(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월13일
(11) 등록번호 10-1481459
(24) 등록일자 2015년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E21B 43/22 (2006.01) *E21B 43/12* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0027112
(22) 출원일자 2014년03월07일
심사청구일자 2014년03월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP05156883 A*
JP2009046825 A*
US06074558 A*
US7472747 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
박찬희
대전광역시 유성구 가정로 65 (신성동) 101동 905호
이현석
대전광역시 서구 도안북로 136 (도안동, 파렌하이트아파트) 107동 2101호
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김우철

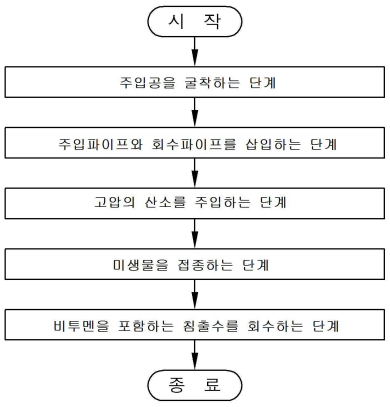
(54) 발명의 명칭 **생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법**

(57) 요 약

본 발명은 (a) 오일샌드 지역의 하부로 다수의 주입공을 미리 정해진 기 설정 간격으로 굴착하는 단계, (b) 상기 주입공의 일측면에 가스 및 용액을 고압으로 주입할 수 있는 주입장치가 배관 연결된 주입 파이프와 상기 주입공의 타측면에, 감압펌프가 구비된 회수 파이프를 삽입하는 단계, (c) 상기 고압 가스 주입장치를 통해 고압의 산

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



소를 주입하는 단계, (d) 상기 주입장치를 통해 상기 오일샌드 지역에 미생물과 영양액을 주입하여 상기 미생물을 접종하는 단계, (e) 상기 용액 주입장치를 이용해 고압으로 침출액을 주입하여 분리되는 비투멘을 포함하는 침출수를 상기 회수파이프로 회수하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법에 대한 것으로 본 발명에 따른 미생물을 이용한 생물학적 처리법은 별도의 고온 과정을 이용하여 비투멘을 채굴하는 여타의 방법과는 다른 친환경적이고 경제적인 방법으로서 오일샌드의 비투멘을 효과적으로 채굴할 수 있는 방법이다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	GP2013-023
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	주요사업-부처임무형
연구과제명	오일샌드 저류층 지질모델링 및 생산정 최적설계 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국지질자원연구원
연구기간	2013.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 오일샌드 지역의 하부로 다수의 주입공을 기설정 간격으로 굴착하는 단계;

(b) 고압 가스 주입장치 및 고압 액체 주입장치와 각각 배관 연결된 주입 파이프와, 감압펌프와 배관 열결된 회수 파이프를 상기 주입공에 각각 삽입하는 단계;

(c) 상기 고압 가스 주입장치를 통해 고압의 산소를 주입하는 단계;

(d) 상기 고압 액체 주입장치를 통해 상기 오일샌드 지역에 미생물과 영양액을 주입하여 상기 미생물을 접종하는 단계;

(e) 상기 고압 액체 주입장치를 이용해 고압으로 침출액을 주입하여 오일샌드로부터 분리되는 비투멘을 포함하는 침출수를 상기 회수파이프로 회수하는 단계;를 포함하고,

상기 단계 (c)는, 오일샌드 지역에 비투멘 채굴효율을 증가시키기 위해 고압의 산소를 주입하여 상기 오일샌드 지역에 균열을 발생시켜 상기 미생물의 접종면적을 넓히고, 상기 미생물이 비투멘의 점성을 낮추는 활성을 증가시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 주입 파이프는 외주면에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐을 포함하며, 각각의 상기 주입노즐을 통해 산소, 미생물 포함 용액, 영양액 및 침출액을 주입할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 고압 가스 주입장치와 상기 고압 액체 주입장치는 차량에 거치되어 이동이 용이하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 고압의 산소는, 상기 오일샌드 지역의 하부에 존재하는 지층에 균열을 일으킬 수 있도록 0.1 ~ 20 MPa의 압력 범위로 주입하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 단계 (d)에서, 사용하는 미생물은 상기 오일샌드 지역의 점도는 낮추는 활성을 가지는 미생물로서 디설포비브리오 속(Desulfovibrio sp.), 티오바실러스 속(Thiobacillus sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 슈도모나스 속(Psedomonas sp.), 칸디다 속(Candida sp.), 리도코커스 속(Rodococcus sp.), 아씨네박터 속

(Acinetobacter sp.), 고르도니아 속(Gordonia sp.), 노카디아 속(Nocardia sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 아조토박터 속(Azotobacter sp.), 라이조비움 속(Rhizobium sp.), 아조스피릴륨 속(Azogpirillium sp.), 플라보박테리움 속(Flavobacterium sp.), 스트렙도마이시스 속(Streptomysis sp.), 클렙시엘라 속(Klebsiella sp.) 또는 이들의 혼합 배양 균주에서 선택된 균주군에서 선택되는 1종 이상을 접종하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 단계 (d)는, 상기 미생물의 유류분해활성을 높이기 위해 상기 고압 액체 주입장치를 이용해 영양액, 생물활성제, pH조절물질을 공급하는 단계; 및

상기 고압 가스 주입장치를 이용하여 적정 산소농도를 유지시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 감압펌프가 구비된 회수 파이프는, 상기 주입 파이프보다 지표면에서 수직으로 더 하부에 위치하는 상기 주입공에 삽입되고, 상기 주입 파이프에 평행하게 설치되어, 중력을 이용하여 상기 침출수와 상기 미생물을 회수할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 단계 (e)는, 상기 미생물에 의해 점성이 낮아진 상기 오일샌드의 비투멘에 침출액을 분사하여 중력에 의해 상기 오일샌드 지층 하부로 모집된 상기 침출수를 상기 감압펌프가 구비된 상기 회수 파이프로 회수하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 침출액은 미생물 유래 생물 계면활성제와 물인 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 미생물을 이용한 생물학적 처리로 오일샌드에 존재하는 원유를 추출하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오일샌드란 오일성분에 해당하는 비투맨(bitumen) 이외에 모래(quartz sand) 혹은 사암, 점토(clay), 물 및 미량의 각종 미네랄이 물리화학적으로 혼합되어 이루어진 것으로서, 그 매장된 위치에 따라 다소 성분이 다를 수 있으나, 일반적으로 75 ~ 85%의 무기물질(모래, 점토, 미네랄 등), 3~5%의 물, 1~18%의 비투맨으로 이루어져 있으며, 비투멘(Bitumen, 석유로 변환되는 타르(Tar)와 같은 물질)과 같은 중질유가 10%정도 함유되어 있다.

[0003] 오일샌드에 함유된 비투멘은 검은색의 무겁고 끈적끈적한 형태의 점성질 원유로서, 8~14°의 API값을 가지며, 점성도는 최대 수천~수백만 cP로서, 자연 상태에서는 시추공이나 송유관 내에서 흐르지 않기 때문에, 열을 가하거나 희석계(초경질원유 혹은 경질석유제품)와 혼합해 비중과 점성도를 낮춘 후 송유관으로 수송하게 된다.

[0004] 일반적으로, 2톤의 오일샌드에서 대략 1배럴 가량의 원유를 생산할 수 있는 것으로 알려져 있다.

[0005] 오일샌드의 생산은, 보통 지하 75m를 기준으로 상층인 표층부는 노천채굴기법(Open-pit mining)으로 이루어지며, 그 이하의 지하 심층부는 인시츄(In-situ) 기술인 CSS(Cyclic Steam Stimulation)방식과 SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage)방식을 이용하여 이루어지게 되는데 가장 중요한 것은 비투멘의 점성을 낮추는 것이다.

[0006] 또한, 비투멘은 부가가치가 없어 연료로 사용되는 아스팔텐(asphaltene)과 부가가치가 있어 석유화학 제품으로 활용이 가능한 말텐(maltene)으로 이루어지는데, 비터멘에 포함된 말텐의 함량에 따라 그 값어치가 결정되기 때문에, 말텐 성분이 풍부한 비투멘을 천연에 회수하거나 비투멘 회수시 알스팔텐 성분을 말텐 성분으로 전환하는 기술을 접목하여 말텐 성분이 증진된 비투맨을 회수하게 된다.

[0007] 대부분의 인-시츄 기술에서의 중요한 목표는 비투맨의 점도를 낮추어, 쉽게 이동할 수 있도록 하는 것이며, 상업적으로 사용되는 인-시츄 기술은 CSS(Cyclic Steam Stimulation) 기술, SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage) 기술 등이 있고, ES-SAGD(Expanding Solvent-SAGD) 기술, THAI(Toe to Heal Air Injection) 기술, VAPEX(Vapor Extraction Process) 기술 등은 파일롯 수준의 연구가 진행되고 있다.

[0008] 이러한 오일샌드 내 비투멘의 채굴을 위해서 점성을 낮추는 방법에서 CSS방식과 SAGD방식은 모두 뜨거운 스팀(증기)을 주입해 비투멘을 채굴하는 방식이라는 점에서는 유사하지만, CSS방식은 하나의 파이프를 이용하여 스팀의 주입과 비투멘의 채굴을 순차적으로 진행하는 방식이고, SAGD방식은 두 개의 파이프를 설치한 후 하나의 파이프로는 스팀을 지속적으로 주입하고 다른 하나의 파이프를 통해 비투멘을 채굴하는 방식이라는 점에 차이가 있다.

[0009] 그러나, CSS방식과 SAGD방식은 모두 오일샌드 추출 과정에서 천연가스를 사용하여 고열의 스팀을 만들게 되는데, 만들어진 고열의 스팀이 오일샌드 내로 그대로 배출되기 때문에, 지속적으로 고열의 스팀을 공급하기 하여 저온의 물을 계속적으로 가열해야 하며, 이에 따른 천연가스 등의 에너지의 소모가 상당하다는 문제점이 있다.

[0010] 또한, 고열의 스팀을 분사하여 기름을 녹여내는 과정에서 수증기의 일부가 외부로 유출되면서 주변 토양과 강 등의 환경을 오염시키는 문제점이 있다.

[0011] 상기 SAGD 기술은 지하에 매장된 오일샌드로부터 비투멘을 회수하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있는 상용화 기술로서 지하 깊은 곳에 두 개의 평행하고 수평 방향의 우물(well)을 굴착한 후, 상단의 우물에 스팀을 주입하여 더운 열을 발생시키면 그 주변의 점도가 높은 오일샌드의 점도가 낮아지면서 아래로 흘러내리는 동시에 하단의 우물 내에 고이게 되어 점도가 낮아진 더운 오일샌드를 지상으로 펌핑하여 회수할 수 있다.

[0012] 일반적으로 SAGD 기술에서 오일의 회수율은 약 50% 수준으로 알려져 있으며, 과량의 스팀이 필요하므로 스팀 생산에 과량의 연료를 사용하게 되고 이로 인하여 과량의 CO_2를 발생시킨다는 문제점이 있다.

[0013] 한편, ES-SAGD 기술은 10 중량% 이내의 유기용매를 스팀과 동시에 주입함으로써 SAGD보다 개선된 회수율을 보이는 이점이 있으나, 주입한 유기용매를 100% 회수할 수 없는 것이 문제점으로 지적되고 있다.

[0014] 또한, VAPEX 기술은 SAGD 기술과 유사하지만, 물 대신 유기용매를 사용하여 오일샌드의 점도를 급격히 낮출 수

있는 특징이 있다.

[0015] 즉, VAPEX 기술은 에탄, 프로판 등과 같은 기화된 용매를 주입하여 지하에 증기 챔버(vapor chamber)를 형성한 후, 오일이 중력에 의해 아래쪽의 증기 챔버 내로 쉽게 흘러내릴 수 있게 한 기술로서, 에너지 사용량이 적은 장점이 있으나, 오일샌드에서 비투맨을 뽑아내는 기술은 아직도 개발의 여지가 많이 남아 있다.

[0016] 이상에서 살펴본 종래 기술들은 공통적으로 오일샌드 지역의 지하에 매장되어 있는 원유성분을 회수하기 위하여 고온 및 고압의 스팀을 사용하고 있으며, 또한 오일 회수율을 증진하기 위하여 고온의 가스를 포함한 다양한 종류의 첨가제를 사용하고 있으나 지금까지 보다 경제적이고 친환경적인 오일 회수방법에 대한 연구가 활발하게 진행되지 않고 있다.

선행기술문헌

[0017] 1. 한국공개특허 : 10-2012-0018239 (공개일: 2012.03.02)

[0018] 2. 한국공개특허 : 10-2013-0025743 (공개일: 2013.03.12)

[0019] 3. 한국공개특허 : 10-2013-0128228 (공개일: 2013.11.26)

[0020] 4. 국제공개특허 : WO 92/11343 (공개일: 1992.07.09)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0021] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서, 본 발명은 오일샌드로부터 비투멘을 보다 경제적이고 친환경적인 방법으로 채굴할 수 있는 방법에 대한 것으로 고압의 가스를 주입하여 미생물 접종 범위를 확대시키고, 비투멘의 점성을 낮출 수 있는 활성을 가지는 1종 이상의 미생물을 혼합 접종하여 비투멘의 점성을 낮추고, 미생물 기반 생물 계면활성제를 이용하여 비투멘을 침출시키는 방법에 의해서 오일샌드 지역의 비투멘을 고 효율로 회수할 수 있는 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해서, 본 발명에 따르면, (a) 오일샌드 지역의 하부로 다수의 주입공을 기설정 간격으로 굴착하는 단계, (b) 상기 주입공의 일측면에 가스 및 용액을 고압으로 주입할 수 있는 각각의 주입장치가 배관 연결된 주입 파이프와 상기 주입공의 타측면에 감압펌프가 구비된 회수 파이프를 삽입하는 단계, (c) 상기 고압 가스 주입장치를 통해 고압의 산소를 주입하는 단계, (d) 상기 주입장치를 통해 상기 오일샌드 지역에 미생물과 영양액을 주입하여 상기 미생물을 접종하는 단계, (e) 상기 용액 주입장치를 이용해 고압으로 침출액을 주입하여 분리되는 비투멘을 포함하는 침출수를 상기 회수파이프로 회수하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법이 제공된다.

[0023] 또한, 상기 주입 파이프는 상기 주입파이프의 외주면에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐을 포함하며, 각각의 상기 주입노즐을 통해 상기 고압의 가스, 상기 미생물 포함 용액, 영양액 및 상기 침출액을 주입할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 상기 고압 가스 주입장치와 상기 액체 주입장치는 차량에 거치되어 이동이 용이하도록 구성되는 것을 특징한다.

[0025] 또한, 상기 단계 (c)는, 오일샌드 지역에 비투멘 채굴효율을 증가시키기 위해 상기 고압의 산소를 주입하여 상기 오일샌드 지역에 균열을 발생시켜 상기 미생물의 접종면적을 넓히고, 상기 산소를 주입하여 상기 미생물이 비투멘의 점성을 낮추는 활성을 증가시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 상기 고압의 가스는, 상기 오일샌드 지역의 하부에 존재하는 지층에 균열을 일으킬 수 있는 정도의 고압으로 0.1 ~ 20 MPa의 압력 범위인 고압의 가스를 주입하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 상기 단계 (d)에서, 사용하는 미생물은 상기 오일샌드 지역의 점도는 낮추는 활성을 가지는 미생물로서 디설포비브리오 속(Desulfovibrio sp.), 티오바실러스 속(Thiobacillus sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 슈도모나스 속(Psedomonas sp.), 칸디다 속(Candida sp.), 리도코커스 속(Rodococcus sp.), 아씨네박터 속(Acinetobacter sp.), 고르도니아 속(Gordonia sp.), 노카디아 속(Nocardia sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 아조토박터 속(Azotobacter sp.), 라이조비움 속(Rhizobium sp.), 아조스피릴륨 속(Azogpirillium sp.), 플라보박테리움 속(Flavobacterium sp.), 스트렙도마이시스 속(Streptomysis sp.), 클렙시엘라 속(Klebsiella sp.) 또는 이들의 혼합 배양 균주에서 선택된 균주군에서 선택되는 1종 이상을 접종하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한, 상기 단계 (d)는, 상기 미생물의 유류분해활성을 높이기 위해 상기 액체 주입장치를 이용해 영양액, 생물활성제와 pH조절물질을 공급하는 단계 및 상기 고압 산소 주입장치를 이용하여 적정 산소농도를 유지시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 또한, 상기 감압펌프가 구비된 회수 파이프는, 상기 주입파이프보다 지표면에서 수직으로 더 하부에 위치하는 상기 주입공에 삽입되고, 상기 주입파이프에 평행하게 설치되어, 중력을 이용하여 상기 침출액과 상기 미생물을 회수할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 또한, 상기 단계 (e)는, 상기 미생물에 의해 점성이 낮아진 상기 오일샌드의 비투멘에 침출액을 분사하여 중력에 의해 상기 오일샌드 지층 하부로 모집된 상기 침출수를 상기 감압펌프가 구비된 상기 회수파이프로 회수하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 또한, 상기 침출액은 미생물 유래 생물 계면활성제와 물인 것을 특징으로 한다.

[0032] 그리고 본 발명의 다른 측면은, 상기한 방법을 이용해 오일샌드 지역의 비투멘을 채굴하도록 구성되는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 시스템에 있어서, 채굴하고자 하는 오일샌드 지역의 토양 하부로 매설되는 주입 파이프, 상기 주입파이프에 배관을 통해 연결되는 가스주입장치, 상기 오일샌드에 접종을 위한 미생물, 영양액 및 침출수를 주입하기 위해 상기 주입파이프에 배관을 통해 연결되는 액체 주입장치, 상기 미생물에 의해 점성이 낮아져 상기 침출수에 의해 오일샌드에서 분리된 상기 비투멘 포함 침출액을 회수하기 위한 회수파이프 및 상기 회수파이프에 연결되는 감압펌프를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 시스템을 제안한다.

[0033] 또한, 상기 주입 파이프는, 상기 공기주입장치에 의한 가스의 주입을 조절하기 위해 지상부에 설치되는 가스조절밸브, 상기 액체 주입장치에 의한 액체의 주입을 조절하기 위해 지상부에 설치되는 액체 조절밸브 및 상기 주입 파이프의 지하부에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0034] 상기와 같은 해결수단에 의해, 본 발명은 미생물을 이용한 생물학적 처리법을 이용하여 오일샌드 내부에 비투멘의 점성을 낮추고, 미생물 유래 생물 계면활성제를 이용하여 오일샌드 층의 비투멘의 추출 수율을 증대시켜 고효율의 비투멘 채굴방법을 제공할 수 있다.

[0035] 특히, 본 발명은 미생물을 이용하여 오일샌드 내부의 비투멘의 점성도를 낮추기 때문에 고온의 가열과정을 필요로 하지 않아서 경제적이며 환경오염문제를 걱정할 필요가 없으며, 미생물 유래 계면활성제를 이용한다는 점에서 친환경적인 비투멘 채굴방법을 제공할 수 있다.

[0036] 또한, 이동이 용이한 차량에 거치한 장치의 구성으로 넓은 면적의 오일샌드 지역에 보다 효율적으로 장비를 운용할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 간략하게 보여주는 공정도이다.

도 2는 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 모식적으로 보여주는 개념도이다.

도 3은 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법에 적용되는 주입파이프를 모식적으로 보여주는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다.

[0039] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0040] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다.

[0041] 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0042] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.

[0043] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0044] 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 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.

[0045] 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 이하에 첨부된 도면을 참조하여 바람직하게 설명하기로 한다.

[0046] 먼저 도 1을 참조하면, 도 1은 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 간략하게 보여주는 공정도이다.

[0047] 도 1에서 나타낸 바와 같이 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법은 (a) 오일샌드 지역의 하부로 다수의 주입공을 미리 정해진 기 설정 간격으로 굴착하는 단계, (b) 상기 주입공의 일측면에 가스 및 용액을 고압으로 주입할 수 있는 주입장치가 배관 연결된 주입 파이프와 상기 주입공의 타측면에, 감압펌프가 구비된 회수 파이프를 삽입하는 단계, (c) 상기 고압 가스 주입장치를 통해 고압의 산소를 주입하는 단계, (d) 상기 주입장치를 통해 상기 오일샌드 지역에 미생물과 영양액을 주입하여 상기 미생물을 접종하는 단계, (e) 상기 용액 주입장치를 이용해 고압으로 침출액을 주입하여 분리되는 비투멘을 포함하는 침출수를 상기 회수파이프로 회수하는 단계를 포함한다.

[0048] 더 상세하게 설명하면, 전통적인 방법으로 생산되는 유정 외에 오일샌드와 셰일가스는 막대한 탄화수소를 저장하고 있는데, 오일샌드는 매우 점성이 높은 탄화수소혼합물로서 벤젠에 용해되는 비투멘으로 주로 구성되어 있으며, 비투멘은 벤젠에 녹지 않는 매우 농축된 탄화수소 복합물로서 상호 결합되어 있다.

[0049] 일반적인 오일샌드는 50~60% 정도의 탄화수소 물질을 함유할 수 있으나, 20~30% 정도가 경제성이 있는 유정의 일반적인 함량인데 이러한 오일샌드로 부터의 유류 생산기술은 열처리 통해 비투멘의 유동성을 향상시켜 이것을 모래로부터 분리하는 것이다.

[0050] 본 발명은 일반적인 열처리과정을 거치지 않고 미생물에 의한 비투멘의 부분적인 분해로 비투멘의 유동성을 향상시켜 오일샌드 하부에 비투멘을 채굴하기 위한 것이다.

[0051] 즉, 도 2 및 도 3을 참조하면, 도 2는 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법을 나타내는 도면이고, 도 3은 본 발명에 따른 생물학적 처리법에 의한 오일샌드의 비투멘 채굴 방법에 적용되는 주입파이프의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0052] 도 2 및 도 3에 나타낸 바와 같이, 상기 주입 파이프(300)는, 상기 주입파이프(300)의 외주면에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐(303)을 포함하며, 공기와 미생물의 주입을 각각 조절하기 위한 가스조절밸브(301) 및 액체 조절밸브(302)가 지상부에 설치되어, 각각의 상기 주입노즐(303)을 통해 상기 고압의 가스, 상기 미생물 포함 용액, 영양액 및 상기 침출액을 주입할 수 있도록 구성된다.

[0053] 또한, 상기 고압 가스 주입장치(100)와 상기 액체 주입장치(200)는, 차량에 거치되어 이동이 용이하도록 구성하여 넓은 면적의 오일샌드 지역에서보다 효율적인 방법으로 비투멘 채굴 장치를 운용할 수 있다.

[0054] 한편, 인시추(In-situ) 공정으로 미생물을 이용한 오일샌드 지역에 비투멘 채굴을 위해서는 미생물의 생장조건을 적절하게 조절하여야 하며 이를 위해서, 상기 가스 주입장치를 통해 비투멘의 점성을 낮출 수 있는 미생물의 생장을 원활하게 하기 위하여 산소농도를 적절히 유지하여 주며, 더욱이 상기 액체 주입장치를 통해 미생물 생장에 필요한 영양분, 염도, 온도, 환원전위 및 pH 조절을 하여 오일샌드 내에서 미생물의 생육을 증진시킬 수 있도록 생육조건을 최적으로 유지시켜 미생물에 의한 비투멘의 부분적인 분해를 유도하여 비투멘의 유동성 향상을 증대시킨다.

[0055] 또한, 상기 단계 (c)는, 오일샌드 지역에 비투멘 채굴효율을 증가시키기 위해 상기 고압의 산소를 주입하여 상기 오일샌드 지역에 균열을 발생시켜 상기 미생물의 접종면적을 넓히고, 상기 산소를 주입하여 상기 미생물이 비투멘의 점성을 낮추는 활성을 증가시킬 수 있도록 구성되며, 상기 고압의 가스는, 상기 오일샌드 지역의 하부에 존재하는 지층에 균열을 일으킬 수 있는 정도의 고압으로 0.1 ~ 20 MPa의 압력 범위인 고압의 가스를 주입한다.

[0056] 한편, 오일샌드 내 비투멘의 점성을 낮추기 위해서 사용하는 미생물은 유류의 점도를 낮추는 활성을 가지는 미생물로서 인시추(In-situ) 공정에서 직접 원유회수 증가를 위하여 사용할 수 있는 미생물로서 디설포비브리오 속(Desulfovibrio sp.), 티오바실러스 속(Thiobacillus sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 슈도모나스 속(Psedomonas sp.), 칸디다 속(Candida sp.), 리도코커스 속(Rodococcus sp.), 아씨네박터 속(Acinetobacter sp.), 고르도니아 속(Gordonia sp.), 노카디아 속(Nocardia sp.), 바실러스 속(Bacillus sp.), 아조토박터 속(Azotobacter sp.), 라이조비움 속(Rhizobium sp.), 아조스피릴륨 속(Azogpirillium sp.), 플라보박테리움 속(Flavobacterium sp.), 스트렙도마이시스 속(Streptomysis sp.), 클렙시엘라 속(Klebsiella sp.) 또는 이들의 혼합 배양 균주에서 선택된 균주군에서 선택되는 1종 이상의 균주를 혼합하여 오일샌드 하부 지역에 접종하며 산소 존재하에 상기한 미생물에 의해 비투멘의 부분적인 분해가 발생하여 기름의 점성 변화를 유발한다.

[0057] 참고로, 미생물에 의한 비투멘의 부분적인 분해로 인한 유동성 향상은, 접종된 미생물들이 생장하면서 배출하는 이산화탄소, 메탄가스 등이 원유에 용해되어 원유 점도의 저하나 팽창을 유발하면서 비투멘의 유동성을 높일 수 있고, 또한 혼합 접종된 미생물이 생성하는 생물 계면활성제에 의해 비투멘의 유동성이 향상되어 여기에 물이나 또 다른 미생물 유래 생물 계면활성제를 주입하여 원유를 분해하는 방식으로 비투멘을 채굴하는 공정이 진행된다.

[0058] 더 상세히 설명하면, 오일샌드 하부 지역의 지층에 미생물이 생장함으로써 물리적인 현상에 의해 직접적으로 또는 미생물이 생성하는 계면활성제나 수소, 이산화탄소 및 황화수소 가스와 같은 가스의 생성으로 인한 간접적 요인에 의해 기름의 점성이 낮아져 비투멘을 채굴할 수 있다.

[0059] 또한, 상기 단계 (d)는, 상기 미생물의 유류분해활성을 높이기 위해 상기 고압 액체 주입장치(200)를 이용해 영양액, 생물활성제와 pH조절물질을 공급하는 단계 및 상기 고압 가스 주입장치(100)를 이용하여 적정 산소농도를 유지시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0060] 또한, 상기 감압펌프(500)가 구비된 회수 파이프(400)는, 상기 주입파이프(300)보다 지표면에서 수직으로 더 하부에 위치하는 주입공에 삽입되고, 주입파이프(300)에 평행하게 설치되어, 중력을 이용하여 상기 침출액과 상기 미생물을 회수할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0061] 또한, 상기 단계 (e)는, 상기 미생물에 의해 점성이 낮아진 상기 오일샌드의 비투멘에 침출액을 분사하여 중력에 의해 상기 오일샌드 지층 하부로 모집된 상기 침출수를 상기 감압펌프(500)가 구비된 상기 회수파이프(400)로 회수하는 것을 특징으로 한다.

[0062] 또한, 상기 침출액은 미생물 유래 생물 계면활성제와 물인 것을 특징으로 한다.

[0063] 보다 상세하게는, 미생물 유래 생물 계면활성제는 잔탄검(xanthan gum), 에멀산(emulsan), 만노시럴리트리올지질(mannosylerythritollipid) 및 람노지질(rhamno lipid)등이 있으며 이러한 미생물 유래 생물 계면활성제는 비투멘의 생분해성이 높아서 미생물에 의해 부분적인 분해가 발생된 오일샌드 지역의 비투멘에 생물 계면활성제가 주입되면 비투멘의 회수를 효과적으로 증대시킬 수 있다.

[0064] 또한, 상기한 방법을 이용해 오일샌드 지역의 비투멘을 채굴하도록 구성되는 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 시스템은, 채굴하고자 하는 오일샌드 지역의 토양하부에 매설되는 주입 파이프, 상기 주입파

이프에 배관을 통해 연결되는 가스주입장치, 상기 오일샌드에 접종을 위한 미생물, 영양액 및 침출수를 주입하기 위해 상기 주입파이프에 배관을 통해 연결되는 액체 주입장치, 상기 미생물에 의해 점성이 낮아져 상기 침출수에 의해 오일샌드에서 분리된 상기 비투멘 포함 침출액을 회수하기 위한 회수파이프 및 상기 회수파이프에 연결되는 감압펌프를 포함하여 구성되며, 상기 주입 파이프는, 상기 공기주입장치에 의한 가스의 주입을 조절하기 위해 지상부에 설치되는 가스조절밸브, 상기 액체 주입장치에 의한 액체의 주입을 조절하기 위해 지상부에 설치되는 액체 조절밸브 및 상기 주입 파이프의 지하부에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐을 포함하여 구성될 수 있다.

[0065] 한편, 본 발명에 따른 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴방법에 의해 채굴이 종료된 오일샌드 지역의 토양 하부에는 유류성분이 완전히 제거 되지 않아 유류오염토양 상태로 존재하기 때문에 잔존하는 유류를 완전히 제거하여 토양오염과 원유 포함 침출수에 의한 2차 수질오염을 예방하는 것이 바람직하다.

[0066] 따라서 본 발명자들은 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 지역의 유류오염토양을 본 발명에 따른 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 시스템을 이용하여 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 지역의 유류오염토양의 인시추(In-situ) 정화방법을 제안한다.

[0067] 더욱이, 상기한 미생물 군들 중에서 포함되는 원유분해 활성을 가진 미생물에 의한 비투멘의 완전 분해능력을 이용하여 상기한 비투멘의 채굴이 종료된 오일샌드 지역에 잔존하는 유류성분이 함유된 오일샌드 지역의 유류오염토양을 정화하는 방법에 적용할 수 있으며, 각 단계별로 나누어 보면, 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 지역의 하부로 굴착된 다수의 주입공을 이용하여, 고압 공기 주입장치와 미생물 주입장치가 각각 배관 연결된 주입 파이프를 삽입하는 단계, 상기 고압 공기 주입장치를 통해 고압의 산소를 주입하는 단계, 상기 미생물 주입장치를 통해 상기 오일샌드 지역에 미생물을 접종하여 유류오염토양을 정화하는 단계를 포함하여 구성할 수 있다.

[0068] 한편, 비투멘 채굴 시스템을 이용하여 유류오염토양 정화 방법에 적용하기 위해서는 오일샌드 지역 하부로 굴착된 파이프를 이용하며, 미생물, 산소 및 영양분을 주입할 수 있는 주입 파이프와 외주면에 미리 정해진 일정 간격으로 배치되는 복수의 주입노즐을 이용하고, 각각의 상기 주입노즐을 통해 상기 고압의 산소와 상기 미생물을 주입할 수 있도록 구성하여, 공기와 미생물의 주입을 각각 조절하기 위한 가스조절밸브 및 액체 조절밸브가 지상부에 설치하여 유류오염토양을 미생물을 이용하여 정화하는 방법에 적용할 수 있다.

[0069] 더욱이, 상기한 미생물 군들 중에서 원유를 완전 분해할 수 있는 능력을 가진 미생물을 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 하부 지층에 접종하여 미생물 생육에 필요한 적절한 환경인자(온도, pH, 용존산소량)을 조절하여 미생물에 의한 유료오염토양 정화방법에 적용할 수 있으며, 미생물의 유류오염토양 정화방법에는 탄화수소로 구성되는 효소 발현 촉진 유도체, 특히 알킬-히드록시산과 그 유도체를 사용하여 미생물에 의한 유류오염토양 정화방법에 적용할 수 있으며, 산소원, 미생물 및 영양액을 순차적으로 투입하여 미생물에 의한 유류오염토양의 정화효율을 극대화하고 지상에 존재하는 파이프 부위에 설치된 배출밸브를 이용하여 배출량을 조절하여 생물정화에 따른 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 지역의 유류오염토양의 정화방법에 적용할 수 있다.

[0070] 또한, 미생물이나 유류오염토양의 정화방법에 의해 발생하는 부산물을 제거할 수 있도록 하기 위해서 회수파이프 및 감압펌프를 더 포함하여 구성할 수 있다.

[0071] 더욱이, 비투멘 채굴이 종료된 유류오염토양을 정화방법은 오염토양의 정화작업에서 오염 지하수는 지중에서 처리되도록 하는 것이 바람직하지만 필요에 따라서는 지상으로 회수되어야 하는데, 지중의 오염원을 분해하기 위해 지상에서 배양된 미생물을 주기적으로 공급하여 더 효과적으로 복원작업을 수행할 수 있으며 회수 파이프를 이용하여 접종한 미생물을 유류오염토양을 정화 과정 후 회수할 수 있도록 구성할 수 있으며 이러한 경우 오염 지하수를 회수하여 생물반응기 내에서 미생물을 순화한 수 재주입하여 오염된 지하수를 부분적으로 처리하는 동시에 지하수 오염원도 분해할 수 있는 순화 미생물을 공급할 수 있다.

[0072] 상기한 바와 같이 하여, 본 발명에 따른 미생물을 이용한 생물학적 처리법으로 오일샌드 지역의 비투멘의 점성을 낮춰 보다 효과적이고 경제적인 방법으로 원유를 채굴할 수 있으며, 비투멘 채굴이 종료된 오일샌드 지역에 유류오염토양 정화방법에도 본 발명에 따른 생물학적 처리법을 이용한 오일샌드의 비투멘 채굴 시스템을 이용하면 친환경적이고 경제적인 방법으로 오일샌드 내 비투멘 채굴 및 유류오염토양을 효과적으로 정화할 수 있다.

부호의 설명

[0073] 100 : 고압 가스 주입장치 301 : 가스조절밸브

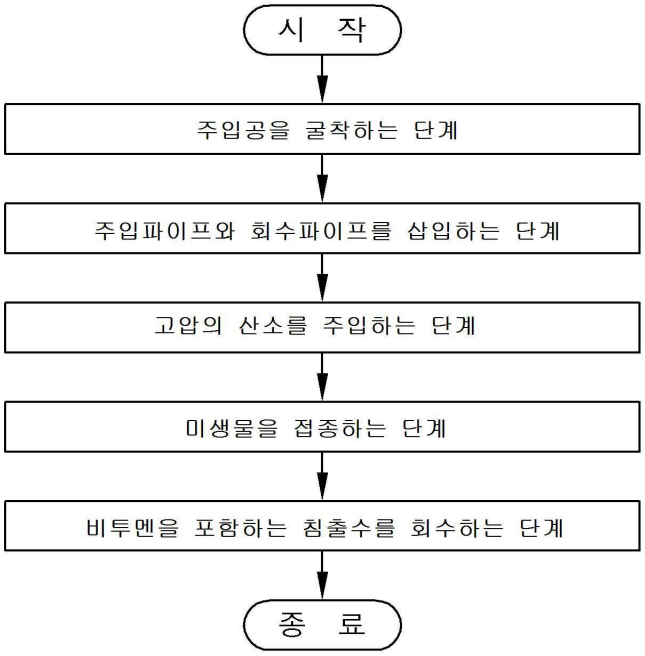
200 : 고압 액체 주입장치　　302 : 액체조절밸브

300 : 주입 파이프　　303 : 주입노즐

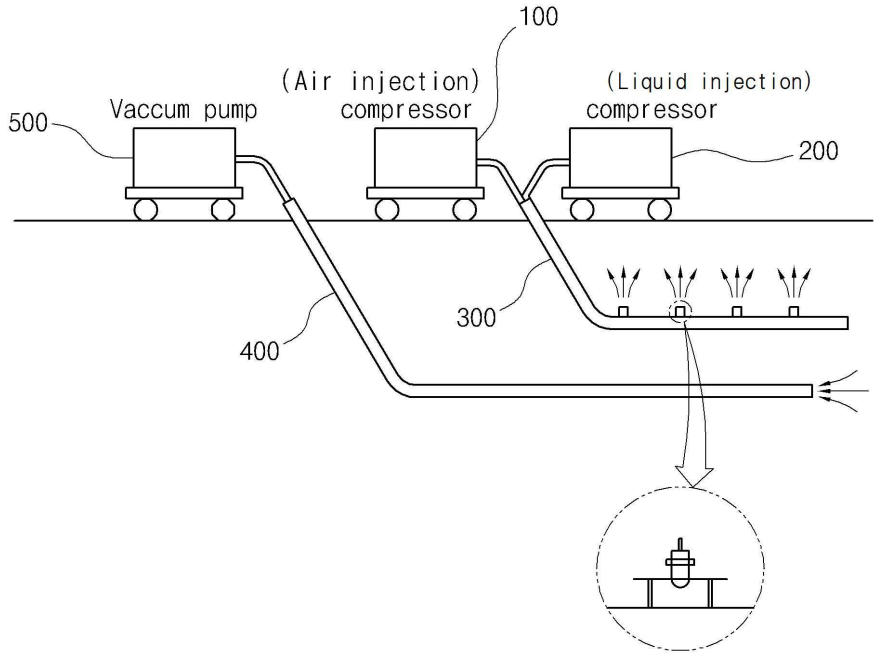
400 : 회수파이프　　500 : 감압펌프

도면

도면1



도면2


100
(Air injection)
compressor
(Liquid injection)
compressor
Vaccum pump
500
200
300
400

도면3

