(160)의 팁을 반응조(100) 내에 장입하여 인가하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 상기 초음파 장치(160)의 팁을 반응조(100) 내에 장입하여 초음파를 직접 조사할 경우, 혼합물(170)에 가해지는 초음파의 세기가 강한 장점으로 초음파 효과를 극대화시킬 수 있는 이점이 있다.
- [0070] 이때, 상기 초음파는 초음파 장치(160)를 이동하면서 인가하는 스캔 방식(scan type)으로 수행할 수 있으며, 이와 같이 스캔 방식으로 반응조(100) 내의 전 부분에 대하여 고르게 초음파가 가해지도록 조절하는 것이 좋다.
- [0071] 따라서, 본 발명의 실시예와 같이, 초음파를 이용한 우라늄 침출 방법을 이용하여 우라늄 침출 반응을 수행할 경우, 침출 속도 1.0ppm/min 이상 및 산화제 소모량 27.0g/Kg 이하를 가질 수 있다.
- [0072] 지금까지 살펴본 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 우라늄 침출 방법은 우라늄을 함유한 광물에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합하여 우라늄 침출 반응을 시키되, 상기 침출 반응시 초음파를 지속적으로 인가함으로써 캐비테이션(cavitation)에 의한 혼합 효과 및 유효충돌빈도의 증가 효과로 미량의 산화제만으로도 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 이점이 있다.
- [0073] **실시예**
- [0074] 우라늄을 함유한 흑색점판암 600g을 40 메쉬가 되도록 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련하였다. 다음, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말에 증류수 400g, 황산철 1.5g/ℓ 및 황산을 첨가하여 혼합물을 제조하였다. 상기 혼합물을 400rpm으로 교반함과 동시에 초음파를 지속적으로 인가하여 2시간 동안 침출 반응을 수행하였다. 이때, 침출 반응을 수행하는 동안 침출 반응 온도는 30℃로, 상기 혼합물의 pH는 2.0으로, 그리고 산화환원전위는 550mV로 유지되도록 황산과 이산화망간을 첨가하였다. 총 침출반응은 2시간 동안 수행하였으며, 30분 또는 1시간마다 샘플을 채취하여 여과한 후 용액을 ICP로 분석하여 우라늄 침출율을 얻었다.
- [0075] **비교예**
- [0076] 우라늄을 함유한 흑색점판암 600g을 40 메쉬가 되도록 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련하였다. 다음, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말에 증류수 400g, 황산철 3.5g/ℓ 및 황산을 첨가하여 혼합물을 제조하였다. 상기 혼합물에 초음파를 인가하는 것 없이 400rpm으로 교반하여 3시간 동안 침출 반응을 수행하였다. 이때, 침출 반응을 수행하는 동안 침출 반응 온도는 30℃로 유지하고, 상기 혼합물은 pH2.0, 산화환원전위는 550mV로 유지되도록 황산과 이산화망간을 첨가하였다. 총 침출반응은 3시간 동안 수행하였으며, 30분 또는 1시간마다 샘플을 채취하여 여과한 후 용액을 ICP로 분석하여 우라늄 침출율을 얻었다.
- [0077] 도 3은 실시예 및 비교예에 대한 침출 시간에 따른 우라늄 침출율을 나타낸 그래프이고, 도 4는 실시예 및 비교예에 대한 우라늄 침출량에 따른 산화제 투입량을 나타낸 그래프이다.

[0078] 도 3에 도시된 바와 같이, 실시예의 경우 황산철의 투입량이 비교예에 비하여 적은 양이 투입되었음에도 불구하고, 시간의 경과에 따른 침출율이 전반적으로 상승한 것을 확인할 수 있다.

[0079] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 실시예의 경우 우라늄의 침출양에 따라 산화제 투입량이 서서히 증가하다가 일정량 이상이 투입될 경우 실제 반응에 이용되는 양의 증가로 산화제 투입량이 감소하는 것을 알 수 있으나, 비교예의 경우 우라늄의 침출양에 비례하여 산화제 투입량이 계속적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

[0080] 표 1은 실시예 및 비교예에 따른 침출 속도와 산화제 소모량 및 이용율을 비교하여 나타낸 것이다.

[0081] [표 1]

구분	침출 속도	MnO ₂ 소모량	MnO ₂ 이용율
비교예	0.76ppm/min	29.7g/Kg	62.3%
실시예	1.12ppm/min	26.1g/Kg	68.2%

[0082]

[0083] 표 1을 참조하면, 실시예의 침출 속도는 1.12ppm/min으로 비교예의 침출 속도 0.76ppm/min에 비하여 약 47%가 증가한 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시예의 경우 비교예에 비하여 산화제의 소모량이 2.6g/Kg 정도 감소하였고, 산화제의 이용율은 5.9% 정도 상승한 것을 확인할 수 있다.

[0084] 위와 같은 실험 결과에 따르면, 초음파를 인가할 경우 초음파를 인가하지 않았을 경우에 비하여 침출 속도가 빨라질 뿐만 아니라, 첨가된 산화제 중 실제 반응에 이용된 이용율의 증가에 따라 산화제의 소모량이 감소한다는 것을 알 수 있다.

[0085] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 초음파를 이용한 고효율 우라늄 침출 방법을 이용하여 우라늄을 침출시킬 경우, 미량의 산화제만으로도 우라늄의 침출 효과를 극대화할 수 있는 효과가 있다.

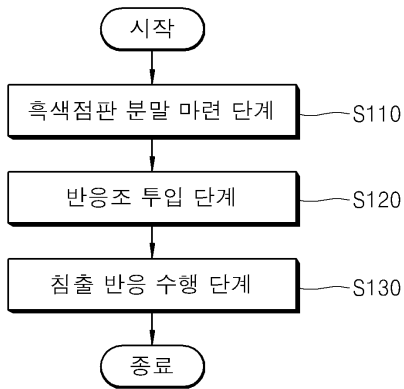
[0086] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구 범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

부호의 설명

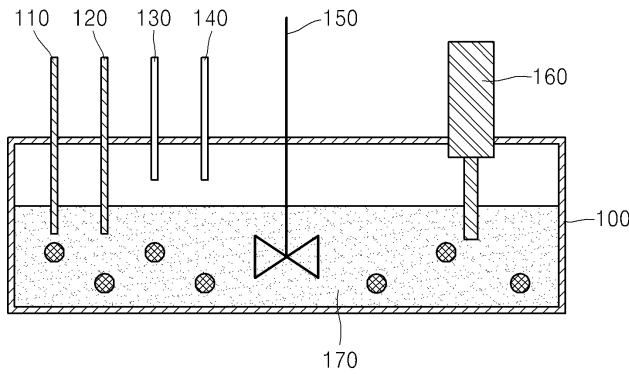
- [0087] S110 : 흑색점판 분말 마련 단계
- S120 : 반응조 투입 단계
- S130 : 침출 반응 수행 단계

도면

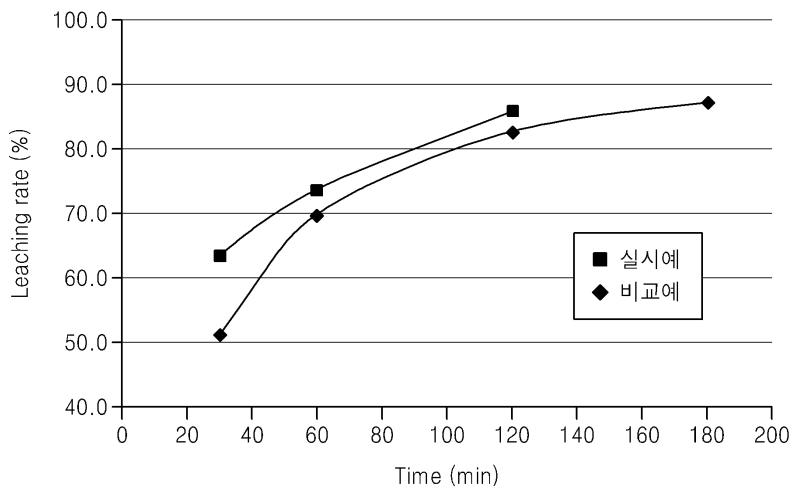
도면1



도면2



도면3



도면4

