

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0014210 (43) 공개일자 2013년02월07일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01V 3/00 (2006.01) E21B 47/00 (2006.01) E21B 49/08 (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0076183 (22) 출원일자 2011년07월29일 심사청구일자 2011년07월29일	(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교) (72) 발명자 고현진 서울특별시 은평구 통일로68가길 5, 301호 (불광동) 배위섭 서울특별시 강남구 학동로68길 29, 현대 힐스테이트 108동 1003호 (삼성동) (뒷면에 계속) (74) 대리인 최병길, 이익상	

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너 및 이를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법

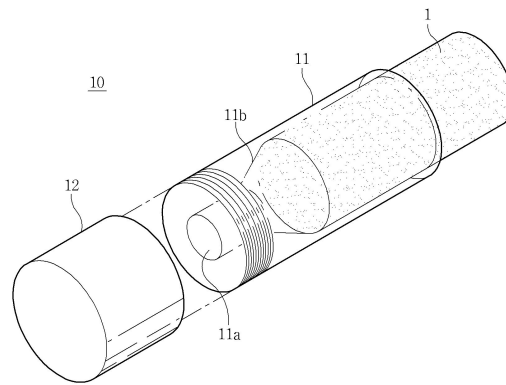
(57) 요약

본 발명은 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너 및 이를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 다양한 크기와 모양의 저류층 코어 시료를 대상으로 젖음성을 측정하여, 저류층을 water-wet으로 변화시킬 수 있는 정확한 정보를 제공함으로써 오일, 가스의 생산량을 향상할 수 있는 방법을 제공한다.

본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너는, 저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 상기 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 배수 기구와; 상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 저류층 코어에 흡입되는 염수를 측정하는 흡입 기구를 포함하고, 상기 배수 기구는, 상기 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방된 배수 본체, 상기 배수 본체의 타측에 형성되며 상기 배수 본체에 탑재된 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 집수부, 상기 배수 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 배수 캡을 포함하되, 상기 배수 본체와 집수부 및 배수 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어지고, 상기 흡입 기구는, 상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방되며 흡입 본체의 내주면을 유리막 코팅층이 형성된 것을 특징으로 하는 흡입 본체, 상기 흡입 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 흡입 캡을 포함하되, 상기 흡입 본체와 흡입 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어진다.

본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 젖음성 측정 방법은, 오일 또는 가스와 물을 갖는 저류층 코어의 공극률을 측정하는 제1단계와; 상기 제1단계 후 저류층 코어에 염수를 주입하여 염수포화상태로 변화시키는 제2단계와; 상기 제2단계를 통해 염수포화상태인 저류층 코어를 배수기구에 장착한 후 상기 배수기구 내부를 오일 또는 기체로 채우고 원심분리기를 작동하여 분당 회전수를 올리면서 해당 분당 회전수에서 배출된 물의 양을 측정함으로써 코어의 수포화도를 계산하는 제3단계와; 상기 제3단계를 통해 물이 배출된 저류층 코어를 외부압력없이 대기압에서 염수에 담겨 흡입되는 염수의 양만큼 배출되는 오일 또는 기체의 양을 측정함으로써 저류층 코어의 수포화도를 측정하는 제4단계와; 상기 제4단계를 거친 저류층 코어를 염수에 담근 채 흡입기구에 장착하여 원심분리기를 작동하되 분당 회전수에 따라 강압적으로 흡입된 염수의 양을 측정하는 제5단계와; 상기 제2단계 내지 제5단계를 통해 그려진 모세관압-수포화도 그래프를 Amott-Harvey 식을 이용하여 계산하여 젖음성을 수치적으로 환산하는 제6단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

정태문

서울특별시 송파구 중대로 24, 웨밀리아파트 204동 1006호 (문정동)

오상민

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

김승태

서울특별시 구로구 오리로 1265, 25동 202호 (궁동, 우신빌라)

이원규

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

류원선

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

특허청구의 범위

청구항 1

저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 상기 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 배수 기구와;

상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 저류층 코어에 흡입되는 염수를 측정하는 흡입 기구를 포함하고,

상기 배수 기구는, 상기 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방된 배수 본체, 상기 배수 본체의 타측에 형성되며 상기 배수 본체에 탑재된 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 집수부, 상기 배수 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 배수 캡을 포함하되, 상기 배수 본체와 집수부 및 배수 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어지고,

상기 흡입 기구는, 상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방되며 흡입 본체의 내주면을 유리막 코팅층이 형성된 것을 특징으로 하는 흡입 본체, 상기 흡입 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 흡입 캡을 포함하되, 상기 흡입 본체와 흡입 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어진 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 배수기구와 상기 흡입기구는 액체와 기체를 사용하는 액체-기체 시스템용으로서,

상기 배수기구(10)는 일측이 개방된 원통형의 배수 본체(11), 상기 배수 본체의 타측 단부에 테이퍼부(11b)를 통해 상기 배수 본체의 내경보다 작은 직경으로 형성되는 배수관(11a), 상기 배수 본체의 배수관측에 결합되는 집수 캡(12)으로 구성되고,

상기 흡입기구(20)는 일측이 개방되며 내부에 저류층 코어가 삽입되는 흡입 본체(21), 상기 흡입본체에 결합되는 흡입 캡(22)으로 이루어지되, 상기 흡입 캡은 상기 흡입 본체(21)에 결합되는 대경부(22a), 상기 대경부에서 연장 형성되는 테이퍼부(22b) 및 상기 테이퍼부에서 상기 대경부보다 작은 직경으로 형성되는 소경부(22c)로 구성되는 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 배수기구와 상기 흡입기구는 액체와 액체를 사용하는 액체-액체 시스템용으로서,

상기 배수기구(30)는 일측이 개방되며 내부에 저류층 코어(1)가 수납되는 배수 본체(31), 상기 배수 본체의 타측에 상기 배수 본체의 내경보다 작은 직경의 홈 형태로 형성되어 상기 저류층 코어가 이격되도록 함으로써 집수공간을 형성하는 집수부(31a), 상기 배수 본체의 개방부에 결합되며 배수관(32a)이 형성된 배수 캡(32)으로 구성되며,

상기 흡입기구(40)는 일측이 개방된 통구조로서 내부에 유리막 코팅층(43)이 형성되며 저류층 코어가 수납되는 흡입 본체(41), 상기 흡입 본체의 개방부에 결합되며 흡입관(42a)이 형성된 흡입 캡(42)으로 구성된 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너.

청구항 4

오일 또는 가스와 물을 갖는 저류층 코어의 공극률을 측정하는 제1단계와;

상기 제1단계 후 저류층 코어에 염수를 주입하여 염수포화상태로 변화시키는 제2단계와;

상기 제2단계를 통해 염수포화상태인 저류층 코어를 배수기구에 장착한 후 상기 배수기구 내부를 오일 또는 기체로 채우고 원심분리기를 작동하여 분당 회전수를 올리면서 해당 분당 회전수에서 배출된 물의 양을 측정함으로써 코어의 수포화도를 계산하는 제3단계와;

상기 제3단계를 통해 물이 배출된 저류층 코어를 외부압력없이 대기압에서 염수에 담귀 오일 또는 기체의 양을 측정함으로써 저류층 코어의 수포화도를 측정하는 제4단계와;

상기 제4단계를 거친 저류층 코어를 염수에 담근 채 흡입기구에 장착하여 원심분리기를 작동하되 분당 회전수에 따른 흡입된 염수의 양을 측정하는 제5단계와;

상기 제2단계 내지 제5단계를 통해 그려진 모세관압-수포화도 그래프를 Amott-Harvey 식을 이용하여 계산하여 젖음성을 수치적으로 환산하는 제6단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제1단계를 통해 공극률이 측정된 저류층 코어에 오일을 주입하여 상기 저류층 코어의 젖음성을 조절한 후 상기 제2단계에 공급하는 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법.

청구항 6

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서, 상기 제2단계에서는 일측이 개방된 원통형의 배수 본체(11), 상기 배수 본체의 타측 단부에 테이퍼부(11b)를 통해 상기 배수 본체의 내경보다 작은 직경으로 형성되는 배수관(11a), 상기 배수 본체의 배수관측에 결합되는 집수 캡(12)으로 구성된 배수기구(10)에 상기 저류층 코어를 장착한 후 상기 배수기구 내부를 기체로 채워 원심분리하고,

상기 제5단계에서는, 일측이 개방되며 내부에 저류층 코어가 삽입되는 흡입 본체(21), 상기 흡입본체에 결합되는 흡입 캡(22)으로 이루어지되, 상기 흡입 캡은 상기 흡입 본체(21)에 결합되는 대경부(22a), 상기 대경부에서 연장 형성되는 테이퍼부(22b) 및 상기 테이퍼부에서 상기 대경부보다 작은 직경으로 형성되는 소경부(22c)로 구성된 흡입기구(20)에 상기 제4단계를 거친 저류층 코어를 염수로 채워 장착하여 원심분리하는 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법.

청구항 7

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서, 상기 제2단계에서는, 일측이 개방되며 내부에 저류층 코어(1)가 수납되는 배수 본체(31), 상기 배수 본체의 타측에 상기 배수 본체의 내경보다 작은 직경의 홈 형태로 형성되어 상기 저류층 코어가 이격되도록 함으로써 집수공간을 형성하는 집수부(31a), 상기 배수 본체의 개방부에 결합되며 배수관(32a)이 형성된 배수 캡(32)으로 구성된 배수기구(30)에 상기 저류층 코어를 장착한 후 상기 배수기구 내부를 오일로 채워 원심분리하고,

상기 제5단계에서는, 일측이 개방된 통구조로서 내부에 유리막 코팅층(43)이 형성되며 저류층 코어가 수납되는 흡입 본체(41), 상기 흡입 본체의 개방부에 결합되며 흡입관(42a)이 형성된 흡입 캡(42)으로 구성된 흡입기구(40)에 상기 제4단계를 거친 저류층 코어를 염수로 채워 원심분리하는 것을 특징으로 하는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너 및 이를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 다양한 크기와 모양의 저류층 코어 시료를 대상으로 젖음성을 측정하여, 저류층을 water-wet으로 변화시킬 수 있는 정확한 정보를 제공함으로써 오일, 가스의 생산량을 향상할 수 있는 방법을 제공한다.

배경기술

[0002] 수년간 고유가가 지속되면서 유,가스전의 생산성 향상뿐만 아니라 1차 생산 이후 저류층에 잔존하는 오일 및 가스의 회수율을 증진시키기 위한 기술개발의 관심이 높아지고 있다. 이와 더불어, 성숙저류층의 오일의 생산 효율감소에 따른 경제성 감소는 전세계적으로 이미 유,가스전의 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위한 1,2차 생산 이후 오일생산량을 증가시키는 방법을 석유증진회수법(EOR:Enhanced Oil Recovery)이라 한다. 석유증진회수법으로 열주입, 화학제주입, 가스주입등의 여러 가지 방법이 연구 및 적용되고 있다. 하지만,

EOR 공법은 저류층의 물리적, 화학적 특성정보 부족에 따라 공법 적용 시 예측 불가능한 문제 발생이 빈번하고 또한 발생된 문제의 제어 어려움 등으로 성숙 저류층 적용에 많은 어려움이 있다. 또한 실제 저류층의 새로운 기술적용이라는 점에서 비용적, 기술적인 측면에서도 많은 어려움이 존재한다.

- [0003] 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 저류층의 물리적 특성을 파악하는 것부터 시작으로 하여야 하며, 즉, 저류층의 물리적 특성을 파악하지 않고서는 오일의 생산성을 향상하는데 한계가 있다.
- [0004] 구체적으로 설명하면, 저류층 내의 물리적 특성을 파악하는 것은 해당 저류층을 효율적으로 관리할 뿐 아니라 오일회수를 증가시키는 역할을 한다. 젖음성(wettability)은 저류층 암석의 물리적 특성으로 젖음성의 측정을 통해 탄화수소의 흐름, 분포 등을 파악하며 오일 회수율에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요소이다. 이와 더불어, 젖음성을 바꾸는 기술을 이용함으로써 오일의 생산량 증가를 기대할 수 있다. 특히 충분한 연구가 이루어진 기존의 사암(Sandstone) 저류층과는 달리 아직 연구 초기단계인 석회암(Limestone)의 경우 저류층 내부에 함유하고 있는 오일로 인해 젖음성이 빈번하게 바뀌며 이것이 오일생산에 있어서도 큰 영향을 미친다.
- [0005] 대부분의 저류층은 해성기원이기 때문에 물을 좋아하는 water-wet을 띄지만 오일을 오랜 시간 저장해온 저류층의 경우 오일을 좋아하는 Oil-wet으로 변하는 경우가 많다. 특히 석회암 저류층의 경우 표면 성질에 의해 이러한 Oil-wet상태가 많이 발생하는데 이 상태의 저류층은 오일 회수율이 매우 낮다. 이때 이러한 젖음성의 성질을 여러 화학적, 물리적인 방법을 통해 다시 water-wet으로 변화시켜주는 EOR(Enhanced Oil Recovery) 연구에 현재 본 발명이 이용 중이다.
- [0006] 기존 젖음성 측정 방법에는 수은주입법, 원심분리법, 다공성판법 세 가지가 있다. 본 발명은 이 중 원심분리법에 관한 것이므로 이하에서는 원심분리법에 대해서만 설명한다.
- [0007] 종래 원심분리법은 컨테이너에 저류층 코어를 수납한 후 원심분리에 의해 저류층 코어 내부에 있는 오일이나 물 등의 회수를 통해 저류층 코어를 확인하는 것으로 되어 있으나, 저류층 코어의 정확한 젖음성을 확인하지 못하는 단순한 기술에 불과하며, 컨테이너 역시 저류층 코어가 담기는 용기에 불과하여 보다 정확한 젖음성을 확인할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) US 7,352,179 B2
(특허문헌 0002) US 5,493,226 B2

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 저류층 코어의 형태, 고결 및 미고결 등과 상관없이 저류층 코어의 젖음성을 측정할 수 있고, 이러한 저류층 코어로부터 산출 및 흡입되는 액체의 측정을 용이하게 할 수 있는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 제공하려는데 그 목적이 있다.
- [0010] 본 발명은 액체-액체 또는 액체-기체상에서 모세관압 곡선을 도출하여 저류층 코어의 젖음성을 정확하게 파악하고, 이를 통해 해당 저류층을 water-wet으로 변화시킬 수 있는 정확한 기술정보를 제공함으로써 오일, 가스의 생산량 향상을 도모할 수 있는 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너 및 이를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법을 제공하려는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 전술한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너는, 저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 상기 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 배수 기구와;
- [0012] 상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 원심분리기에 탑재되어 회전하면서 저류층 코어에 흡입되는 염수를 측정하는 흡입 기구를 포함하고,
- [0013] 상기 배수 기구는, 상기 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방된 배수 본체, 상기 배수 본체의 타측에 형성되며 상기 배수 본체에 탑재된 저류층 코어에서 배수되는 물을 집수하는 집수부, 상기 배수 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 배수 캡을 포함하되, 상기 배수 본체와 집수부 및 배수 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어지고,
- [0014] 상기 흡입 기구는, 상기 배수 기구에서 물을 배출한 저류층 코어가 수납되며 일측이 개방되며 흡입 본체의 내주면을 유리막 코팅층이 형성된 것을 특징으로 하는 흡입 본체, 상기 흡입 본체의 일측에 분리 가능하게 결합되는 흡입 캡을 포함하되, 상기 흡입 본체와 흡입 캡은 투명 또는 반투명의 아크릴수지로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 젖음성 측정 방법은, 오일 또는 가스와 물을 갖는 저류층 코어의 공극률을 측정하는 제1단계와; 상기 제1단계 후 저류층 코어에 염수를 주입하여 염수포화상태로 변화시키는 제2단계와; 상기 제2단계를 통해 염수포화상태인 저류층 코어를 배수기구에 장착한 후 상기 배수기구 내부를 오일 또는 기체로 채우고 원심분리기를 작동하여 분당 회전수를 올리면서 해당 분당 회전수에서 배출된 물의 양을 측정함으로써 코어의 수포화도를 계산하는 제3단계와; 상기 제3단계를 통해 물이 배출된 저류층 코어를 외부압력없이 대기압에서 염수에 담귀 흡입되는 염수의 양만큼 배출되는 오일 또는 기체의 양을 측정함으로써 저류층 코어의 수포화도를 측정하는 제4단계와; 상기 제4단계를 거친 저류층 코어를 염수에 담근 채 흡입기구에 장착하여 원심분리기를 작동하되 분당 회전수에 따라 강압적으로 흡입된 염수의 양을 측정하는 제5단계와; 상기 제2단계 내지 제5단계를 통해 그려진 모세관압-수포화도 그래프를 Amott-Harvey 식을 이용하여 계산하여 젖음성을 수치적으로 환산하는 제6단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너 및 이를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법에 의하면, 다양한 크기와 모양의 저류층 코어 시료를 대상으로 젖음성을 측정하여, 저류층을 water-wet로 변화시킬 수 있는 정확한 정보를 제공함으로써 오일, 가스의 생산량을 향상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1a와 도 1b는 각각 본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너가 액체-기체 시스템에서 적용되는 배수 기구와 흡입 기구의 도면.
- 도 2a와 도 2b는 각각 본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너가 액체-액체 시스템에서 적용되는 배수 기구와 흡입 기구의 도면.
- 도 3은 모세관압-수포화도 그래프.
- 도 4와 5는 각각 사암과 석회암을 이용한 모세관압-수포화도 그래프.
- 도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시예(액체-기체 시스템을 이용한 실시예)에 의한 코어의 수포화도 변화 그래프, 모세관압-수포화도 그래프.
- 도 9 내지 도 11은 본 발명의 실시예(액체-액체 시스템을 이용한 실시예)에 의한 코어의 수포화도 변화 그래프, 모세관압-수포화도 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너는 액체-기체 시스템에서 젖음성을 측정하는 것, 액체-액체 시스템에서 젖음성을 측정하는 것으로 구분될 수 있으며, 이하 구체적인 실시예를 통해 설명한다.
- [0019] <실시예 1>
- [0020] 본 실시예에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너는, 액체-기체 시스템에서 젖음성을 측정하는 것으로, 배수 기구(10)(도 1a참고)와 흡입 기구(20)(도 2참고)로 구성된다.
- [0021] 배수 기구(10)는 코어(1) 내부에 있는 물(염수)을 강제로 배수하기 위한 것으로, 다양한 형상의 제작이 용이한 투명 내지 반투명의 아크릴로 이루어지되, 코어(1)가 장착되고 코어(1)에서 배수되는 물이 배출되도록 배수관(11a)를 갖는 배수 본체(11) 및 배수 본체(11)의 배수관(11a)측에 분리 가능하게 예를 들어 나사 체결되는 집수 캡(12)으로 구성된다. 배수관(11a)은 배수 본체(11)의 단부에서 점진적으로 직경이 좁아지는 테이퍼부(11b)를 통해 형성된다. 배수 본체(11)와 테이퍼부(11b)사이에 코어의 흐트러짐을 방지하기 위한 여과지가 장착된다. 여과지는 원형으로 형성되어 직경이 좁아지는 테이퍼부(11b)와 코어(1)사이에 일측 원형면에 장착된다.
- [0022] 도 1b에서 보이는 것처럼, 흡입 기구(20)는, 코어(1)가 장착되는 일측 개방형의 흡입 본체(21), 흡입 본체(21)의 일측 개방부에 분리 가능하게 예를 들어 나사 체결되는 흡입 캡(22)으로 구성된다. 흡입 캡(22)은 흡입 본체(21)에 체결되는 대경부(22a), 대경부(22a)의 일측에서 타측으로 가면서 직경이 작아지는 테이퍼부(22b), 테이퍼부(22b)의 타측 단부에서 대경부(22a)보다 작은 직경으로 형성되어 흡입되는 물의 수위하강을 지켜볼 수 있는 소경부(22c)로 구성된다.
- [0023] <실시예 2>
- [0024] 본 실시예에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너는, 액체-액체 시스템에서 젖음성을 측정하는 것으로, 도 2a와 도 2b에서 도시된 바와 같이, 배수 기구(30)와 흡입 기구(40)로 구성된다.
- [0025] 도 2a에서 보이는 것처럼, 배수 기구(30)는 코어(1)가 장착되는 일측 개방형의 통 구조이며 타측에 물이 담기는 집수부(31a)가 턱을 통해 오목하게 형성된 배수 본체(31), 배수 본체(31)의 일측 개방부에 분리 가능하게 예컨대 나사 체결되는 배수 캡(32)으로 구성된다. 도면에 도시되지는 않았지만, 집수부(31a)는 배수 본체(31)의 내주면에서 직경이 점진적으로 좁아지는 테이퍼부를 통해 연장 형성될 수 있다. 배수 캡(32)은 배수 본체(31)보다 작은 직경의 배수관(32a)이 일체로 형성된다.
- [0026] 도 2b에서처럼, 흡입 기구(40)는 흡입되는 물의 양을 측정하기 위해 오일의 양을 측정하도록 하는 것으로, 코어(1)가 장착되는 일측 개방형의 통 구조인 흡입 본체(41), 흡입 본체(41)의 일측 개방부에 결합되는 흡입 캡(42)으로 구성된다.
- [0027] 배출되는 오일의 양을 측정해야 하는 흡입기구(40)이다. 하지만 아크릴은 오일을 좋아하는 유착 특성이 있기 때문에 오일이 측정되지 못하고 흡입 본체(41)의 표면에 유착됨으로써 손실이 많아 측정이 쉽지 않다. 따라서, 흡입 본체(41)의 내주면을 유리막 코팅층(43)을 형성하여 물을 좋아하는 유착특성으로 변화시켰다. 유리막 코팅액의 주성분은 과하이드로폴리잔(Perhydropolysilazane)으로 공기 중 수분과 반응하여 무기물질인 실리카로 진화하고 코팅처리 후 2주간의 건조가 필요하다.
- [0028] 흡입 캡(42)은 흡입 본체(41)보다 작은 직경의 흡입관(42a)이 일체로 형성된다.
- [0029] 지금까지 액체-기체 시스템과 액체-액체 시스템에서 사용되는 배수 기구와 흡입 기구를 구분하여 설명하였으나, 상기 컨테이너(배수 기구(30), 흡입 기구(40))는 액체-기체 시스템과 액체-액체 시스템 모두에서 사용 가능하다.
- [0030] 본 발명을 개략적으로 설명하면, 액체-액체 또는 액체-기체상에서 아래의 모세관압-수포화도 곡선을 도시하여 코어의 젖음성을 파악할 수 있다. 모세관압-수포화도 그래프는 가해지는 압력이 증가함에 따라 변화하는 코어내의 수포화도를 나타낸다. 아래 식 1에서 보는 바와 같이 모세관압은 반지름이 작을수록 커지는데 즉 다공성 매질의 공극크기가 작아질수록 커진다고 할 수 있다. 아래 식 2를 통하여 원심분리기압(RPM)을 모세관압(Pc)으로 변환한다. 즉, 가해지는 원심분리기의 원심력은 모세관압이라 가정한다. 이후 구해진 모세관압-수포화도 그래프(도 3참고)를 통하여 Amott-Harvey Method 식 3을 이용하여 젖음성의 정도를 구할 수 있다. Amott-Harvey Method의 결과값은 -1부터 1까지의 범위를 가지며, -1은 강한 Oil-wet, 1은 강한 Water-wet, 0은 Mixed-wet으

로 구별된다.

$$P_c = \frac{2\sigma_{wg} \cos \theta_{wg}}{r} \quad \text{식 1}$$

$$P_c = \frac{1}{2} \rho r^2 \omega^2 \frac{1}{g_c} = \frac{\left[\rho - \frac{g}{cm^3} \right] \left[\omega - rpm \frac{2\pi}{\min 60sec} \right]^2 [r^2 - cm]}{2 \frac{kg}{sec^2 N} \frac{1000g}{kg} \frac{m}{100cm} \frac{1000}{m^2} \frac{N}{kpa} \frac{6.894757 kpa}{\psi}} = \frac{[\Delta r^2 cm^2] \left[\omega rpm - \frac{\pi}{30} \right]^2 \left[\Delta \rho - \frac{g}{cm^3} \right]}{137.895}$$

식 2

$$I_w = \frac{\Delta S_{ws}}{1 - S_{wr} - S_{or}} = \frac{\Delta S_{ws}}{\Delta S_{wt}}$$

$$I_o = \frac{\Delta S_{os}}{1 - S_{or} - S_{wr}} = \frac{\Delta S_{os}}{\Delta S_{ot}} \quad \text{식 3}$$

본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법은 다음과 같다.

(S10) 공극률 측정.

저류층 코어(젖음성을 측정하기 위한 시료 코어로서, 이하에서는 '코어'라 약칭한다)의 젖음성은 염수와 오일의 배수량, 흡입량 등을 근거로 측정되며, 따라서, 코어의 공극률을 확인하여야 한다.

공극률의 측정 방법으로 예를 들어, 실제 저류층 내에 존재하여 영향을 미치는 지하수는 3wt% NaCl 정도의 염수이다. 따라서 본 실험에서도 이와 같은 3wt% NaCl 염수를 사용하여 수행한다. 건조기에 24시간 이상 건조된 코어의 정확한 무게가 43.87g라 하면 이것을 진공펌프를 이용해 염수로 100% 포화 한다. 그 후 다시 해당코어의 무게를 측정하면 48.38g값이 나온다. 초기 코어내부에 비어있던 공극이 염수로 채워지게 된다는 것은 무게차이만큼의 공극을 해당코어가 가지고 있다는 것으로 해석될 수 있다. 따라서 염수의 밀도(1.074 g/cc)를 이용하여 무게차이를 부피로 환산하여 4.199cc값인 코어공극부피(Pore Volume)를 구한다. 실험 이전 측정된 코어의 지름과 높이를 이용하여 코어전체부피(21.21cc)를 구했다. 코어공극부피를 코어전체부피로 나누면 원하는 공극률 0.198을 측정 할 수 있다.

(S20) 코어 젖음성 조절(aging).

코어를 원하는 유종의 오일에 담그고 진공펌프를 이용하여 공극률이 측정된 코어에 오일이 주입되도록 함으로써 코어를 100% 오일포화상태로 유지한다. 이때 사용 목적에 따라 정제되지 않은 오일(Crude Oil) 또는 정제된 오일(케로젠)을 사용하는데, 이것은 정제되지 않은 오일은 내부에 카르복실산 구조를 가지고 있어 이 구조의 흡착으로 인하여 표면의 젖음성이 달라지기 때문이다. 이러한 기작은 실제 저류층 내에서 일어나고 있는 현상이며 근원암(Source Rock: 오일이 생성되는 곳)에서 생성된 오일이 이동(Migration)하여 저류층을 만나 오랜 시간동안 머물러 있으면서 발생하는 기작과 동일하다. 코어를 적절한 젖음성 상태로 조절하기 위하여 선택적으로 2주이상의 오일포화상태와 70℃이하의 상태를 유지한다. 젖음성 조절이 필요하지 않은 코어자체의 젖음성을 측정하고자 할 때 해당 작업을 수행하지 않고 하기의 (S30) 공정이 곧바로 수행되거나 정제된 오일을 이용하여 aging한다.

(S30) 염수 주입.

코어의 aging후 상기 100% 오일로 포화된 코어를 다시 동일한 방법을 이용하여 진공펌프를 이용하여 3wt% NaCl 염수로 포화시킨다. 이때의 상태가 모세관압-수포화도 곡선의 시작단계 즉 배수부분의 첫 상태가 된다.

(S40) 강압 배수.

코어(1)를 배수기구(30)에 장착 후 배수기구(30) 내를 오일로 채우고 원심분리기를 작동한다. 액체-기체시스템에서 측정 할 시에는 배수기구(10) 내를 오일로 채우지 않고 대기 중에 노출된 상태로 측정한다. 500RPM 부터 4500RPM 까지 단계적으로 500RPM씩 올리며 (주요한 부분에 따라 다른 간격으로 측정 될 수 있음) 해당RPM에서 배출된 물(염수)의 양을 측정하면 배수기구(30)에 배수된 물의 양 만큼 오일(대기중의 기체)이 코어 내에 유입된 것으로 가정하여 그때의 코어의 수포화도 및 오일포화도(공기포화도)를 역산 할 수 있다.

본 발명 컨테이너의 각각의 배수기구(10 또는 30)는 배출된 물의 양 측정을 용이하게 하도록 디자인 되었다. 도 1a에처럼, 액체-기체측정의 배수기구(10)는 집수 캡(12)를 배수 본체(11)에서 분리하여 집수 캡(12) 내부에 모

인 물을 무게비로 하여 측정하도록 한다. 도 2a처럼, 액체-액체 측정의 경우 배수기구(30)의 집수부(31a)에 물이 집수된다. 특히 액체-액체 측정인 경우 배출된 물과 본래 채워져 있던 오일의 밀도차에 의해 물은 하단부에 집중하게 된다.

[0045] (S50) 자연 흡입.

[0046] 전술한 강압배수 공정(S40)을 통해 물을 배수하는 중에 물의 배수가 더 이상 생기지 않으면 자연 흡입 공정을 수행한다. 배수기구(30)에서 코어(1)를 꺼내어 대기압 상태에서 염수에 담근다. 예를 들어 코어(1)를 24시간 이상 충분한 시간을 두어 염수에 담그면 코어(1)가 외부의 힘없이 스스로 물을 흡수하는 동시에 흡수한 양만큼 오일(공기)을 배출한다. 코어(1)가 물을 흡수 할 수 있을 충분한 시간적 여유를 두어 코어(1)가 안정화 될 때까지 기다린다. 액체-액체의 경우 오일의 배출된 양을 측정하여 코어(1)의 수포화도를 역산하고 액체-기체의 경우 자연흡입 전과 후 코어의 무게차이를 계산하여 무게가 늘어난 만큼을 자연흡입된 양이라 가정하고 수포화도를 계산한다.

[0047] (S60) 강압 흡입.

[0048] 자연흡입과정 후 코어(1)를 염수에 담근 후 흡입기구(40)에 장착하여 원심분리기를 작동한다. RPM을 200rpm~4500rpm의 범위에서 단계별로 200rpm씩 증가시키며 (주요한 부분에 따라 다른 간격으로 측정 될 수 있음)측정한다. 액체-기체 측정인 경우 흡입기구(20)의 단부에서 대경부(22a)보다 작은 직경으로 형성되어 흡입되는 물의 수위하강을 지켜볼 수 있는 소경부(22c)를 통하여 코어가 흡입하는 물의 양을 측정하고 액체-액체의 경우 rpm에 따라 코어에서 배출되는 오일의 양을 측정하는 과정을 거쳐 흡입되는 물의 양을 측정한다.

[0049] 각각의 흡입기구(20,40)는 효과적으로 흡입되는 물의 양을 측정하기 위해 디자인 되었다. 도 1b에서처럼, 액체-기체의 흡입기구(20)인 경우 소경부(22c)를 통하여 줄어든 물의부피를 코어에 흡입된 물의양이라 가정하여 측정한다. 액체-액체의 흡입장치(40)인 경우는 도 2b와 같이 배출된 오일의 양을 흡입된 물의 양과 같다고 가정하고 오일의 양을 통해 흡입된 물의 양을 역산한다. 오일 배출 시에 밀도 차에 의하여 윗부분으로 오일이 뜨게 되는데 이때 흡입기구(40)의 유리막 코팅층(43)(표면에 오일이 달라붙지 않음)에 의해 손실을 없앴으로써 배출되는 오일의 양을 정확하게 측정한다.

[0050] (S70) 젖음성 계산.

[0051] 상기의 (S30) 내지 (S60) 공정을 통해 그려진 모세관압-수포화도 그래프를 Amott-Harvey식을 이용하여 계산하면 젖음성을 수치적으로 계산 할 수 있다.

[0052] <실시에 (액체-기체시스템)>

[0053] 본 발명에 의한 원심분리기용 저류층 코어의 액체-기체 시스템에서 젖음성 측정 컨테이너를 이용한 저류층 코어의 젖음성 측정 방법은 다음과 같다.

[0054] 아래는 사암(Berea Sandstone)을 이용한 액체-기체시스템에서의 측정 예를 보여준다. 코어 지름 2.5cm, 코어 길이 5.41cm, 코어 부피 21.2cc인 코어를 이용하였다. 공극률을 측정하기 위해 오븐 130℃에서 24시간 이상 건조된 무게와 염수에서 진공펌프로 100%포화 후 24시간이상 지난 코어의 무게를 비교하여 공극률 0.2812을 측정하였다. 코어를 자체의 젖음성을 판단하기 위한 본 실험에서는 (S20)코어 젖음성 조절 과정을 생략한다.

[0055] 염수로 100% 포화된 상태의 코어(1)를 도 1a의 배수 본체(11)에에 장착 후 원심분리기에 배수 기구(10)를 넣고 500rpm으로 작동한다. 이때 집수 캡(12)에 코어(1)에서 빠져나온 염수가 모이게 된다. 원심분리기를 멈추고 그 배출된 물의 양을 측정한다. 이와 같이 500rpm씩 증가하여 4500rpm까지 배출된 물의 양과 그에 따른 코어의 수포화도 변화는 다음 표 1과 도 6과 같고 도 6은 표 1을 모세관압-수포화도 그래프로 나타낸 것이다.

표 1

[0056]

RPM	Pc(psig)	Sw
0	0.00	1
500	1.53	0.952255
1000	6.10	0.538746
1200	8.79	0.454083
1400	11.96	0.406837
1600	15.63	0.365425
1800	19.78	0.339117
2000	24.41	0.31427
2500	38.15	0.281384
3000	54.93	0.257024
3500	74.77	0.25337
4000	97.66	0.250934

[0057]

강압배수과정의 끝남은 코어(1)로부터 더 이상 물의 생산이 없을 때 까지 수행된다. 본 실험에서는 4200rpm 이상에서는 더 이상 물의 배수량이 증가하지 않았다. 그 다음은 자연흡입과정으로 넘어가는데 해당코어를 배수기구(10)에서 꺼내어 대기압상태에서 염수에 그대로 담근다. 이때 코어(1)는 외부의 힘없이 스스로 염수를 흡수할 수 있음만큼 흡수할 때까지 충분한 시간을 준다. 본 실험에서는 24시간 방치하였다. 자연흡입 전 코어의 무게는 57.30g 이었고 자연흡입 후 코어의 무게는 60.18g 으로 2.88g 의 염수를 흡수했다. 이를 통해 수포화도를 계산하면 자연흡입 전 수포화도 0.25에서 자연흡입 후 수포화도 0.61의 결과를 얻을 수 있었다.

[0058]

자연흡입과정이 끝난 후 강압흡입과정이 계속된다. 해당 코어(1)를 염수에 계속하여 담근 채로 흡입기구(20)의 흡입 본체(21)에 장착 후 흡입 캡(22)을 체결하여 실험 도중 액체의 손실이 발생하지 않도록 한다. (필요 시 테프론 테일등으로 단단히 마감) 흡입기구(20)의 소경부(22c)까지 염수가 채워지도록 한 후 강압흡입과정을 시작한다. 원심분리기를 작동하기 시작하여 압력이 가해지면 채워져 있던 염수들이 이 힘에 의해 코어(1) 내부로 채워지게 되고 그에 따라 내부의 공기가 흡입 캡(22)으로 빠져나오게 된다. 이때 강압흡입 된 염수의 양 만큼 소경부(22c)의 염수 수위가 내려가게 되는데 이것을 이용하여 코어(1) 내부로 강압흡입 된 염수의 양을 측정할 수 있다. 원심분리기의 압력은 200rpm부터 시작하여 200rpm씩 증가하여 2000rpm(염수의 흡입이 계속해서 일어날 경우 4500rpm(원심분리기 해당 제품의 최대치)까지 계속 수행됨)까지 수행되었다. 코어(1) 내부로 흡입된 염수의 양과 그에 따른 코어(1)의 수포화도 변화는 하기의 표 2와 같고 도 7은 표 2를 모세관압-수포화도 그래프로 나타낸 것이다. 표 2에서 0.250634의 수포화도는 자연흡입 전의 수포화도이며 0.61는 자연흡입 후의 수포화도이다. 아래표의 음의 압력은 방향을 나타내는 것이며 코어로부터 염수 배수시를 양의 방향으로 가정하면 염수 흡입시는 음의방향의 압력이 가해진다.

표 2

[0059]

RPM	Pc(psig)	Sw
0	0	0.250934
0	0	0.61
200	-0.48	0.648112
400	-1.91	0.654452
600	-4.31	0.658256
800	-7.66	0.781251
1000	-11.96	0.903823
1500	-26.92	0.93341
2000	-47.85	0.96511

[0060]

이를 통해 액체-기체 시스템에서 Berea Sandstone을 이용한 모세관압-수포화도 곡선을 도 8과 같이 완성하였다.

[0061]

모든 실험이 끝난 후 얻어진 모세관압-수포화도 그래프를 이용해 젖음성을 계산한다. 위의 식3을 이용하여 계산하면 0.875으로 강한 Water-wet임을 확인할 수 있다.

[0062] <실시 예(액체-액체 시스템)>

[0063] 아래는 석회암(Indiana Limestone)을 이용한 액체-액체시스템에서의 측정 예를 보여준다. 코어 지름 2.45cm, 코어 길이 4.5cm, 코어 부피 21.20cc인 코어를 이용하였다. 공극률을 측정하기 위해 오븐 130℃에서 24시간 이상 건조된 무게 46.30g와 염수에서 진공펌프로 100%포화 후 24시간이상 지난 코어의 무게 50.32g를 비교하여 공극률 0.176을 측정하였다. 코어를 자체의 젖음성을 판단하기 위한 본 실험에서는 (S20)코어 젖음성 조절 과정을 생략한다.

[0064] 코어 젖음성 조절과정이 끝난 후 다시 염수로 100% 포화된 상태의 코어를 도 2a의 배수기구(30)에 장착 후 오일을 코어(1)가 잠길 때 까지 채운다. 그 후 원심분리기에 배수기구(30)를 넣고 1000rpm으로 작동한다. 이때 집수부(31a)는 배수 본체(31)의 내경보다 조금 더 작게 디자인 되어 있어 코어(1)가 배수 본체(31)의 끝부분까지 장착하지 못하고 약 5cc 정도의 공간이 생기게 된다. 이 공간은 오일로 배수기구(30)를 채울 시 같이 오일로 채워지게 된다. 따라서 이 부분에 강압배수 과정 시 코어(1)에서 빠져나온 염수가 오일과의 밀도 차에 의해 코어(1)와는 독립되어 집수부(31a)에 모이게 된다. 각 RPM에 따라 원심분리기를 멈추고 그 배출된 물의 양을 측정한다. 이와 같이 1000rpm씩 증가하여 (주요한 부분에 따라 좀 더 세밀한 간격으로 측정 될 수 있음) 4500rpm까지 배출된 물의 양과 그에 따른 코어(1)의 수포화도 변화는 표 3과 도 9는 표 3을 모세관압-수포화도 그래프로 나타낸 것이다.

표 3

RPM	Pc(psig)	Sw2
0	0.00	1.000516
1000	7.6	0.600848
2000	28.23	0.481333
3000	63.51	0.417759
4000	112.90	0.375377
4500	142.89	0.354186

[0066] 강압배수과정의 끝남은 코어로부터 더 이상 물의 생산이 없을 때 까지 수행된다. 본실험에서는 4500rpm 까지 수행하였다. 그 다음은 자연흡입과정으로 넘어가는데 해당 코어(1)를 배수기구(30)에서 꺼내어 대기압상태에서 염수에 그대로 담근다. 이때 코어(1)는 외부의 힘없이 스스로 염수를 흡수 할 수 있음 만큼 흡수할 때까지 충분한 시간을 준다. 본 실험에서는 24시간 방치하였다. 초기 3wt%염수로 100% 포화 시 코어(1)의 무게는 50.32g, 강압배수 후-자연흡입 전 코어(1)의 무게 49.525g는 이었고 자연흡입 후 코어(1)의 무게는 49.72g으로 수포화도와 오일포화도의 합을 1로 가정하고 각 유체의 밀도(3wt% 염수 1.074g/cc, 케로젠(오일) 0.81g/cc)를 고려하여 계산하면 자연흡입 시 0.812g의 염수, 즉 수포화도 0.21 (21%)를 자연흡입 했다는 결과를 얻을 수 있다. 따라서 자연흡입 전 수포화도는 0.354 자연흡입 후 수포화도는 0.566 였다.

[0067] 자연흡입과정이 끝난 후 강압흡입과정이 계속된다. 해당코어를 염수에 계속하여 담근 채로 도 2b에 도시된 흡입기구(40)의 흡입 본체(41)에 장착한다. 흡입기구(40)에 코어가 충분히 잠길 수 있도록 염수를 채운 후 강압흡입과정을 시작한다. 이때 흡입기구(40)에 코어(1)를 장착하기 전 내부 유리막 코팅처리가 필요한데 이것은 강압흡입되는 염수에 따라 배출되는 오일의 양을 정확히 측정하기위한 장치이다.(유리막 코팅 시 오일은 기구표면에 흡수되지 않음) 내부 유리막 처리는 코팅 수행 후 2주간의 건조과정을 거친다. 원심분리기를 작동하기 시작하여 압력이 가해지면 채워져 있던 염수들이 이 힘에 의해 코어 내부로 채워지게 되고 그에 따라 내부의 오일이 배수기구(40) 윗부분으로 채워지게 된다. 원심분리기의 압력은 1000rpm부터 시작하여 1000rpm씩 증가하여 (주요한 부분에 따라 좀 더 세밀한 간격으로 측정 될 수 있음) 4000rpm(염수의 흡입이 계속해서 일어날 경우 4500rpm(원심분리기 해당 제품의 최대치)까지 계속 수행됨)까지 수행되었다. 코어(1) 내부로 흡입된 염수의 양과 그에 따른 코어(1)의 수포화도 변화는 표 4와 같고 도 10은 표 4를 모세관압-수포화도 그래프로 나타낸 것이다. 표 4에서 0.354 수포화도는 자연흡입 전의 수포화도이며 0.566는 자연흡입 후의 수포화도이다.

표 4

RPM	Pc(psig)	Sw
0	0.00	0.354186
0	0.00	0.566097
1000	-7.06	0.735626
2000	-28.23	0.7992
3000	-63.51	0.830986
4000	-112.90	0.830986

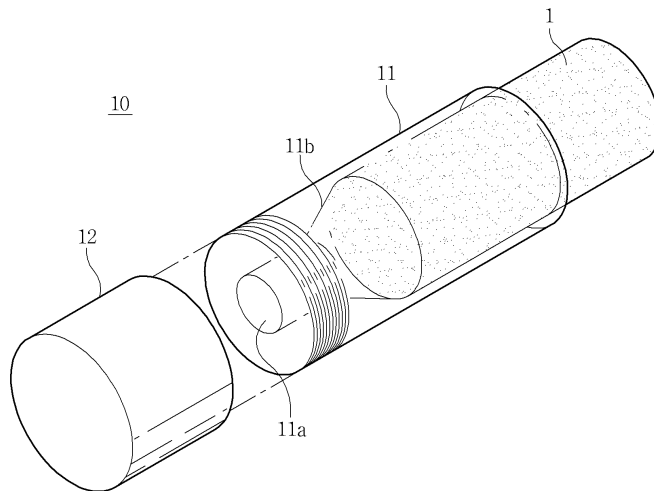
[0069] 이를 통해 액체-액체 시스템에서 Indiana Limestone을 이용한 모세관압-수포화도 곡선을 도 11과 같이 완성하였다. 모든 실험이 끝난 후 얻어진 모세관압-수포화도 그래프를 이용해 젖음성을 계산한다. 위의 식3을 이용하여 계산하면 0.455으로 Water-wet을 확인할 수 있다.

부호의 설명

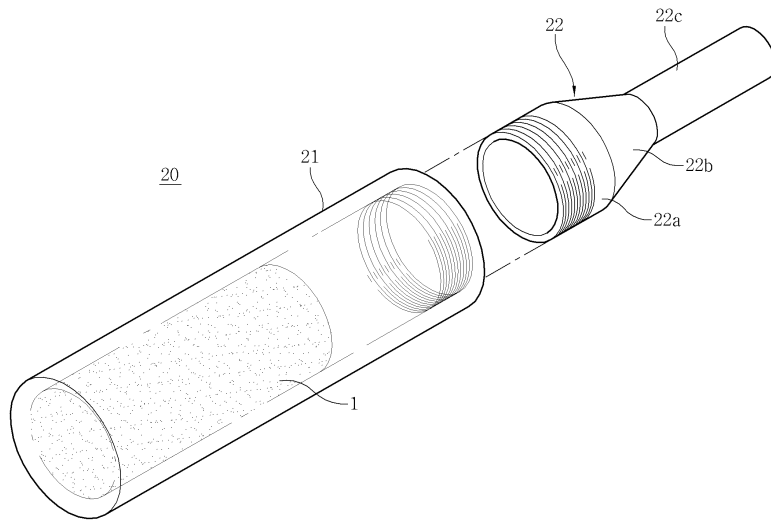
[0070] 10,30 : 배수 기구,
 11,31 : 배수 본체, 12 : 집수 캡
 32 : 배수 캡,
 20,40 : 흡입 기구,
 21,41 : 흡입 본체, 22,42 : 흡입 캡

도면

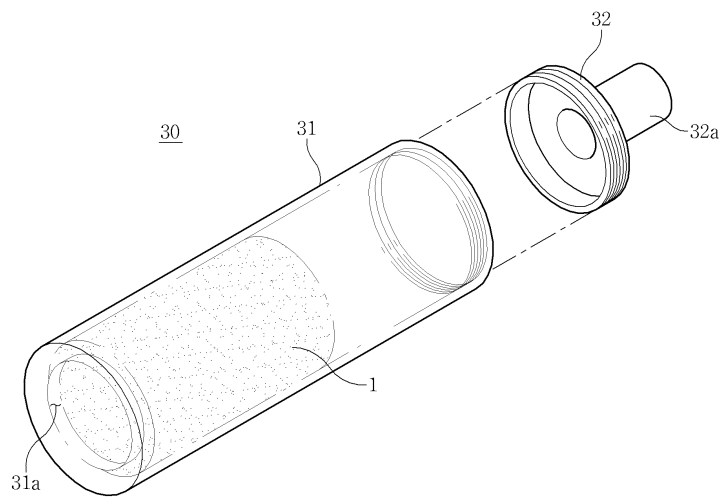
도면1a



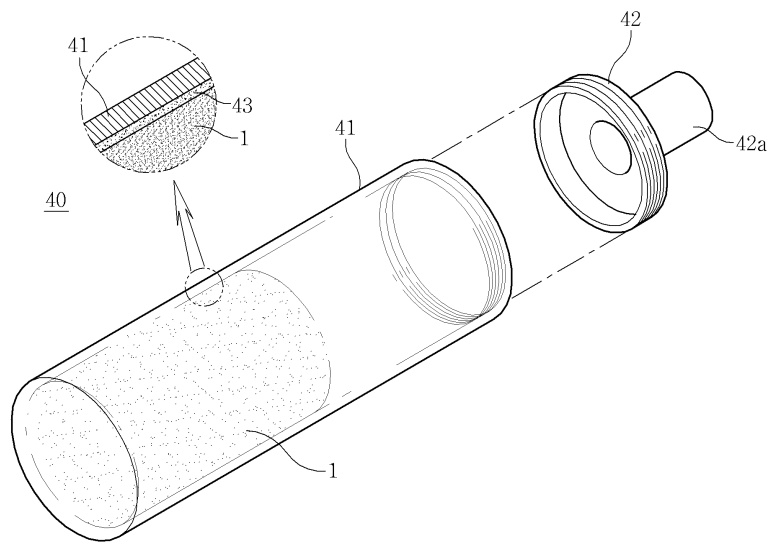
도면1b



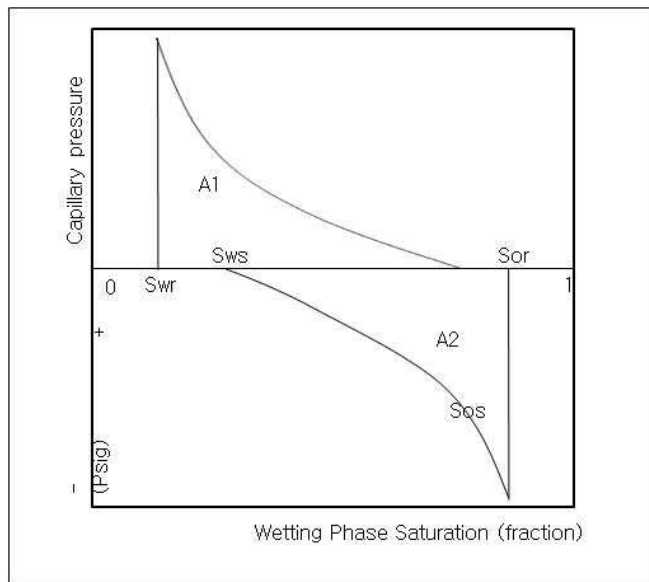
도면2a



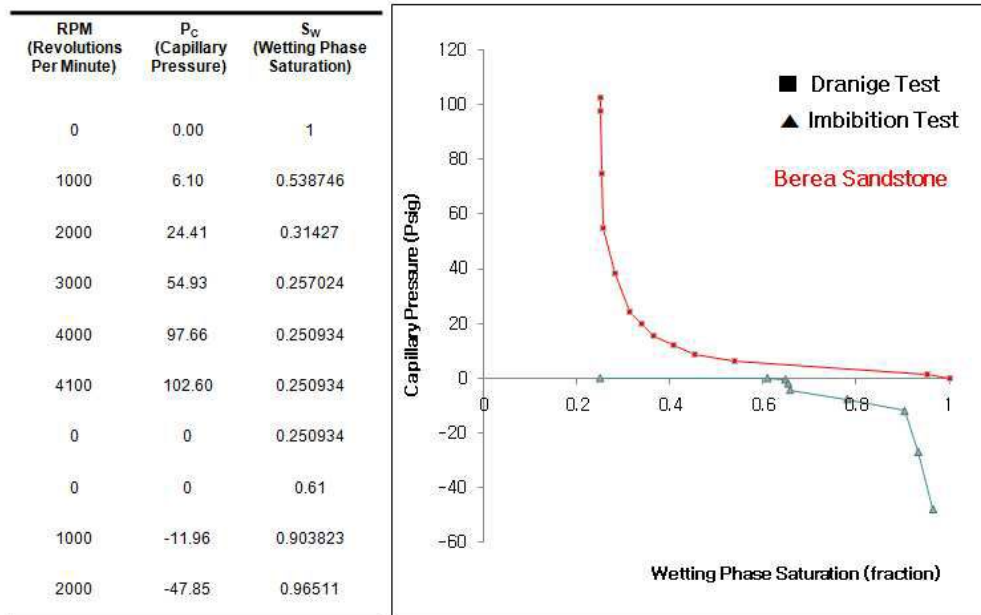
도면2b



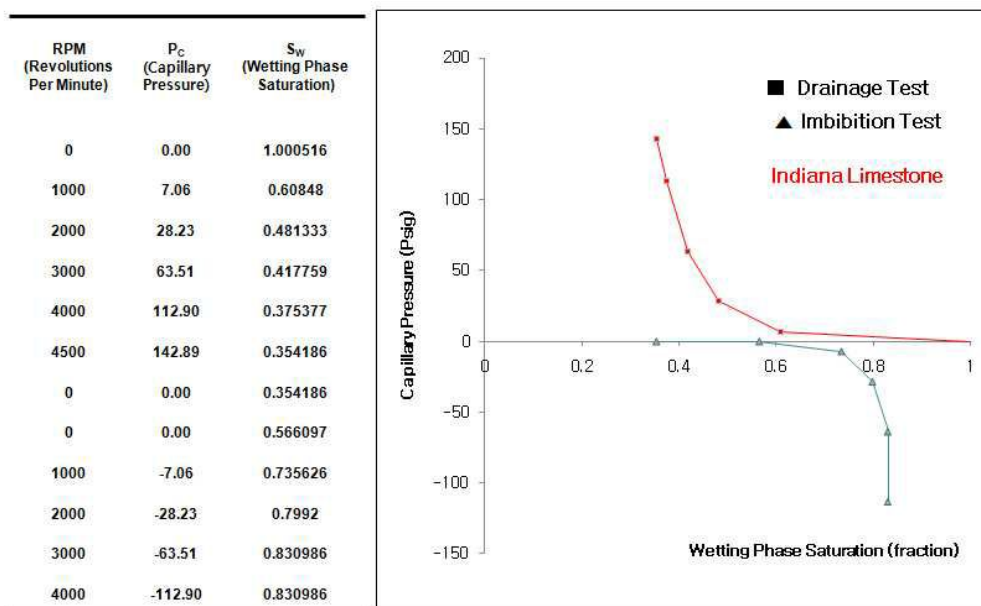
도면3



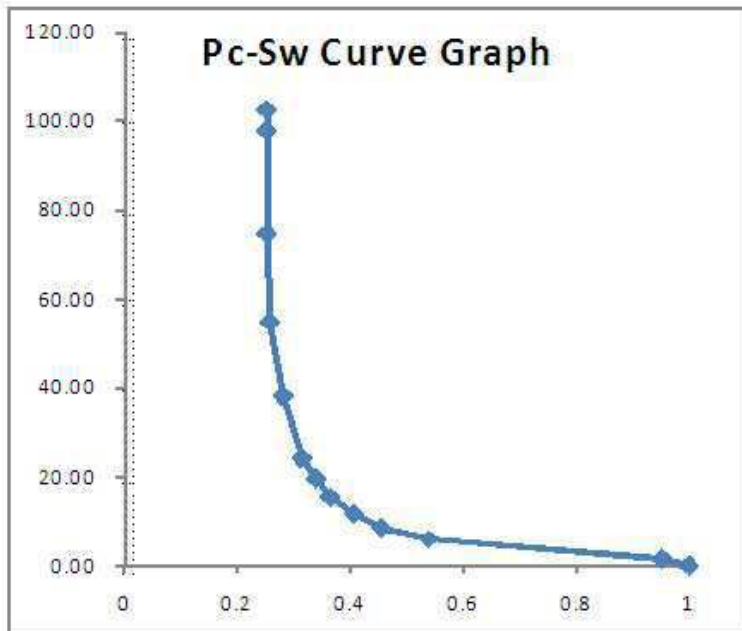
도면4



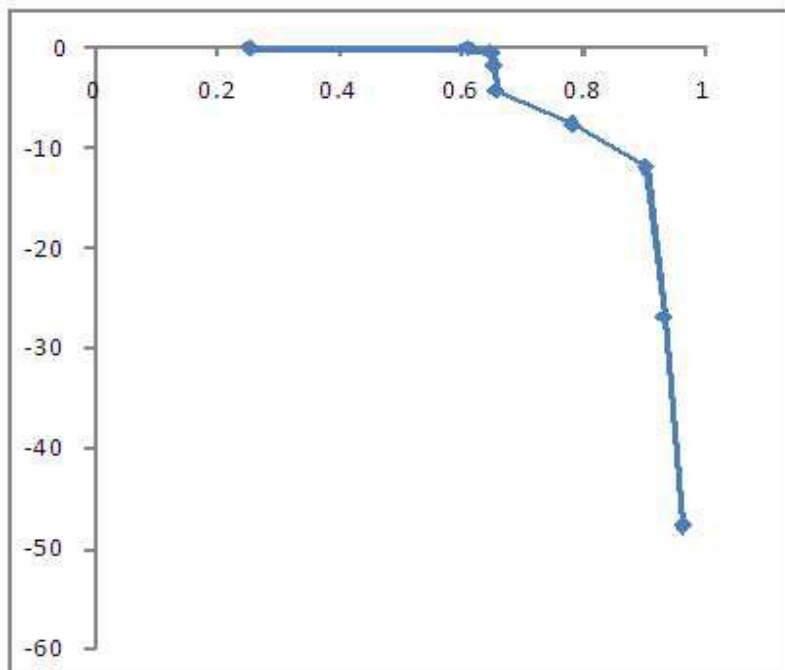
도면5



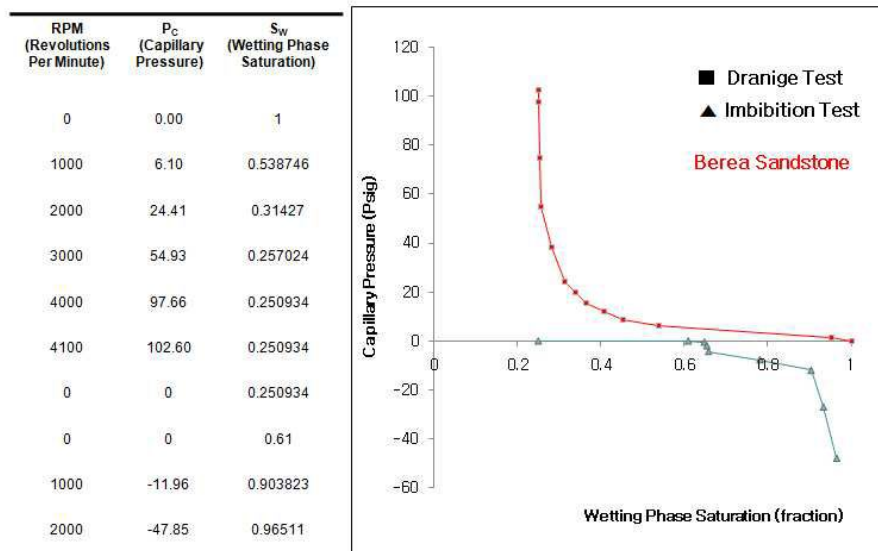
도면6



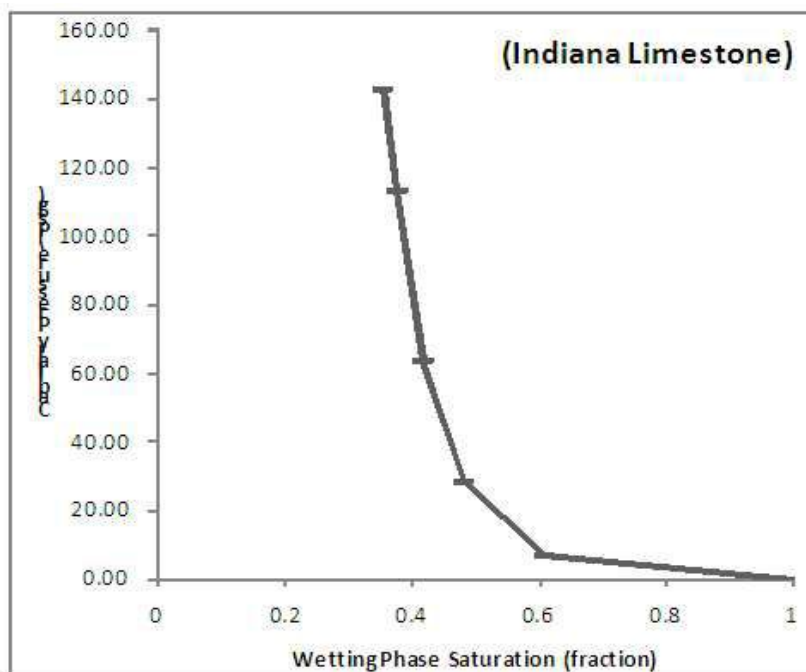
도면7



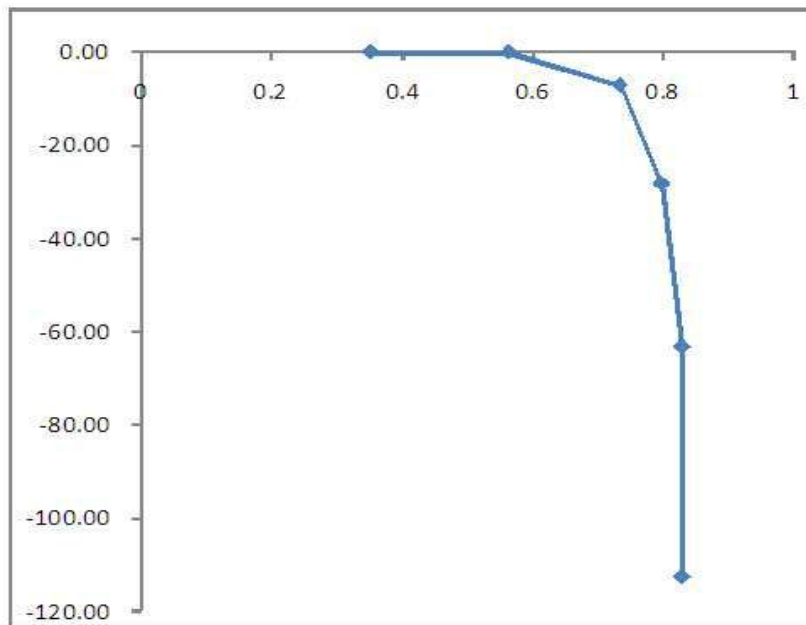
도면8



도면9



도면10



도면11

