(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0129009
(43) 공개일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E21B 43/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0047002
(22) 출원일자 2011년05월18일
심사청구일자 2011년05월18일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
정태문
서울특별시 송파구 문정동 훼밀리아파트 204동 1006호
배위섭
서울특별시 강남구 삼성동 현대 힐스테이트 108동 1003호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
최병길, 이익상

전체 청구항 수 : 총 3 항

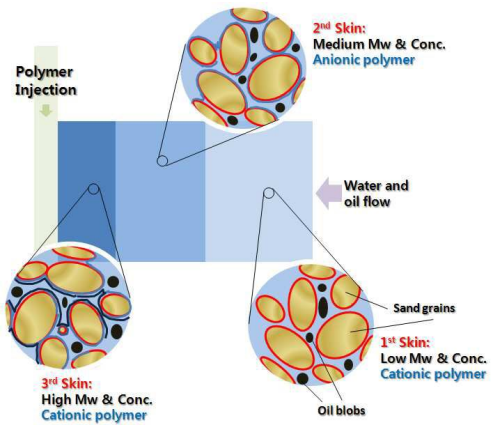
(54) 발명의 명칭 **폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법**

(57) 요 약

본 발명은 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법에 관한 것으로, 오일이 매장된 지층의 성질에 맞는 폴리머(양이온 폴리머)를 먼저 주입하여 지층과 폴리머간의 박리 현상을 방지하고, 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 교대로 반복 주입하되, 분자량과 농도가 점진적으로 큰 폴리머를 주입하고 각기 주입되는 폴리머의 주입량을 점진적으로 감소시켜 지층수의 유체투과도 감소율을 최대화함을 목적으로 한다.

본 발명에 의한 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법은, 오일과 지층수가 혼합된 지층에 폴리머를 주입하여 상기 지층 내부의 공극에 상기 폴리머의 흡착에 따른 폴리머층을 형성하는 것으로, 상기 지층과 반대 극성의 폴리머를 주입하여 상기 폴리머가 인력에 의해 상기 지층에 흡착되도록 하는 것을 특징으로 한다. 그리고, 음전하를 띠는 지층에 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 순차적으로 주입하여 서로 다른 극성의 폴리머가 인력에 의해 흡착되어 다층의 층상 구조를 형성하도록 하고, 상기 폴리머 중에서 상기 지층 표면에서부터 주입 흡착되는 폴리머에서부터 순차적으로 주입되는 폴리머로 가면서 분자량과 농도가 커지지며 각기 주입되는 폴리머의 주입부피를 점진적으로 감소시키는 것을 특징으로 한다. 본 발명은 상기 폴리머의 주입이 완료된 후 상기 오일과 동일 성질의 탄화수소 유체를 주입하여 상기 지층의 공극내에 오일투과유도경로를 형성한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

고현진

서울특별시 은평구 통일로68가길 5, 301호 (불광동)

오상민

서울특별시 노원구 덕릉로71길 30, 103동 202호 (중계동, 양지대림아파트)

류원선

경기도 용인시 기흥구 공세로 226, 106동 1302호 (공세동, 호수청구아파트)

이원규

경기도 안양시 동안구 경수대로623번길 46, 럭키아파트 108동 202호 (호계동)

정병희

경기도 안양시 동안구 평촌동 초원LG아파트 507동 203호

이정환

경기도 안산시 상록구 해양로 16, 프루지오9차아파트 910동 2101호 (사동)

박윤선

서울특별시 강남구 압구정로 201, 82동 406호 (압구정동, 현대아파트)

아셉, 쿠니아 페마디

자란 아루마니스 넘버. 식스 에이 시가둥-랑케켄달 반둥 포제로원나인원 인도네시아

특허청구의 범위

청구항 1

오일과 지층수가 혼합된 지층에 폴리머를 주입하여 상기 지층 내부의 공극에 상기 폴리머의 흡착에 따른 폴리머층을 형성하는 것으로,

상기 지층과 반대 극성의 폴리머를 주입하여 상기 폴리머가 인력에 의해 상기 지층에 흡착되도록 하는 것을 특징으로 하는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 음전하를 띠는 지층에 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 순차적으로 주입하여 서로 다른 극성의 폴리머가 인력에 의해 흡착되어 다층의 층상 구조를 형성하도록 하고, 상기 폴리머 중에서 상기 지층 표면에서부터 주입 흡착되는 폴리머에서부터 순차적으로 주입되는 폴리머로 가면서 분자량과 농도가 커짐과 동시에 폴리머의 주입부피를 조절하는 것을 특징으로 하는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 폴리머의 주입이 완료된 후 상기 오일과 동일 성질의 탄화수소 유체를 주입하여 상기 지층의 공극 내에 오일투과유도경로를 형성하여 오일의 유체투과도를 폴리머 주입 이전의 상태로 유지시키는 것을 특징으로 하는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 폴리머의 순차적 주입을 통한 유?가스전의 지층수 생산 제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지층수의 생산이 과도하여 경제성이 저감된 생산정을 대상으로 지층의 성질에 맞는 폴리머(양이온 폴리머)를 먼저 주입하여 지층과 폴리머간의 박리 현상의 방지를 통한 지층수의 생산성 감소를 최대화하고 동시에 오일의 생산성 감소를 최소화 할 수 있는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법에 관한 것이다.

[0002] 그리고, 본 발명은 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 교대로 반복 주입하되, 분자량과 농도가 점진적으로 큰 폴리머를 주입하고 각기 주입되는 폴리머의 주입량을 점진적으로 감소시켜 지층수의 유체투과도 감소율을 최대화 할 수 있는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 수년간 고유가가 지속되면서 석유뿐만 아니라 유?가스전의 생산성 향상과 1차 생산 이후 저류층에 잔존하는 오일 및 가스의 회수율을 증진시키기 위한 기술개발의 관심이 높아지고 있다. 이와 더불어, 기성숙 유?가스전의 지층수의 과도한 생산에 의한 오일의 생산 효율감소에 따른 경제성 감소는 전세계적으로 이미 생산이 성숙기에 접어든 유?가스전의 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위한 방법으로, 지층수의 생산량이 과도한 지층을 대상으로 젤의 주입을 통한 선택적인 플러깅 및 생산정에서의 유정완결의 변화 등을 통해 지층수를 차단하여 유전의 경제성을 유지하기 위한 방법이 그간 많은 시행착오를 겪으며 현재까지 사용되어 왔다. 하지만, 이러한 기존의 공법은 정확한 지층수 생산 지층의 확인, 이를 통한 정확한 공법의 적용 및 장기간의 지층수 생산 제어의 어려움 등의 비용적, 기술적인 측면에서 어려움이 존재하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 지층수의 과도한 생산에 의해 경제성이 떨어지는 생산정을 대상으로, 다양한 분자량과 농도 및 기능성을 지닌 단일(single)의 폴리머를 주입하여 지층수의 생산을 제어하는 공법이 최근 기술 선진국을 중심으로 연구되고 있다. 이러한 폴리머를 이용한 공법 중, 본 특허에서는 지층수 생산 제어 효과를 최대화 할 수 있는 방법으로써 이온성을 고려한 다양한 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수의 생산성 감소의 최대화와 동시에 오일의 생산성은 증대 할 수 있는 새로운 공법을 제안하였다.

[0004] 종래 기술에 따르면, 지층의 성질(양 전하와 음 전하)을 감안하지 않은 단일 주입으로서 사암 저류층의 경우, 오일을 함유하고 있는 지층은 음전하를 띄고 있기 때문에 음전하의 폴리머를 주입하면 지층과 폴리머 간에 척력

현상이 발생되어 폴리머가 지층에 많은 흡착이 발생하지 못하는 단점이 있다.

[0005] 그리고, 단일의 폴리머를 주입 시 고분자량을 갖는 폴리머의 특성상 공극의 크기가 폴리머의 단일 분자 크기보다 작은 경우 공극의 연결통로 (pore throat) 부분에서 막힘 (plugging)현상이 발생하게 되고, 이후 주입되는 폴리머는 막힌 공극의 후단을 통과하지 못하게 되어 폴리머의 비접촉공극체적 (inaccessible pore volume)구간이 발생하게 된다.

[0006] 따라서, 폴리머 주입 이후 생산 재계 시, 폴리머에 의해 막힌 공극이 지층수와 접촉 시 타 공극에 비해 큰 압력구배를 가지게 되며, 이러한 저항에 의해 막힌 공극이 뚫리게 되면 폴리머의 흡착이 발생하지 못한 비접촉구간으로의 지층수의 유동이 발생하여 폴리머를 통한 지층수 생산 차단의 효과를 장기간 발휘하지 못하게 된다.

[0007] 도 1에서 (a)는 비접촉공극체적이 발생한 모습이고, (b)는 생산정으로의 지층수의 유동 시 폴리머 층이 뚫려 공법의 효율성을 발휘하지 못하는 모습이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 지층수의 생산이 과도한 지층의 성질에 맞는 분자량이 작은 폴리머(양이온 폴리머)를 먼저 주입하여 흡착의 증가 및 비접촉공극체적의 감소를 유도하고 이후 분자량이 점점 큰 음이온 폴리머와 양이온 폴리머를 순차적으로 주입하여 공극 내 다층 (multi-layer)의 폴리머의 흡착 및 일부 막힘 현상을 유발, 지층수의 생산성 감소 현상의 최대화와 동시에 오일의 생산성은 유지 할 수 있는 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법을 제공하려는데 목적이 있다.

[0009] 그리고, 본 발명의 다른 목적은 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 교대로 반복 주입하되, 각기 주입되는 폴리머의 주입부피를 점진적으로 감소하여 공법 적용 이후 생산 재게 시 생산정으로 가까워짐에 따른 물의 유체투과도를 점진적으로 감소시켜 흡착된 폴리머의 탈착 및 깨짐현상의 방지를 통한 공법의 효율성을 장기간 유시시키는데 있다.

[0010]

과제의 해결 수단

[0011] 전술한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법은, 오일과 지층수가 혼합된 지층에 폴리머를 주입하여 상기 지층 내부의 공극에 상기 폴리머의 흡착에 따른 폴리머층을 형성하는 것으로, 상기 지층과 반대 극성의 폴리머를 주입하여 상기 폴리머가 인력에 의해 상기 지층에 흡착되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 그리고, 음전하를 띠는 지층에 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 순차적으로 주입하여 서로 다른 극성의 폴리머가 인력에 의해 흡착되어 다층의 층상 구조를 형성하도록 하고, 상기 폴리머 중에서 상기 지층 표면에서부터 주입 흡착되는 폴리머에서부터 순차적으로 주입되는 폴리머로 가면서 비접촉공극체적의 감소를 통한 공법의 효율성을 장기간 증대하기 위하여, 분자량과 농도를 증가시키며 동시에 각기 주입되는 폴리머의 주입부피를 점진적으로 감소하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명은 상기 폴리머의 주입이 완료된 후 상기 오일과 동일 성질의 탄화수소 유체를 적정량 주입하여 상기 지층의 공극 내에 오일생산성의 유지를 위하여 오일 투과유도경로를 형성한 것을 특징으로 한다.

[0014]

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의한 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법에 의하면, 음전하를 띄는 지층에 양이온의 폴리머를 주입하여 폴리머가 지층에 인력으로 흡착되어 박리현상을 방지함으로써 교호주입법의 적용을 통해 비접촉공극체적의 감소를 유도하여 지속적인 물생산 저감 효과를 볼 수 있다.

[0016] 그리고, 양이온 폴리머와 음이온 폴리머를 교대로 반복 주입하여 다층의 층상구조를 형성하고, 이때, 폴리머의 분자량과 농도를 점진적으로 크게 하고 각기 주입되는 폴리머의 주입부피를 점진적으로 감소하여 크기가 작은

공극에도 폴리머가 전파되어 흡착층을 형성하게 된다. 이후 생산 재개 시 종래 단일 폴리머 주입시보다 넓은 면적에서 물의 유체투과도를 감소시키게 되며, 생산정으로 접근 시 점점 증대된 물의 유체 투과도 감소를 일으키는 바, 증대된 물 생산 저감 효과를 볼 수 있다.

[0017] 구체적으로, 종래 단일 폴리머 주입 시 발생할 수 있는 주입정 인근에서의 폴리머 흡착에 의한 주입도(injectivity)의 저하는 폴리머의 전파능력을 제한하게 되지만, 저분자량과 저농도의 폴리머를 가장 먼저 주입하는 것을 특징으로 하는 본 발명에 의한 폴리머의 순차적 주입법에 의해 이를 상당부분 감소할 수 있다.

[0018] 오일의 생산 재개 시, 종래 단일 폴리머 주입에 비해 생산정으로의 압력구배는 완만하게 감소하게 되고 흡착된 폴리머의 탈착 현상의 저감을 통해 보다 오랜 기간 공법의 효율성을 유지할 수 있다.

[0019] 따라서, 지층수의 생산성 감소는 단일 폴리머주입공법에 비해 오랜 기간 지속될 것으로 예측되며, 유전의 경제성을 보다 오랜 기간 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 일반적인 오일이 포함된 지층의 구조도.

도 2는 본 발명에 의해 폴리머가 주입된 지층의 구조도.

도 3은 본 발명의 다른 예로서 오일투과유도경로가 형성된 예시도.

도 4 내지 도 7은 각각 오일과 물의 유체 투과도 감소율을 비교한 것으로,

도 4는 4,000 ppm의 Alcoflood 955 음이온 폴리머를 이용한 단일 주입법에 의한 결과도이고,

도 5는 4,000 ppm의 C-411PVH 양이온 폴리머를 이용한 단일 주입법에 의한 결과도이며,

도 6은 순차적 주입법 결과에 의한 결과도이고,

도 7은 RPM효과 비교 결과도이다.

도 8은 폴리머의 흡착에 의한 물과 오일의 유체투과도의 차이가 발생하는 원리를 묘사한 그림이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명에 의한 폴리머의 순차적 주입을 통한 지층수 생산 제어 방법은 오일(본 발명에서 오일은 오일과 가스를 대표한다) 생산정에서 지층수(물)의 생산량이 많아진 경우 오일과 지층수의 생산량을 제어 즉 지층수의 생산량을 줄여 상대적으로 오일의 생산율을 증대하는 것이며, 지층수가 폴리머에 부착되는 특성을 이용하여 지층 내부에 폴리머를 주입하여 지층의 공극 내부에 폴리머층을 형성하는 것이고, 이때, 폴리머층이 지층에서 박리되지 않도록 지층과 폴리머의 극성을 이용하였다. 즉, 오일을 갖는 지층은 일반적으로 규산염광물로 이루어진 사암 저류층으로서 음전하를 띄고 있으며, 따라서, 양이온 폴리머를 주입한다.

[0022] 즉, 음전하 지층에 음이온 폴리머를 주입하면 지층과 폴리머 간에 척력(斥力)이 발생되어 폴리머가 지층에 흡착이 어렵게 되며, 이에 반해, 음전하 지층에 양이온의 폴리머를 주입하면 서로 반대 성질에 의해 음전하의 지층과 양이온의 폴리머가 인력(引力)에 의해 최대한 흡착됨으로써 지층의 공극 내면에 안정적인 폴리머층을 형성할 수 있다.

[0023] 그리고, 본 발명은 지층 내부의 다양한 공극 크기를 감안하여 공극에 대한 폴리머층의 흡착율을 높일 수 있도록 다단계에 걸쳐 폴리머를 주입하여 다층의 층상 구조를 형성한다.

[0024] 본 발명은 기본적으로 폴리머의 극성을 지층과 달리한 것이므로 폴리머를 다단으로 주입할 때 가장 먼저 주입된 양이온 폴리머와 반대 극성의 음이온 폴리머를 주입하고 이어서 양이온 폴리머를 주입한다. 즉, 서로 반대 성질의 폴리머를 교대로 반복하여 주입하는 것이다.

[0025] 또한, 폴리머의 분자량과 농도를 순차적으로 늘려감으로써 비접촉공극체적의 감소와 일부 공극의 막힘 현상을 유발하게 되며, 공법 적용 이후 지층수가 생산정으로 접근 시 일부 막힌 공극의 뚫림 현상이 발생하여도 공극의 후단은 여전히 폴리머에 의해 흡착되어 있으므로 물의 유체투과도의 감소를 상당부분 유지시키는 역할을 하게

된다. 각기 주입되는 폴리머의 주입부피는 점진적으로 감소하여 지층수가 공법 적용 이후 지층수가 생산정으로 접근 시 점점 감소하는 물의 유체투과도를 유도한다.

[0026] 예를 들어 3개의 폴리머를 주입하여 지층에서부터 3개의 폴리머층을 형성할 때, 제1폴리머는 양이온, 제2폴리머는 음이온, 제3폴리머는 양이온이며, 분자량과 농도는 제1폴리머 < 제2폴리머 < 제3폴리머의 순서이며, 주입부피는 제1폴리머 > 제2폴리머 > 제3폴리머의 순서로 주입한다.

[0027] 단일의 고농도 및 고분자량을 지니는 폴리머를 이용한 일반적인 공법과 달리, 본 발명에 의한 순차적 주입 방법에 따르면, 저농도 및 상대적으로 작은 분자량을 지니는 양이온의 제1폴리머를 첫 번째로 주입하여 전파 시, 제1폴리머가 작은 공극이 존재하는 부분까지 대부분 전파, 흡착되어 비접촉공극체적을 감소시키며 제1폴리머층(도 2참고, sand grains 둘레부에 흡착된 1st skin(붉은색)))이 형성된다. 또한, 농도와 분자량이 작은 제1폴리머의 주입 시 주입부피를 크게 설정하여 생산정으로부터 먼 곳까지(넓은 반경) 제1폴리머층이 전파될 수 있도록 설계한다. 물론, 제1폴리머의 농도와 분자량보다 작은 공극은 제1폴리머에 의해 막히게 될 것이지만, 제1폴리머의 농도와 분자량을 최소의 것으로 선택함으로써 공극의 막힘(공극 내에 있는 통로의 막힘)을 줄일 수 있고 종래 고농도와 고분자량의 폴리머를 주입할 때와 비교하면 공극의 막힘율은 현저하게 적게 된다.

[0028] 이어서, 제1폴리머보다 분자량과 농도가 큰 제2폴리머를 주입하며, 제2폴리머는 제1폴리머층의 안쪽에 주입 흡착되어 제2폴리머층(제1폴리머층(1st skin(붉은색)) 둘레부에 흡착된 2nd skin(푸른색))을 형성하는데, 제1,2폴리머가 다른 성질이기 때문에 인력이 발생되어 제2폴리머가 제1폴리머층 위에 견고하게 흡착된다. 이 과정에서 제2폴리머의 분자량보다 작은 크기의 일부 공극 통로는 막히게 될 것이고 그렇지 않은 부분은 막히지 않게 된다. 또한 제2폴리머는 주입 시 제1폴리머보다 적은 양을 주입하여 제1폴리머 주입반경보다 작게 전파하게 설계한다. 따라서, 제2폴리머층은 제1폴리머층의 분포 반경보다 적을 것이다. 제2폴리머층은 제1폴리머층을 포함한 흡착두께를 가지게 되어 제1폴리머층만을 가지는 지층보다 흡착 두께가 증가하게 되고 제2폴리머의 분자량보다 작은 일부 공극은 막히게 되어 제1폴리머층을 가지는 지층보다 증대된 물의 유체투과율 감소효과를 가지게 된다.

[0029]

[0030] 그리고, 제2폴리머보다 분자량과 농도가 큰 제3폴리머는 제2폴리머층의 안쪽에 주입 흡착되어 제3폴리머층(2nd skin(푸른색) 둘레부에 흡착된 3rd skin(남색))을 형성한다. 제2폴리머는 음이온이고 제3폴리머는 양이온이기 때문에 제3폴리머는 인력에 의해 제2폴리머층에 견고하게 흡착되어 다층의 층상 구조를 형성한다. 주입부피는 제2폴리머의 주입량 보다 작은 주입량을 설정하여 주입정 주변에만 전파되도록 설계한다. 이때, 제2폴리머층에 의해 막히지 않은 통로 중에서 제3폴리머의 농도와 분자량보다 작은 크기의 일부 공극 통로는 막히게 되어 가장 큰 물의 유체 투과도 감소를 가지게 된다.

[0031] 이와 같은 본 발명에 따르면, 생산정에서 오일을 생산할 때 지층수는 폴리머층의 내벽에 다층으로 부착되어 물의 유체 투과도는 낮아지게 되는데 반해, 오일은 유체 투과도 감소폭은 상대적으로 작아, 지층수의 생산량이 줄어들게 되며 오일의 생산량은 증대되게 된다.

[0032] 폴리머의 주입에 의한 공극내의 흡착에도 불구하고 오일의 유체투과도가 상대적으로 덜 감소하는 이유는, 같은 공극유동 통로를 통과 시 물의 유동 통로와 오일의 유동 통로는 서로 다르기 때문이다. 즉 물의 유동도는 폴리머의 흡착에 의해 방해를 받게 되어 감소하게 되지만, 오일의 유동도는 거의 방해를 받지 않기 때문이다 (도 8 참조). 또한 물의 유동 시 공극의 중앙에 위치하여 생산되지 않는 오일방울 (oil blob)이 있는 경우, 이러한 오일방울이 물의 유동경로를 막아 유체투과도를 떨어뜨리게 되지만, 오일의 유동 시 방해를 하지 않기 때문이다.

[0033] 본 발명은 오일의 생산성을 높이기 위하여 도 3에서 보이는 것처럼, 폴리머의 주입 이후 오일의 생산 시점 전에 지층 내에 존재하는 오일(또는 가스)과 동일 종류의 예컨대 탄화수소 유체를 주입하여 폴리머의 흡착에 의해 좁

아진 공극 내 오일의 포화도를 증진시키게 된다. 이러한 오일 포화도의 증가는 앞서 설명한 것처럼 오일의 유체투과도를 폴리머 주입이전 상태로 거의 회복시킬 수 있으며, 결과적으로 물의 유체투과도는 감소하지만 동시에 오일(혹은 가스)의 유체투과도는 최대한 유지시켜 줄 수 있다.

[0034] <실시예>

[0035] 1. 코어

[0036] 실험에 사용된 코어는 균질한 공극 구조를 가지고 있는 원통형태의 베레아사암을 선택하였다.

[0037] 하나의 코어를 활용하여 단일 폴리머를 주입하고, 폴리머를 순차 주입하여 오일과 물의 유체투과도를 측정 할 수도 있으나, 단일 폴리머를 주입한 후 폴리머를 순차 주입하기 위하여 코어를 초기화하는 것이 어려울 수 있고, 시험 결과치의 신뢰도가 떨어질 수 있으므로 총 3개의 베레아사암 코어를 선택하여 각각의 실험을 수행하였다. 3개의 코어 중 1개의 코어를 활용하여 순차적주입법의 검증을 위한 실험이 수행되었으며, 비교실험을 위해 실제 현장에서 사용하는 일반적인 공법인 음이온 폴리머와 양이온 폴리머를 이용하는 단일 주입법 실험을 나머지 2개의 코어를 활용하여 각각 수행하였다.

[0038] 사용된 베레아사암코어의 절대 유체투과도는 424md, 436md, 469md인 것을 선택하였다.

[0039] 2. 폴리머

[0040] 분자량이 8,500,000인 C-411PVH 양이온 폴리머와 분자량이 4,500,000인 Alcoflood 955 음이온 폴리머를 실험에 사용하였으며, 주입 농도와 부피는 다음의 표 1, 표 2 및 표 3과 같다. 표 1은 순차적 폴리머 주입법에 의한 농도와 부피를 나타낸 것이고, 표 2는 단일 폴리머(음이온 폴리머) 주입법에 의한 농도와 부피를 나타낸 것이며, 표 3은 단일 폴리머(양이온 폴리머) 주입법에 의한 농도와 부피를 나타낸 것이다.

표 1

[0041]

Injected Chemical	Concentration (ppm)	Injected Pore Volume
C-411PVH (cationic)	2,000	1.3
Alcoflood 955 (anionic)	2,000	0.7
C-411PVH (cationic)	4,000	0.5

표 2

[0042]

Injected Chemical	Concentration (ppm)	Injected Pore Volume
Alcoflood 955 (anionic)	4,000	2.5

표 3

[0043]

Injected Chemical	Concentration (ppm)	Injected Pore Volume
C-411PVH (cationic)	4,000	2.5

[0044] 본 실시예에 의한 공정을 먼저 간략히 설명하면 다음과 같다.

[0045] 1. 공극률 측정

[0046] 3wt% NaCl 염수를 이용하여 100% 포화 후 건조기에 넣어 공극률 측정.

[0047] 2. 절대유체투과율 측정

[0048] 3wt% NaCl 염수로 재차 포화 시킨 후 정상상태에서 절대유체투과도 측정.

[0049] 3. 오일주입

[0050] 정상 상태시까지 오일을 주입하며 20공극부피(pore volume)를 주입 후 원시수포화도에서의 오일의 유효유체투과도 측정.

[0051] 4. 염수주입

[0052] 정상상태시 까지 3wt% NaCl 염수주입하며 20공극부피를 주입 후 잔류오일포화도에서의 물의 유효유체투과도 측정.

[0053] 5. 폴리머 주입.

[0054] 가. 순차적주입법의 경우

[0055] 2,000 ppm의 C-411PVH(분자량: 850만)양이온폴리머를 1.3공극부피(코어가 가지고 있는 공극부피의 1.3배를 의미함)

[0056] 주입 - 2,000 ppm Alcoflood 955(분자량: 450만)음이온폴리머를 0.7공극부피 주입 - 4,000 ppm C-411PVH(분자량: 850만)양이온폴리머를 0.5공극부피를 순차적으로 단일의 코아에 대하여 주입.

[0057] 나. 단일주입법의 경우

[0058] 하기의 폴리머를 이용하여 각각의 단독 실험에 대하여 적용

[0059] - 4,000 ppm C-411PVH(분자량: 850만)양이온폴리머를 2.5공극부피 주입

[0060] - 4,000 ppm Alcoflood 955(분자량: 450만)음이온폴리머를 2.5공극부피 주입

[0061] 6. 염수 주입

[0062] 폴리머주입 이후 염수의 유효 유체투과도 측정

[0063] 주입(inlet)과 토출(outlet)을 바꾸어 지층유체의 생산정으로의 유동을 모사하여 20공극부피를 주입이후 물의 유효유체투과도 측정

[0064] 7. 오일 주입

[0065] 폴리머주입 이후 오일의 유효 유체투과도 측정

[0066] 20공극부피의 오일을 주입이후 오일의 유효유체투과도 측정

[0067] 이하는 2차와 3차에 걸친 테스트를 하기 위한 것임.

[0068] 8. 염수 주입

[0069] 폴리머주입 이후 물의 유효유체투과도 측정

[0070] 20공극부피의 염수를 주입이후 물의 유효유체투과도 측정

[0071] 9. 오일 주입

[0072] 폴리머주입 이후 오일의 유효 유체투과도 측정

[0073] 20공극부피의 오일을 주입이후 오일의 유효유체투과도 측정

[0074] 10. 염수 주입

[0075] 폴리머주입 이후 물의 유효유체투과도 측정

[0076] 20공극부피의 염수를 주입이후 물의 유효유체투과도 측정

[0077] 11. 오일 주입

[0078] 폴리머주입 이후 오일의 유효 유체투과도 측정

[0079] 20공극부피의 오일을 주입이후 오일의 유효유체투과도 측정

[0080] 이상과 같이 폴리머 주입 후 총 3차례에 걸쳐 물과 오일의 주입 시험을 통해 유체투과도를 측정 하였으며, 이는 공극 내부에 흡착 등의 정체에 의한 폴리머의 안정성을 통한 공법의 적합성을 확인하기 위함이다. 실험은 폴리머 주입 이전의 유체투과도와 이후의 유체투과도를 비교하여 유체투과도의 감소율을 측정하였다. 정략적 비교를 위하여 물과 오일의 Residual Resistance Factor(Frrw, Frro)라는 간단한 개념을 도입하였으며, 공식은 다음과 같이 정의된다.

[0081] $F_{rrw} = K_{before,water}/K_{after,water}$

[0082] $F_{rro} = K_{before,oil}/K_{before,oil}$

[0083] 여기서, K는 유체투과도를 의미하며, 하첨자의 before와 after 그리고 water와 oil은 폴리머를 주입하기 전과 후의 물과 오일을 의미한다. 실험 결과는 도 4 내지 도 7에서 표시하였다. 도 4 내지 도 6의 실험결과를 통해서 알 수 있듯이, 3개의 폴리머를 순차 주입하는 것이 단일 폴리머를 주입하는 것보다 오일과 물의 유체투과율 면에서 효율적인 것을 알 수 있다. 도 7은 각각의 실험결과를 이용하여 물과 오일의 유체투과도 감소량을 정량적으로 비교할 수 있는 RPM (Relative Permeability Modification)효과를 비교 한 것으로 이는 다음과 같이 정의할 수 있으며, 값이 클수록 공법의 효율성이 증대됨을 의미한다.

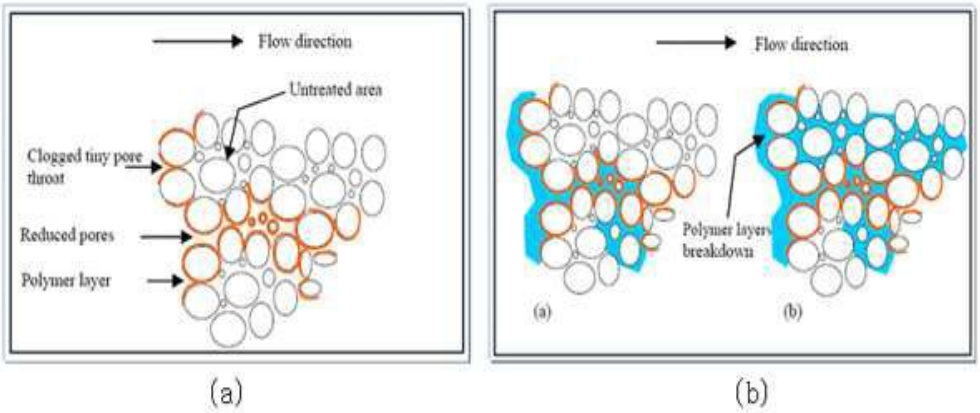
[0084] $RPM\ effect = F_{rrw}/F_{rro}$

[0085] 도 7에서 알 수 있듯이 폴리머 주입 후 모든 싸이클에서 순차적 주입법의 경우 RPM효과가 가장 큰 것을 확인 할 수 있다.

[0086] 이상의 실시예를 통해 폴리머의 주입 전후, 단일 폴리머 주입과 극성이 다른 폴리머의 순차적 주입에 오일과 물의 유체 투과도를 확인함으로써 순차적 주입 방법이 효과적인 것을 확인 하였다.

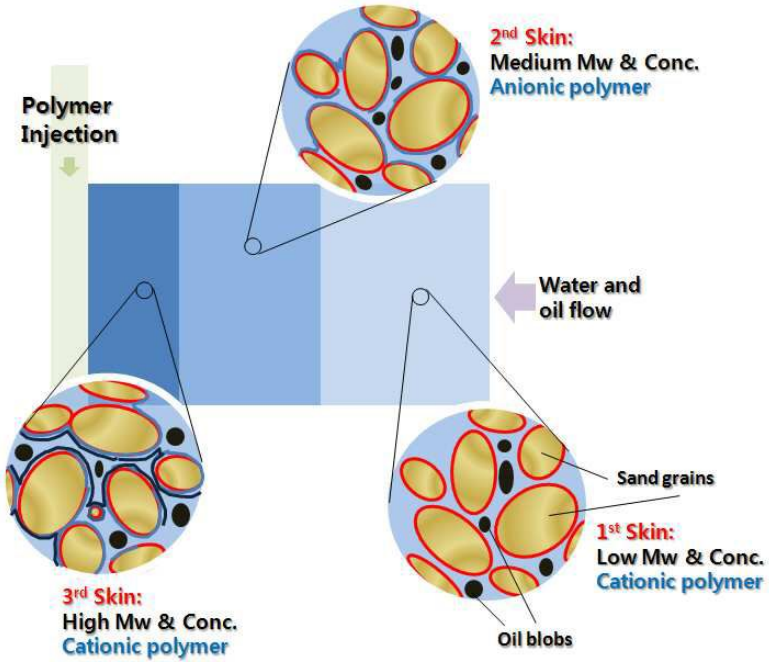
도면

도면1

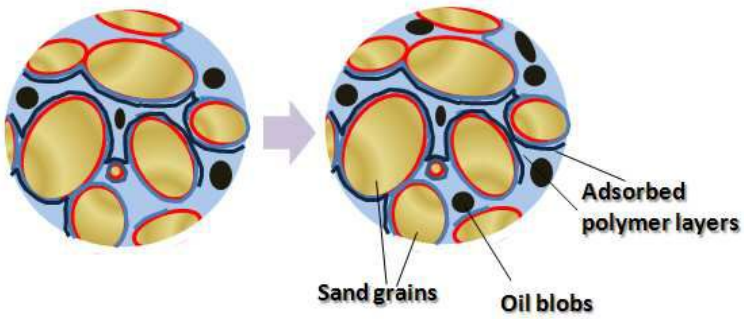


(a) (b)

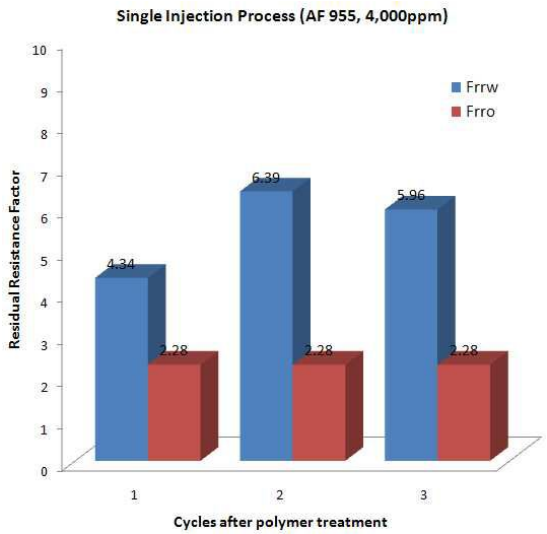
도면2


2nd Skin:
Medium Mw & Conc.
Anionic polymer
Polymer
Injection
Water and
oil flow
Sand grains
1st Skin:
Low Mw & Conc.
Cationic polymer
3rd Skin:
High Mw & Conc.
Cationic polymer
Oil blobs

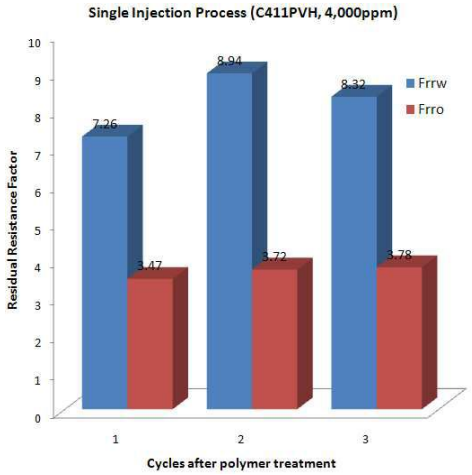
도면3


Adsorbed
polymer layers
Sand grains
Oil blobs

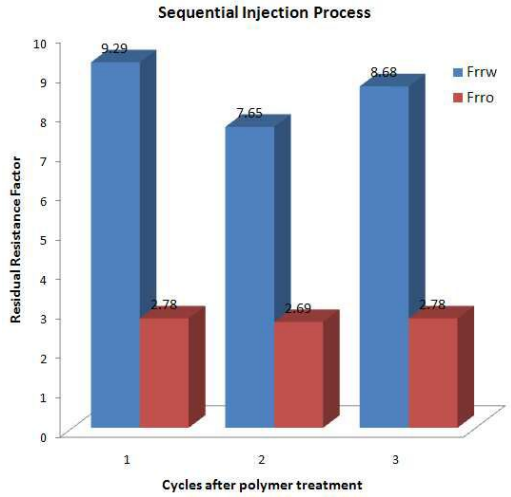
도면4


Single Injection Process (AF 955, 4,000ppm)
Frrw
Frro
Residual Resistance Factor
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
4.34
2.28
6.39
2.28
5.96
2.28
1
2
3
Cycles after polymer treatment

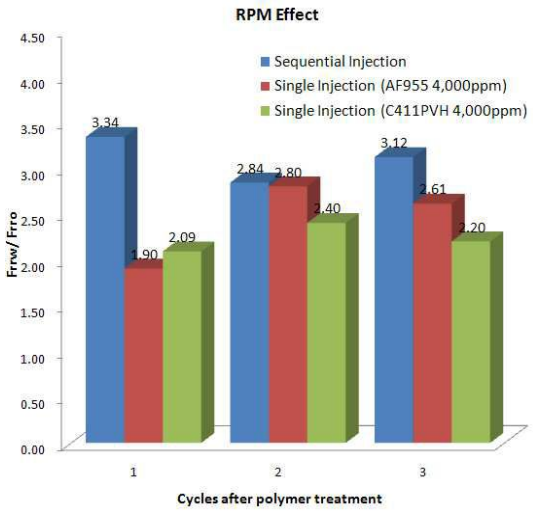
도면5


Single Injection Process (C411PVH, 4,000ppm)
Residual Resistance Factor
Frrw
Frro
7.26
3.47
8.94
3.72
8.32
3.78
Cycles after polymer treatment

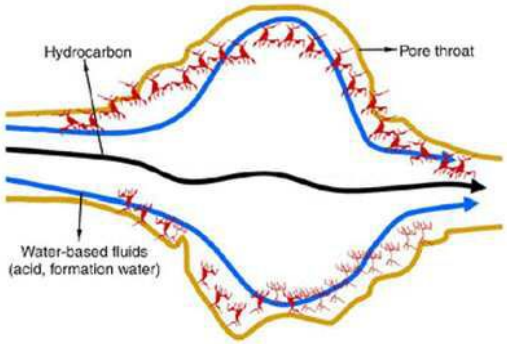
도면6


Sequential Injection Process
Residual Resistance Factor
Frrw
Frro
9.29
2.78
7.65
2.69
8.68
2.78
Cycles after polymer treatment

도면7


RPM Effect
Frrw/Frro
Sequential Injection
Single Injection (AF955 4,000ppm)
Single Injection (C411PVH 4,000ppm)
3.34
1.90
2.09
2.84
2.80
2.40
3.12
2.61
2.20
Cycles after polymer treatment

도면8


Hydrocarbon
Pore throat
Water-based fluids
(acid, formation water)