



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년07월06일  
 (11) 등록번호 10-1163557  
 (24) 등록일자 2012년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**C22B 3/06** (2006.01) **C22B 3/08** (2006.01)  
**C22B 60/02** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0144145  
 (22) 출원일자 2011년12월28일  
 심사청구일자 2011년12월28일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101047985 B1\*  
 KR101039595 B1\*  
 KR100000477 B1  
 JP10245640 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한국지질자원연구원**  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
**정경우**  
 대전광역시 서구 계룡로583번길 55, 1202호 (탄방동, 위즈아파트)  
**김철주**  
 대전광역시 서구 청사로 269, 1001호 (둔산동, 은초롱아파트)  
**윤호성**  
 서울특별시 서초구 서운로 221, 102동 2105호 (서초동, 래미안 서초스위트)  
 (74) 대리인  
**특허법인 대아**

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 윤여분

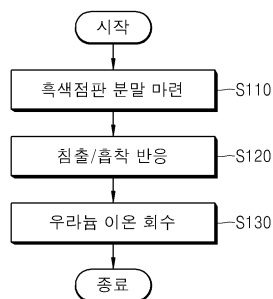
(54) 발명의 명칭 **고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법**

**(57) 요약**

우라늄이 함유된 광물을 황산에 투입함과 동시에 흡착제를 첨가하는 것을 통해 침출 반응 속도를 향상시킬 수 있는 고효율 우라늄 회수 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 (a) 우라늄을 함유한 흑색점관암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점관 분말을 마련하는 단계; (b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점관 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조 내에 투입하여 침출 반응 및 흡착 반응시키는 단계; 및 (c) 상기 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 상기 침출 용액을 추출한 후, 상기 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2009-027-1

부처명 지식경제부

연구사업명 기본사업

연구과제명 국내/외 우라늄 확보 전주기 요소기술 개발

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2009.01.01 ~ 2011.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

- (a) 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 20 ~ 250 메쉬(mesh)의 평균 입도를 갖는 우라늄을 함유한 흑색 점판 분말을 마련하는 단계;
- (b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조 내에 동시에 투입하여 0.1 ~ 3시간 동안 침출 반응 및 흡착 반응시키는 단계; 및
- (c) 상기 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 상기 침출 용액을 추출한 후, 상기 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수하는 단계;를 포함하며,

상기 (b) 단계에서, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말이 상기 침출 용액에 혼합되어 침출 반응하면서 우라늄 이온을 생성하고, 생성된 우라늄 이온은 상기 흡착제에 실시간으로 흡착되어 우라늄 이온을 생성하려는 경향이 강해져 침출 속도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 흡착제는

음이온 이온교환수지인 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 음이온 이온교환수지는

$UO_2(SO_4)_2^{2-}$ 를 흡착하는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 침출 용액은

물, 황산, 산화제 및 황산철을 포함하는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 (b) 단계에서,

pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원전위는 450 ~ 600mV로 제어하는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율

우라늄 회수 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입량으로 조절하는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 9**

- (a) 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 20 ~ 250 메쉬(mesh)의 평균 입도를 갖는 우라늄을 함유한 흑색 점판 분말을 마련하는 단계;
- (b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조 내에 동시에 투입하여 0.1 ~ 3 시간 동안 침출 반응 및 흡착 반응시키면서 초음파를 인가하는 단계; 및
- (c) 상기 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 상기 침출 용액을 추출한 후, 상기 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수하는 단계;를 포함하며,

상기 (b) 단계에서, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말이 상기 침출 용액에 혼합되어 침출 반응하면서 우라늄 이온을 생성하고, 생성된 우라늄 이온은 상기 흡착제에 실시간으로 흡착되어 우라늄 이온을 생성하려는 경향이 강해져 침출 속도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 (b) 단계에서,

상기 초음파는

10 ~ 50KHz의 주파수 및 1 ~ 10W의 출력전력을 인가하는 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**청구항 11**

제9항에 있어서,

상기 흡착제는

음이온 이온교환수지인 것을 특징으로 하는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법.

**명세서**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 우라늄 회수 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 우라늄이 함유된 흑색점판암을 침출 용액에 투입함과 동시에 흡착제를 첨가하는 것을 통해 침출 속도를 향상시킬 수 있는 고효율 우라늄 회수 방법에 대하여 개시한다.

**배경 기술**

[0002] 우라늄을 함유한 광물로부터 침출 반응을 통하여 추출된 우라늄은 이온교환수지로 흡착시켜 정제하는 공정을

수행하게 되는 데, 이 경우 컬럼 방식이 주류를 이루어 왔다.

- [0003] 이러한 컬럼 방식의 경우, 우라늄이 침출된 침출 용액을 반응조 내에 수직한 방향으로 투입하는 방식으로 진행되는데, 이를 위해서는 침출 반응 후에 침출 용액내에 남아있는 잔사를 분리하는 고/액 분리 단계가 요구된다.
- [0004] 최근에는, 컬럼 방식의 본질적인 문제를 회피하기 위한 일환으로, 원료 물질로부터 우라늄이 침출되어 농후한 슬러리를 형성하고, 이어서 이온교환수지가 사용되어 맑고 농후한 침출 용액보다는 슬러리로부터 우라늄을 직접적으로 흡착하는 레진-인-펄프(resin-in-pulp) 방식이 개발된 바 있다.
- [0005] 그러나, 이러한 레진-인-펄프 방식의 경우 반응조 내에 투입되는 우라늄 침출 용액 및 이온교환수지를 포함하는 슬러리를 적절히 혼합되도록 교반하는 것에 의하여 우라늄 이온교환 흡착이 이루어지는 데, 이 과정이 대략 수십 ~ 수백 시간으로 매우 느리게 진행되기 때문에 우라늄 이온교환 흡착 시간이 매우 길어져 흡착율이 매우 낮다는 문제가 있다.
- [0006] 관련 선행 문헌으로는 대한민국 등록 특허 제10-1984-0001372호(1984.09.21 공고)가 있으며, 상기 문헌에는 습식법 인산으로부터 우라늄을 회수하는 방법이 개시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 본 발명의 목적은 침출 과정과 동시에 흡착제를 투입함으로써, 침출 속도를 향상시킬 수 있음과 더불어 고/액 분리 과정을 생략할 수 있는 고효율 우라늄 회수 방법을 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명의 다른 목적은 침출 과정과 동시에 흡착제를 투입하면서 초음파를 인가함으로써, 침출 및 흡착 효율을 보다 향상시킬 수 있는 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제1 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 (a) 우라늄을 함유한 흑색점관암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점관 분말을 마련하는 단계; (b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점관 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조 내에 투입하여 침출 반응 및 흡착 반응시키는 단계; 및 (c) 상기 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 상기 침출 용액을 추출한 후, 상기 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 (a) 우라늄을 함유한 흑색점관암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점관 분말을 마련하는 단계; (b) 상기 우라늄을 함유한 흑색점관 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조 내에 투입하여 침출 반응 및 흡착 반응시키면서 초음파를 인가하는 단계; 및 (c) 상기 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 상기 침출 용액을 추출한 후, 상기 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0011] 본 발명은 침출 반응과 동시에 흡착제를 첨가하여 우라늄 이온을 흡착하는 반응이 이루어지도록 함으로써, 침출 속도를 향상시킬 수 있음과 더불어 고/액 분리 과정을 생략할 수 있는 효과가 있다.
- [0012] 또한, 본 발명은 침출 과정과 동시에 흡착제를 투입하면서 초음파를 인가함으로써, 침출 및 흡착 효율을 보다 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0013] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 침출/회수 반응을 나타낸 공정 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법 중 침출/흡착 반응 과정을 나타낸 공정 모식도이다.
- 도 4는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 ICP 질량 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0014] 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.

[0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0016] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법을 나타낸 공정 순서도이고, 도 2는 도 1의 침출/흡착 반응 과정을 나타낸 공정 모식도이다.

[0017] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 흑색점판 분말 마련 단계(S110), 침출/흡착 반응 단계(S120) 및 우라늄 이온 회수 단계(S130)를 포함한다.

**흑색점판 분말 마련**

[0018] 흑색점판 분말 마련 단계(S110)에서는 우라늄을 함유한 흑색점판암을 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 마련한다.

[0020] 이때, 우라늄을 함유한 흑색점판 분말은 20 ~ 250 메쉬(mesh)의 평균 입도를 갖도록 분쇄하는 것이 바람직하다. 흑색점판 분말의 평균 입도가 20 메쉬 미만일 경우에는 분쇄 비용이 과다하게 소모되는 문제가 있다. 반대로, 흑색점판 분말의 평균 입도가 250 메쉬를 초과할 경우에는 침출 효과가 미미할 수 있다.

**침출/흡착 반응**

[0022] 침출/흡착 반응 단계(S120)에서는 우라늄을 함유한 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제를 반응조(100) 내에 투입한다.

[0023] 상기 침출 용액은 물, 황산, 산화제 및 황산철을 포함한 용액이 이용될 수 있다. 이때, 침출 용액은 물 1ℓ에 대하여, 대략 황산 1 ~ 10g, 산화제 30 ~ 40g 및 황산철 2 ~ 5g로 첨가될 수 있다. 이때, 황산철의 첨가량이 물 1ℓ에 대하여 2g 미만일 경우에는 황산철 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 황산철의 첨가량이 물 1ℓ에 대하여 5g을 초과할 경우에는 황산철의 첨가 대비 상승 효과가 미미한 관계로 경제적이지 못하다.

[0024] 그리고, 흑색점판 분말은 물 1ℓ에 대하여, 대략 1 ~ 40g이 첨가될 수 있다.

[0025] 또한, 본 단계에서, 흡착제로는 음이온 이온교환수지가 이용될 수 있으며, 구체적으로 강 염기성 및 약 염기성 음이온 교환수지를 포함하는 다공질의 합성수지 중에서 선택될 수 있다. 이러한 다공질의 합성수지로는, 하나의 예를 들면, Lanxess MP 600가 이용될 수 있다. 이때, 흡착제는 물 1ℓ에 대하여, 대략 2 ~ 10g이 첨가될 수 있다.

- [0026] 한편, 상기 반응조(100)에는 산화환원전위 전극(110), pH 전극(120), 황산 투입구(130), 산화제 투입구(140), 황산철 투입구(150) 및 흡착제 투입구(160)가 배치되어 있을 수 있다.
- [0027] 이때, 상기 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제의 혼합 용액(105)에 대한 pH는 1 ~ 2로 제어하고, 산화환원 전위(oxidation reduction potential: ORP)는 450 ~ 600mV로 제어하는 것이 적절하다. 이때, 상기 pH는 황산으로 제어하고, 상기 산화환원전위는 산화제의 투입량으로 조절할 수 있다.
- [0028] 산화제로는 이산화망간(MnO<sub>2</sub>)을 이용할 수 있다. 그리고, 침출/흡착 반응은 10 ~ 50℃에서 수행하는 것이 좋고, 상기 혼합은 250 ~ 550rpm으로 교반하는 것이 바람직하다.
- [0029] 이와 같이, 반응조(100) 내에 투입되는 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제의 혼합 용액(105)은 반응조(100)로부터 흘러 넘치지 않을 정도의 속도로 교반자(170)에 의한 회전 운동을 통해 일정 시간 동안 교반시키는 것이 바람직하다.
- [0030] 또한, 상기 침출 및 흡착 반응 시간은 0.1 ~ 3시간 동안 수행하는 것이 바람직하다. 이때, 본 발명의 경우 침출 및 흡착 반응 시간이 3시간 이내로 단축될 수 있는 것은 침출 반응과 동시에 흡착제인 음이온 이온교환수지를 첨가하는 데 기인한 것으로, 이에 대한 상세한 설명은 후술하도록 한다.
- [0031] 본 단계에서, 우라늄을 함유한 흑색점판 분말을 황산 및 황산철로 침출시킬 때, Fe<sup>3+</sup>에 의하여 UO<sub>2</sub>가 UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>로 산화되며, 이때 흑색점판 분말에 포함된 3가 철이온이 침출 반응에 참여하게 된다.
- [0032] 즉, 상기 우라늄을 함유한 흑색점판 분말에 물, 황산, 산화제 및 황산철을 첨가 혼합한 혼합 용액에 공존하는 3가 철이온에 침출 반응이 일어날 경우, 하기의 화학식 1, 2와 같은 반응이 일어날 수 있다.
- [0033] [화학식 1]
- [0034]  $FeS + 4O_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + 2H_2SO_4$
- [0035] [화학식 2]
- [0036]  $2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$
- [0037] 상기 용해된 FeSO<sub>4</sub>은 산화제에 의하여 Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>이 되며, 하기 화학식 3, 4, 5와 같은 반응이 일어날 수 있다.
- [0038] [화학식 3]
- [0039]  $4FeSO_4 + O_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$
- [0040] [화학식 4]
- [0041]  $2FeSO_4 + MnO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 2H_2O$
- [0042] [화학식 5]
- [0043]  $UO_2 + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow UO_2SO_4 + 2FeSO_4$
- [0044] 그리고, 우라늄의 침출 반응은 하기 화학식 6과 같은 반응이 일어날 수 있다.
- [0045] [화학식 6]
- [0046]  $UO_2 + 2Fe^{3+} \rightarrow UO_2^{2+} + 2Fe^{2+}$
- [0047] 따라서, 상기 Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>은 흑색점판 분말에 함유된 우라늄을 용해시키게 된다.

[0048] 이때, 본 발명에서는 침출 반응을 통하여 용해된 우라늄 이온( $UO_2^{2+}$ )이  $SO_4^{2-}$ 과 결합하여 음이온 형태  $\{UO_2(SO_4)_2^{2-}\}$ 로 용액내에 존재하게 되며 우라늄 착이온 $\{UO_2(SO_4)_2^{2-}\}$ 은 실시간으로 음이온 흡착제에 흡착되게 된다.

[0049] 이 경우, 침출 반응과 동시에 우라늄 이온을 흡착하는 반응이 이루어지므로, 우라늄 이온을 지속적으로 생성하려는 경향이 강해진다. 즉, 침출 반응으로 용해되는 우라늄 이온의 수가 흡착제인 음이온 이온교환수지에 흡착되는 데 기인하여 계속적으로 감소하므로, 우라늄 이온을 빨리 생성하려는 경향이 강해져 침출 속도를 향상시킬 수 있게 된다. 이 결과, 본 발명에서는 침출 반응 시간을 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

[0050] **우라늄 이온 회수**

[0051] 우라늄 이온 회수 단계(S130)에서는 침출 및 흡착 반응된 반응물로부터 침출 용액을 추출한 후, 침출 용액이 제거된 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온을 회수한다.

[0052] 이러한 우라늄 이온 회수 단계(S130)에서는 시브(sieve)로 침출 용액을 필터링하여 제거함으로써, 침출 및 흡착 반응된 반응물, 즉 우라늄 이온이 흡착된 흡착제를 수득한 후, 스트리핑(stripping) 처리하여 반응물 중 흡착제에 흡착된 우라늄 이온만을 회수할 수 있게 된다. 즉, 침출 및 흡착 반응된 반응물은 시브에 남겨지고, 침출 용액 및 잔사는 시브를 통과하여 외부로 배출되게 된다.

[0053] 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 침출 과정과 동시에 흡착제를 투입함으로써, 침출 속도를 향상시킬 수 있음과 더불어 고/액 분리 과정을 생략할 수 있다.

[0054] 또한, 종래에 따른 레진-인-필프 방식의 경우, 고/액 분리 과정에서 잔사는 흡착제에 흡착이 되지 않는 관계로 흡착 효율이 저하되는 문제가 있었으나, 본 발명의 경우에는 침출 반응과 동시에 용액 상태에서 이온교환 흡착이 이루어지므로, 이온교환 흡착 효율을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

[0055] 한편, 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법 중 침출/흡착 반응 과정을 나타낸 공정 모식도이다.

[0056] 이때, 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 본 발명의 제1 실시예와 실질적으로 동일할 수 있다. 다만, 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 침출/흡착 반응 단계에서 초음파를 인가하는 것을 특징으로 하는 바, 중복 설명은 생략하고 차이점에 대해서만 중점적으로 설명하도록 한다.

[0057] 도 3을 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법의 경우, 침출/흡착 반응 단계에서 반응조(200) 내에 우라늄을 함유한 흑색점판 분말, 침출 용액 및 흡착제를 투입하여 침출 반응 및 흡착 반응시키면서 초음파를 인가하는 것을 특징으로 한다.

[0058] 이때, 초음파는 10 ~ 50KHz의 주파수 및 1 ~ 10W의 출력전력을 인가하는 것이 바람직하다. 초음파의 주파수가 10KHz 미만이거나, 또는 출력전압이 1W 미만일 경우에는 초음파의 인가에 따른 캐비테이션(cavitation) 효과가 미미하여 침출 및 흡착 반응이 원활히 이루어지지 않을 수 있다. 반대로, 초음파의 주파수가 50KHz 이상이거나, 또는 출력전압이 10W를 초과할 경우에는 과도한 초음파 인가로 인하여 흡착제가 파괴되는 문제를 야기할 수 있다.

[0059] 이와 같이, 침출 및 흡착 반응과 동시에 초음파를 인가할 경우, 반응조(200) 내에 채워진 혼합 용액(205)에 초음파를 인가한 후, 일정 시간이 경과하게 되면 순간적으로 버블 붕괴(bubble collapse)가 될 때 국소적으로 5000K의 온도와 1000bar 정도의 압력 그리고  $10^{10}$  K/s의 가열비/냉각비 등이 극한의 조건(extreme condition)을 갖게 된다. 이런 이유로, 혼합 용액(205)의 화학반응(chemical reactivity)이 상당히 증가될 수 있다.

[0060] 이와 같이, 침출/흡착 반응 단계시, 초음파를 지속적으로 인가할 경우, 캐비테이션에 의한 혼합 효과 및 유효 충돌빈도의 증가 효과로 침출 속도가 빨라져 우라늄의 침출 및 흡착 효과를 극대화할 수 있는 바, 이를 통해



침출 및 흡착 반응 시간을 단축시킬 수 있는 이점이 있다.

[0061] 특히, 상기 침출/흡착 반응 단계시, 초음파 장치(280)의 팁을 반응조(200) 내에 장입하여 초음파를 직접 조사하는 것이 바람직하며, 이 경우, 혼합 용액(205)에 가해지는 초음파의 세기가 강한 장점으로 초음파 효과를 극대화시킬 수 있는 이점이 있다.

[0062] 전술한 본 발명의 제2 실시예에 따른 고속 침출을 통한 고효율 우라늄 회수 방법은 침출 과정과 동시에 흡착제를 투입하면서 초음파를 인가함으로써, 침출 및 흡착 효율을 보다 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

[0063] **실시예**

[0064] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

[0065] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0066] **실시예 1**

[0067] 우라늄을 함유한 흑색점관암 20g을 60 메쉬가 되도록 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점관 분말을 마련하였다. 이후, 상기 우라늄을 함유한 흑색점관 분말 20g을 증류수 1000ml, 황산철 3g, 음이온 이온교환수지{ $UO_2(SO_4)_2^{2-}$ } 5g을 반응조 내에 투입한 후, 400rpm으로 교반시켜 침출 및 흡착 반응시켰다. 이때, pH는 2.0, 그리고 산화환원전위는 550mV로 유지되도록 황산 5g과 이산화망간 36g을 더 첨가하였다. 총 침출 및 흡착 반응은 4시간 동안 수행하였으며, 30분마다 샘플을 채취하여 여과한 후, 혼합 용액을 ICP로 분석하여 우라늄 침출율을 측정하였다.

[0068] **비교예 1**

[0069] 우라늄을 함유한 흑색점관암 20g을 60 메쉬가 되도록 분쇄하여 우라늄을 함유한 흑색점관 분말을 마련하였다. 이후, 상기 우라늄을 함유한 흑색점관 분말 20g을 증류수 1000ml 및 황산철 3g을 반응조 내에 투입한 후, 400rpm으로 교반시켜 침출 반응시켰다. 이때, pH는 2.0, 그리고 산화환원전위는 550mV로 유지되도록 황산 5g과 이산화망간 36g을 첨가하였다. 총 침출 반응은 4시간 동안 수행하였으며, 30분마다 샘플을 채취하여 여과한 후, 혼합 용액을 ICP로 분석하여 우라늄 침출율을 측정하였다.

[0070] 표 1은 실시예 1 및 비교예 1에 따른 샘플들에 대한 우라늄 침출율을 측정한 결과를 나타낸 것이고, 도 4는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 ICP 질량 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0071] [표 1]

구 분		침출물(%)	
		실시에 1	비교예 1
침출 시간 (min)	30	55.2	51.3
	60	73.6	69.7
	120	86.3	82.4
	180	90.1	86.7
	240	91.6	88.9

[0072]

[0073] 표 1 및 도 4를 참조하면, 침출 반응과 동시에 음이온 이온교환수지를 첨가한 실시예 1의 경우, 침출 반응시 음이온 이온교환수지를 첨가하지 않은 비교예 1의 경우 보다 침출율이 전반적으로 상승한 것을 확인할 수 있다.

[0074] 위의 실험 결과를 토대로, 침출 반응과 동시에 음이온 이온교환수지를 첨가할 경우 침출 속도의 증가에 기인하여 침출 시간을 단축시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

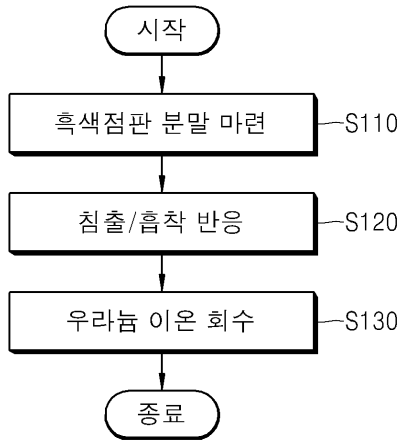
[0075] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

**부호의 설명**

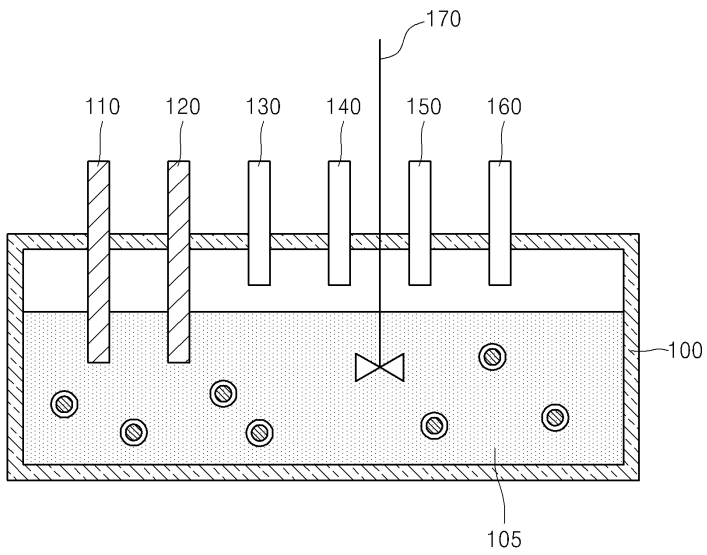
- [0076] S110 : 흑색점판 분말 마련 단계  
 S120 : 침출/흡착 반응 단계  
 S130 : 우라늄 이온 회수 단계
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 100 : 반응조     | 110 : 산화환원전위 전극 |
| 120 : pH 전극   | 130 : 황산 투입구    |
| 140 : 산화제 투입구 | 150 : 황산철 투입구   |
| 160 : 흡착제 투입구 | 170 : 교반자       |

도면

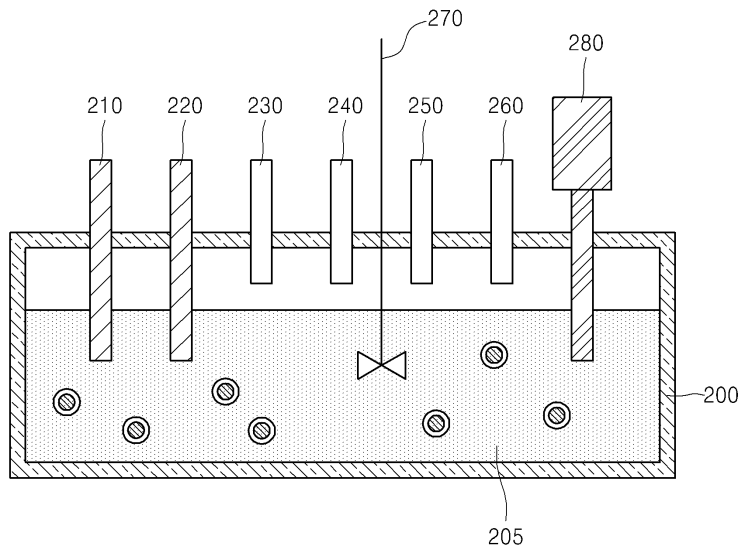
도면1



도면2



도면3



도면4

