

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 3월 26일 (26.03.2020) **WIPO | PCT**



(10) 국제공개번호
WO 2020/059931 A1

- (51) 국제특허분류:
G01N 15/08 (2006.01) *G01N 1/28* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/011714
- (22) 국제출원일: 2018년 10월 4일 (04.10.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2018-0113800 2018년 9월 21일 (21.09.2018) KR
- (71) 출원인: 동아대학교 산학협력단 (**DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION**) [KR/KR]; 49315 부산시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교, Busan (KR).
- (72) 발명자: 이대성 (**LEE, Daesung**); 49497 부산시 사하구 다대낙조2길 100, 406동 1401호, Busan (KR). 최준형

(**CHOI, Junhyung**); 4936 부산시 사하구 낙동남로1357번길 33, 5동 902호, Busan (KR). 오연정 (**OH, Yeon-jeong**); 49426 부산시 사하구 하신중앙로313번길 32, 301호, Busan (KR).

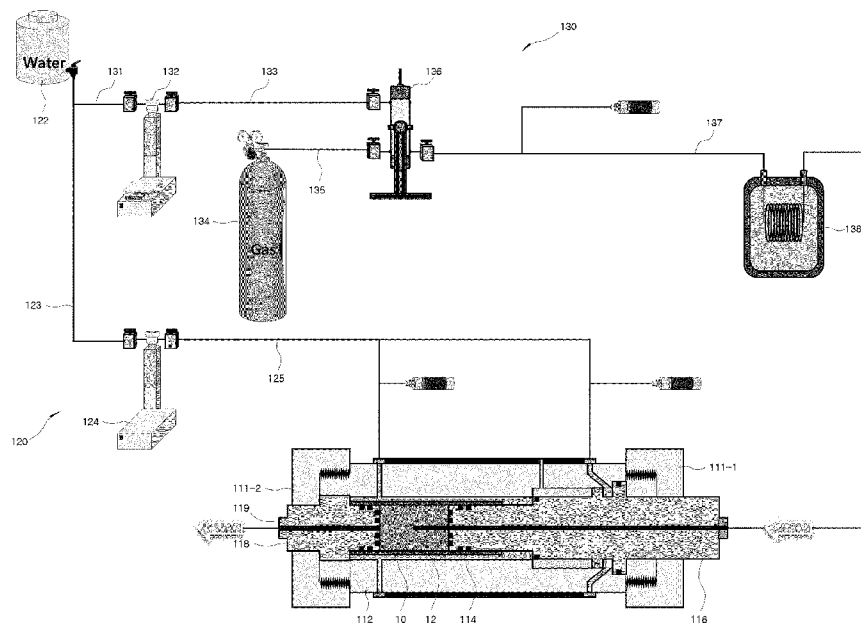
(74) 대리인: 콰철근 (**KWAK, Chulkeun**); 46918 부산시 사상구 모라로 22, 부산벤처타워, 1401호, Busan (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: GAS FRACTURING DEVICE FOR INCREASING PERMEABILITY OF ROCK, AND METHOD FOR EVALUATING INCREASE IN ROCK PERMEABILITY USING SAME

(54) 발명의 명칭: 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법

[도1]



(57) Abstract: The present invention relates to a gas fracturing device using gas to increase the permeability of a rock, and a method for evaluating an increase in rock permeability using same and, more specifically, to a device which can gas-fracture a rock by using gas to increase the permeability of a rock, and a method for evaluating an increase in permeability using same, which are capable of precisely simulating actual in-situ stress and temperature conditions with respect to a cylindrical or hexahedron-shaped rock sample extracted from underground bedrock.

[다음 쪽 계속]

WO 2020/059931 A1

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명은 암석의 투과도 증진을 위해 가스를 이용한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 지하 암반에서 채취한 원통형 혹은 육면체형상의 암석 시편에 대하여 실제 현장(In-situ) 응력 및 온도 조건의 정밀 모사가 가능하며 암석의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 암석의 가스파쇄가 가능한 장치 및 이를 이용한 투과도 증진 평가 방법에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 암석의 투과도 증진을 위해 가스를 이용한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 지하 암반에서 채취한 원통형 혹은 육면체형상의 암석 시편에 대하여 실제 현장(In-situ) 응력 및 온도 조건의 정밀 모사가 가능하며 암석의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 암석의 가스파쇄가 가능한 장치 및 이를 이용한 투과도 증진 평가 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 수압파쇄(Hydraulic Fracturing)는 1940년대 후반, 석유산업분야에서 석유 생산량 증대를 위한 목적으로 도입된 기술로, 수압파쇄의 메커니즘은 고압의 유체를 지하 암반에 주입하여 인공적으로 균열을 생성시키는 것으로 저류층(Reservoir)의 투과도(Permeability)를 높이는 것이다.
- [3] 수압파쇄는 석유·가스 개발을 위한 유정자극기법(Well stimulation)으로 널리 이용될 뿐만 아니라 지열 발전을 위한 인공균열 저류층 생성 방법으로도 활용되고 있다.
- [4] 이러한 수압파쇄를 시공하기 위해서는 현장(In-situ) 지반의 물리적 특성 파악이 선행되어야 한다. 이를 위해, 지반에 시추공을 천공하고 코어시료를 채취한 후, 암석시편으로 제작하여 현장(In-situ) 응력 조건을 모사한 상태에서 시편의 가스파쇄 성능에 대한 평가 즉, 투과도 증진 평가를 수행한다.
- [5] 미국등록특허 제4,537,063호(NONSTEADY-STATE CORE HOLDER), 한국등록특허 제10-0442115호(미고결시료의 저류물성 측정을 위한 코어 고정장치), 일본공개특허 특개2007-309712호(지하수 유동 평가방법) 등에서 공지된 바와 같이, 종래 기술은 시편의 투과도 등 지반의 수리적 특성을 측정하는데 초점이 맞추어져 있으며, 대심도의 압력 상태를 모사하기에 부적합하다는 문제점 있다.
- [6] 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 한국등록특허 제10-1683619호는 대심도 시추공의 고압 구속응력 상태 모사 및 유체주입을 통한 인장파괴 유도가 가능한 삼축압축시험용 삼축셀 및 이를 이용한 삼축압축시험 방법을 공지한 바 있으나, 현장(In-situ) 온도 조건을 모사하기가 어려우며, 원통형상의 시편만 사용이 가능하여 육면체 등 다면체 형상의 시료에 대한 삼축압축시험이 불가능한 단점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 지하 암반에서 채취한 암석 시편에 대하여 실제 현장(In-situ) 응력 조건뿐만 아니라 현장(In-situ) 온도 조건의 정밀 모사가 가능한 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 제공할 수 있다.
- [8] 또한, 본 발명은 지하 암반에서 채취한 암석 시편의 형상의 제한 없이 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사한 구속압을 구현할 수 있는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치 및 이를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 제공할 수 있다.
- [9] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위해서, 원통형 압편 시편의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 가스파쇄가 가능한 장치에 있어서, 내측에 상기 시편의 수용이 가능하도록 길이방향으로 중공된 원통형의 삼축압력셀을 구비하고, 상기 시편에 대하여 현장(In-situ) 온도 조건을 구현하는 본체부; 상기 시편 외면에 대하여 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 구속압이 가해지도록 상기 삼축압력셀 내부에 구속압유체를 주입하는 구속압발생부; 및 파쇄유체인 가스를 상기 본체부에 공급하여 상기 시편 길이방향 일면에 천공된 파쇄공에 주입하는 파쇄유체주입부;를 포함하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치를 제공할 수 있다.
- [11] 상기 본체부는 상기 삼축압력셀 외측에 설치되며, 내부에 현장(In-situ) 온도 조건과 동일 혹은 유사한 온도의 전열유체를 수용하는 원통형의 서클레이터 커버와, 중심축 상에 중공되어 파쇄유체가 주입되는 파쇄유체 주입공이 형성되며, 상기 삼축압력셀 일측에 삽입되어 하면이 상기 시편 길이방향 일면과 밀착되어 상기 구속압유체의 압력에 의해 상기 시편을 길이방향으로 가압하는 원통형의 제1 엔드피스와, 중심축 상에 중공되어 상기 시편이 파쇄된 이후 파쇄유체가 배출되는 파쇄유체 배출공이 형성되며, 상기 삼축압력셀 타측에 삽입되어 하면이 상기 시편 길이방향 타면과 밀착되어 상기 제1 엔드피스에 의해 가압되는 상기 시편을 지지하는 원통형의 제2 엔드피스와, 상기 삼축압력셀 양단에 결합되어 상기 삼축압력셀 내부를 기밀상태로 유지하는 커버를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 이때, 상기 삼축압력셀은 외주면에서 내주면까지 관통형성되어 상기 구속압유체가 주입되는 구속압유체 주입공과 외주면에 수직방향으로 관통형성되어 상기 제1 엔드피스 삽입이 용이하도록 상기 삼축압력셀 내부의 공기를 배출시키는 에어벤트홀을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [13] 반면, 상기 구속압발생부는 상기 구속압유체를 저장하는 유체탱크와 상기

삼축압력셀 내부에 구속압유체를 주입하는 유체주입펌프를 구비하며, 상기 유체탱크와 상기 유체주입펌프는 제1 구속압유체 공급라인에 의해 연결되며, 상기 유체주입펌프는 제2 구속압유체 공급라인에 의해 상기 삼축압력셀의 상기 구속압유체 주입공과 연결되는 것을 특징으로 한다.

[14] 또한, 상기 파쇄유체주입부는 내부가 중공된 원통형의 하우징과, 상기 하우징 내부에 삽입 설치되어 상부공간과 하부공간을 구분하는 피스톤링을 구비하는 어큐플레이터가 설치되며, 상기 하부공간에는 상기 가스가 주입되고, 상기 상부공간에는 정밀펌프에 의해 가압유체가 주입되어 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링이 하방으로 이동함으로써 상기 가스가 상기 본체부로 공급되는 것을 특징으로 한다.

[15] 게다가 상기 파쇄유체주입부는 상기 어큐플레이터 후단에 상기 본체부로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키는 항온수조를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[16] 이와 더불어 본 발명은 상기 시편 일면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 상기 파쇄공을 형성하는 시편준비단계; 상기 본체부에 구비된 상기 삼축압력셀 내부에 상기 시편을 삽입하고, 상기 파쇄공이 형성된 상기 시편 길이방향 일면에 밀착되도록 상기 제1 엔드피스를 삽입한 이후, 상기 시편 길이방향 타면에 밀착되도록 상기 제2 엔드피스를 삽입 시편고정단계; 상기 구속압발생부에 설치된 상기 유체주입펌프에 의해 상기 유체탱크에 저장된 상기 구속압유체가 상기 삼축압력셀 내부로 공급되어 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 구속압을 제공하는 구속압제공단계; 상기 파쇄유체주입부에 설치된 상기어큐플레이터 내측 하부공간에 파쇄유체인 가스를 공급하고, 상기 정밀펌프를 이용하여 상기 어큐플레이터 내측 상부공간에 소정의 압력으로 가압유체를 공급하여 상기 피스톤링을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부로 가스를 공급하는 파쇄유체공급단계; 및 상기 본체부로 공급된 상기 가스에 의해 상기 시편의 상기 파쇄공 내벽에서부터 파쇄가 이루어지는 가스파쇄단계;를 포함하는 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 제공할 수 있다.

[17] 이때, 상기 가스파쇄단계가 완료된 이후, 상기 시편을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 파쇄 이후의 시편에 대한 투과도 값을 산출하는 투과도산출단계;를 더 포함하는 것 특징으로 한다.

[18] 한편, 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위해서, 육면체형상의 암석 시편의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 가스파쇄가 가능한 장치에 있어서, 내측에 공간부가 형성되어 수직방향 및 수평방향으로 가압되는 육면체형상의 시편을 수용하며, 상기 시편의 가압면에 반대되는 면을 지지하는 본체부; 제1 내지 제3 유압실린더를 구비하여 상기 시편 외면에 대하여 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 수직방향 및 수평방향의 구속압을 가하는 구속압발생부; 및 파쇄유체인 가스를 상기 본체부에 공급하여 상기 시편 상면에서 하방으로

천공된 파쇄공에 주입하는 파쇄유체주입부;를 포함하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치를 제공할 수 있다.

- [19] 상기 본체부는 상기 시편 하측에 위치하며 평판형상을 갖는 하부지지부재와, 횡단면이 Γ 자 형상을 가지며 상기 하부지지부재 상면에서 설치되는 수평지지부재를 구비하되, 상기 하부지지부재 및 상기 수평지지부재의 결합으로 내측에 상기 공간부가 형성되며, 상기 시편 상면에 위치하여 상기 공간부 상면을 폐쇄하며, 육면체형상을 갖는 상부덮개부재를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [20] 이때, 상기 상부덮개부재는 일측면에서 수평방향으로 관통하며 제1 파쇄유체유로가 형성되고, 상기 제1 파쇄유체유로의 일측에서 하방으로 분기된 삽입홈이 형성되며, 상기 삽입홈에는 상기 시편의 파쇄공 내에 삽입되는 원기둥형상의 인젝터 일단이 끼움결합되되, 상기 인젝터는 상면에서 하방으로 함입되며 상기 제1 파쇄유체유로와 연통되는 제2 파쇄유체유로와, 외주면에는 상기 제2 파쇄유체유로와 연통되는 분사공이 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [21] 반면, 상기 제1 내지 제3 유압실린더에는 상기 시편 외면에 밀착되도록 구상의 구면좌의 외면을 따라 움직이는 로드플레이트가 각각 설치되되, 상기 제1 유압실린더의 상기 로드플레이트는 상기 시편의 상면을 가압하여 수직방향으로 작용하는 구속압을 제공하며, 상기 제2 유압실린더의 상기 로드플레이트는 상기 시편의 수평방향 일면을 가압하고, 상기 제3 유압실린더의 상기 로드플레이트는 상기 시편의 수평방향 일면과 이웃하는 타면을 가압하여 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [22] 상기 파쇄유체주입부는 내부가 중공된 원통형의 하우징과, 상기 하우징 내부에 삽입 설치되어 상부공간과 하부공간을 구분하는 피스톤링을 구비하는 어큐뮬레이터가 설치되며, 상기 하부공간에는 상기 가스가 주입되고, 상기 상부공간에는 정밀펌프에 의해 가압유체가 주입되어 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링이 하방으로 이동함으로써 상기 가스가 상기 본체부로 공급되는 것을 특징으로 한다.
- [23] 이와 더불어, 상기 파쇄유체주입부는 상기 어큐뮬레이터 후단에 상기 본체부로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키도록 항온수조를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [24] 본 발명은 상기 시편 상면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 상기 파쇄공을 형성하는 시편준비단계; 상기 본체부 내측에 형성된 상기 공간부에 상기 시편을 안착시킨 후, 상기 인젝터가 설치된 상기 상부덮개부재를 상기 시편 상면에 위치시키되, 상기 인젝터는 상기 시편 상면에 형성된 상기 파쇄공 내부에 삽입하는 시편고정단계; 상기 구속압발생부에 구비된 상기 제1 내지 제3 유압실린더를 이용하여 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 수직방향 및 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공하는 구속압제공단계; 상기 파쇄유체주입부에 설치된 어큐뮬레이터 내측 하부공간에

과쇄유체인 상기 가스를 공급하고, 상기 정밀펌프를 이용하여 상기 어큐물레이터 내측 상부공간에 소정의 압력으로 상기 가압유체를 공급하여 상기 피스톤링을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부로 상기 가스를 공급하는 과쇄유체공급단계; 및 상기 본체부로 공급된 상기 가스에 의해 상기 시편의 상기 과쇄공 내벽에서부터 과쇄가 이루어지는 가스과쇄단계;를 포함하는 가스과쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 제공할 수 있다.

- [25] 이때, 상기 가스과쇄단계가 완료된 이후, 상기 시편을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 과쇄 이후의 시편에 대한 투과도 값을 산출하는 투과도산출단계;를 더 포함하는 것 특징으로 한다.

발명의 효과

- [26] 본 발명은 지하 암반에서 채취한 암석 시편에 대하여 실제 현장(In-situ) 응력 조건뿐만 아니라 현장(In-situ) 온도 조건의 정밀 모사가 가능하여 보다 정확한 투과도 증진 평가를 수행할 수 있다.
- [27] 또한, 본 발명은 지하 암반에서 채취한 암석 시편의 형상의 제한 없이 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사한 구속압을 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [28] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 암석의 투과도 증진을 위한 가스과쇄 장치의 구성도.
- [29] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 삼축압력셀의 단면도.
- [30] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 엔드피스의 단면도.
- [31] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제2 엔드피스의 단면도.
- [32] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 어큐물레이터의 사시도.
- [33] 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 어큐물레이터의 단면도.
- [34] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 가스과쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 나타낸 순서도.
- [35] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 암석의 투과도 증진을 위한 가스과쇄 장치의 구성도.
- [36] 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 본체부의 하부지지부재 및 수평지지부재를 도시한 사시도.
- [37] 도 10은 본 발명의 제2 실시예에 따른 본체부의 상부덮개부재 및 인젝터를 도시한 단면도.
- [38] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 로드플레이트 단면도.
- [39] 도 12는 본 발명의 제2 실시예에 따른 가스과쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 나타낸 순서도.
- [40] <부호의 설명>
- [41] 110 : 본체부

- [42] 112 : 삼축압력셀 111 : 셀커버
- [43] 114 : 슬리브 116 : 제1 엔드피스
- [44] 118 : 제2 엔드피스
- [45] 120 : 구속압발생부
- [46] 122 : 유체탱크 123 : 제1 구속압유체 공급라인
- [47] 124 : 유체주입펌프 125 : 제2 구속압유체 공급라인
- [48] 130 : 파쇄유체주입부
- [49] 131 : 제1 가압유체 공급라인 132 : 정밀펌프
- [50] 133 : 제2 가압유체 공급라인 134 : 가스탱크
- [51] 136 : 어큐플레이터 137 : 파쇄유체 공급라인
- [52] 138 : 항온수조
- [53] 210 : 본체부
- [54] 212 : 하부지지부재 214 : 수평지지부재
- [55] 216 : 공간부 218 : 상부덮개부재
- [56] 219 : 인젝터
- [57] 220 : 구속압발생부
- [58] 222 : 제1 유압실린더 224 : 제2 유압실린더
- [59] 226 : 제3 유압실린더
- [60] 230 : 파쇄유체주입부
- [61] 231 : 유체탱크 232 : 정밀펌프
- [62] 233 : 가압유체 공급라인 234 : 가스탱크
- [63] 236 : 어큐플레이터 237 : 파쇄유체 공급라인

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [64] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과함께 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.
- [65] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [66] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2

구성요소일 수도있음은 물론이다.

- [67] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며, 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [68] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [69] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [70] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치의 구성도이다.
- [71] 도 1에 도시된 바와 같이, 원통형상을 갖도록 가공된 암석 시편의 투과도 증대를 위한 가스파쇄(Gas Fracturing)를 수행하기 위해 파쇄유체로서 가스를 이용하는 가스파쇄 장치는 본체부(110), 구속압발생부(120) 및 파쇄유체주입부(130)를 포함한다.
- [72] 상기 본체부(110)는 원통형 시편(10)을 고정시킴과 동시에 현장(In-situ) 온도 조건을 구현하도록 구비되는 구성으로, 상기 본체부(110)는 내부에 길이방향으로 중공된 원통형의 삼축압력셀(112)과 상기 삼축압력셀(112) 일측에 삽입되는 제1 엔드피스(116) 및 상기 삼축압력셀(112) 타측에 삽입되는 제2 엔드피스(118)를 포함하며, 상기 삼축압력셀(112) 외측에 서클레이터커버(미도시)가 설치된다.
- [73] 보다 상세하게는 상기 삼축압력셀(112) 내측에 상기 시편(10)이 길이방향으로 삽입 고정되며, 상기 시편(10) 양측에 각각 상기 제1 엔드피스(116)와 상기 제2 엔드피스(118)가 삽입 설치된다.
- [74] 상기 제1 엔드피스(116)는 하면이 상기 시편(10) 길이방향 일면과 밀착 설치되어 상기 구속압발생부(120)로부터 공급되는 구속압유체의 압력에 의해 상기 시편(10)을 길이방향으로 가압하며, 상기 제1 엔드피스(116)의 구체적인 설명은 후술하도록 한다.
- [75] 이와 더불어, 상기 제2 엔드피스(118)는 하면이 상기 시편(10) 길이방향 타면과 밀착되게 설치되어 상기 제1 엔드피스(116)에 의해 가압되는 상기 시편(10)을 지지한다.
- [76] 상기 서클레이터커버(미도시)는 상기 삼축압력셀(112)이 관통설치되도록 길이방향 일면에서부터 타면까지 중공된 원통형상을 가지며, 상기 시편(10)에 대하여 현장(In-situ) 온도 조건을 모사하도록 내부에 전열유체를 수용한다. 즉,

상기 서클레이터커버 내주면과 상기 삼축압력셀(112) 외주면 사이에 현장(In-situ) 온도 조건과 동일 혹은 유사한 온도의 전열유체가 흐르도록 하여 상기 삼축압력셀(112) 내에 수용된 상기 시편(10)에 대하여 현장(In-situ) 온도 조건을 구현하도록 한다.

- [77] 상기 삼축압력셀(112) 양단에는 커버(111)가 각각 설치되며, 상기 커버(111)는 상기 삼축압력셀(112) 내부를 밀폐시키기 위한 것으로 전체적으로 너트 또는 플랜지 형상으로 형성되며, 상기 제1 엔드피스(116), 상기 제2 엔드피스(118) 및 서클레이터커버(미도시) 각각 설치된 상태에서 상기 삼축압력셀(112)과 결합된다.
- [78] 보다 상세하게는 상기 커버(111)는 내부가 함입된 너트 형상을 갖되, 상기 제1 엔드피스(116) 및 상기 제2 엔드피스(118)의 상부가 관통하도록 중공되며, 내주면에는 상기 삼축압력셀(112)의 양측 외주면에 각각 형성된 나사산과 대응되는 나사산이 형성되어 상기 삼축압력셀(112)와 나사 결합됨으로써 상기 삼축압력셀(112) 내부가 밀폐되도록 한다.
- [79] 또한, 상기 커버(111)의 외경은 상기 서클레이터커버(미도시)의 외경과 같거나 크게 형성되며, 상기 서클레이터커버(미도시) 길이방향 양단면과 밀착고정되어 상기 전열유체의 누수가 발생하지 않도록 한다.
- [80] 이와 더불어, 상기 본체부(110)는 고무재질의 슬라브(114)를 더 구비하여 상기 시료(10)가 상기 구속압유체와 반응하는 것을 방지하며, 상기 시료(10)에 가해지는 상기 구속압에 대한 완충 역할을 하도록 한다. 보다 상세하게는 상기 슬라브(114)는 상기 시료(10) 외주면에 설치되며, 상기 제1 엔드피스(116) 및 상기 제2 엔드피스(118)의 각 하부는 상기 슬라브(114) 양단에 끼움고정되어 상기 슬라브(114) 내부로 상기 구속압유체가 유입되지 않도록 양단을 밀폐시킨다.
- [81] 반면, 상기 구속압발생부(120)는 상기 구속압유체를 저장하는 유체탱크(122)와 상기 삼축압력셀(112) 내부에 상기 구속압유체를 주입하는 유체주입펌프(124)를 구비한다.
- [82] 상기 구속압유체는 제1 구속압유체 공급라인(123)을 통해 상기 유체탱크(122)에서 상기 유체주입펌프(124)로 공급되며, 상기 유체주입펌프(124)는 상기 구속압유체가 상기 삼축압력셀(112) 내에서 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사한 구속압을 구현할 수 있는 소정의 압력으로 상기 구속압유체를 상기 삼축압력셀(112)에 주입한다.
- [83] 이때, 상기 유체주입펌프(124)에는 상기 삼축압력셀(112)과 연결된 제2 구속압유체 공급라인(125)이 설치되어 이를 통해 상기 구속압유체가 공급되며, 상기 제2 구속압유체 공급라인(125)은 분지되어 상기 삼축압력셀(112) 내 상기(10) 외주면 전체에 작용하는 구속압을 가하도록 상기 구속압유체를 공급할 뿐만 아니라, 상기 제1 엔드피스(116) 상부측에 상기 구속압유체를 공급하여 상기 제1 엔드피스(116)를 상기 시료(10) 방향으로 밀어냄과 동시에 상기

- 시료(10)의 길이방향으로 작용하는 구속압을 가하게 된다.
- [84] 즉, 상기 유체주입펌프(124)에 의해 주입되는 상기 구속압유체는 상기 시료(10)의 외주에 작용하는 구속압인 봉압과 상기 길이방향으로 작용하는 구속압을 가함으로써, 현장(In-situ) 응력 조건을 모사할 수 있다. 여기서, 상기 구속압발생부(120)에 의해 상기 시료(10) 외주면 전체와 길이방향으로 가해지는 구속압은 최대 50MPa까지 가압될 수 있다.
- [85] 또한, 상기 제2 구속압유체 공급라인(125) 상에는 차압트랜스듀서가 설치될 수 있다.
- [86] 한편, 상기 파쇄유체주입부(130)는 파쇄유체인 가스를 상기 본체부(110)에 공급하는 것으로, 상기 파쇄유체주입부(130)는 정밀펌프(132), 가스탱크(134) 및 어큐뮬레이터(136)를 구비한다.
- [87] 상기 어큐뮬레이터(136)의 상부는 제2 가압유체 공급라인(131)에 의해 상기 정밀펌프(132)와 직결되며, 하부는 가스공급라인(135)에 의해 상기 가스를 수용하는 가스탱크(134)와 직결되어 정밀펌프(132)로부터 공급되는 가압유체의 유압에 의해 상기 가스를 상기 본체부(110) 즉, 상기 삼축압력셀(112)로 공급한다.
- [88] 여기서, 상기 가압유체는 상기 구속압유체와 동일한 유체를 사용할 수 있으므로 상기 제1 구속압유체 공급라인(123)은 분지되어 상기 정밀펌프(132)와 상기 유체탱크(122)를 연결하는 제1 가압유체 공급라인(131)을 형성할 수 있다.
- [89] 상기 어큐뮬레이터(136)로부터 토출되는 상기 가스는 파쇄유체 공급라인(137)을 통해 상기 삼축압력셀(112)로 공급된다. 상기 파쇄유체 공급라인(137)은 상기 제1 엔드피스(116) 중심축 상에 중공 형성된 파쇄유체 주입공(117)과 연통되게 설치되므로 상기 파쇄유체 주입공(117)으로 공급된 상기 가스는 상기 시편(10) 길이방향 일면에 천공된 파쇄공(12)에 주입되며 상기 가스의 압력에 의해 상기 파쇄공(12) 벽면의 파쇄가 이루어진다.
- [90] 가스파쇄 시, 파쇄유체의 점성도(Viscosity)는 파쇄효율(Fracture efficiency)에 상당한 영향을 미치므로 상기 가스의 온도 제어가 중요하며, 이를 위해 상기 파쇄유체주입부(130)는 상기 어큐뮬레이터(136) 후단에 항온수조(138)를 더 포함할 수 있다. 다시 말해, 상기 항온수조(138)는 상기 어큐뮬레이터(136)에서 토출되어 상기 본체부(100)로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키는 역할을 한다.
- [91] 한편, 제1 엔드피스(116) 하면에는 상기 시료(10)의 파쇄로 인해 발생하는 분쇄물 등의 상기 파쇄유체 공급라인(137)으로 유입되는 것을 방지하기 위해 망상의 필터(미도시)를 구비할 수 있으며, 상기 파쇄유체 공급라인(137)상에는 차압트랜스듀서가 설치될 수 있다.
- [92] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 삼축압력셀의 단면도이다.
- [93] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 삼축압력셀(112) 내부에는 직경이 달라지도록 단차부가 형성되어 직경이 비교적 작은 제1 공간부(112-1)에는 상기 시료(10)가

수용되며, 상기 제1 공간부(112-1)보다 직경이 큰 제2 공간부(112-2)에는 상기 제1 엔드피스(116)이 위치한다.

- [94] 또한, 상기 삼축압력셀(112)은 외주면에서 내주면까지 관통되어 상기 구속압유체가 주입되는 구속압유체 주입공(113-1, 113-2)이 형성되며, 제1 구속압유체 주입공(113-1)은 상기 삼축압력셀(112) 외주면에서 수직방향으로 관통되어 상기 시료(10)가 고정되는 상기 제1 공간부(112-1)와 연통되고, 제2 구속압유체 주입공(113-2)은 상기 삼축압력셀(112) 외주면에서 소정의 각도로 경사지게 관통되어 상기 제1 엔드피스(116)이 고정되는 상기 제2 공간부(112-2)와 연통된다.
- [95] 다시 말해, 상기 구속압유체 주입공(113-1, 113-2)은 상기 제2 구속압유체 공급라인(125)의 끝단과 연결되어 상기 제1 구속압유체 주입공(113-1)으로 주입된 상기 구속압유체는 상기 시료(10) 외주면 전체에 구속압을 가하며, 상기 제2 구속압유체 주입공(113-2)으로 주입된 상기 구속압유체는 상기 제1 엔드피스(116)를 상기 시료(10) 방향으로 밀어 상기 시료(10)에 길이방향으로 작용하는 구속압을 가한다.
- [96] 그러나, 상기 제1 엔드피스(116) 설치에 있어서, 상기 삼축압력셀(112)의 일측에서 외력을 가하여 슬라이딩 방식으로 삽입된 후, 상기 제2 구속압유체 주입공(113b)으로 주입된 상기 구속압유체에 의해 상기 시료(10) 방향으로 밀어넣는 고정하는 형태로, 상기 삼축압력셀(112) 내부에 존재하는 공기의 압력에 의해 상기 제1 엔드피스(116) 삽입되는 반대 방향으로 밀려나는 현상이 발생할 수 있다.
- [97] 따라서, 이러한 현상을 방지하기 위해 상기 삼축압력셀(112) 외주면에서 상기 제1 공간부(112-1)까지 수직방향으로 관통된 에어벤트홀(113-3)이 형성된다. 즉, 상기 제1 엔드피스(116)의 삽입 시, 상기 삼축압력셀(112) 내부의 공기가 에어벤트홀(113-3)을 통해 배출되어 상기 제1엔드피스(116)의 삽입이 용이하도록 한다.
- [98] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 엔드피스의 단면도이며, 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제2 엔드피스의 단면도이다.
- [99] 도 3 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 제1 엔드피스(116) 및 제2 엔드피스(118)는 원통형상을 갖되, 중앙부(116-2, 118-2)가 하부(116-1, 118-1)와 상부(116-3, 118-3)보다 직경이 크게 형성되며, 상기 제1 엔드피스(116) 및 제2 엔드피스(118)의 상기 중앙부(116-2, 118-2) 외주면에는 외측을 향해 수평방향으로 돌출된 돌출부(116-4, 118-4)가 각각 형성된다.
- [100] 상기 제1 엔드피스(116)의 상기 중앙부(116-2)는 상기 제1공간부(112-1)보다 큰 직경을 갖도록 형성되어 제1 공간부(112-1)에 주입된 상기 구속압유체가 상기 제2 공간부(112-2)로 누출되지 않도록 밀폐시키며, 상기 돌출부(116-4) 외주면은 상기 삼축압력셀(112)의 제2 공간부(112-2) 벽면에 밀착되며, 상기 돌출부(116-4) 길이방향 일면은 상기 제2 구속압유체 주입공(113b)으로 주입되는 상기

구속압유체에 의해 가압된다.

- [101] 또한, 상기 제1 엔드피스(116) 상부(116-3)에는 상기 제1 엔드피스(116) 도넛형상의 엔드피스링(116-5)이 결합되며, 상기 엔드피스링(116-5) 외주면이 상기 제2 공간(112-2)를 밀폐시켜 상기 제2 공간부(112-2) 내에 주입되는 상기 구속압유체가 상기 삼축압력셀(112) 외부로 누출되지 않도록 한다.
- [102] 상기 제2 엔드피스(118) 중앙부(118-2)에 형성된 상기 돌출부(118-4)는 상기 상기 제1 공간부(112-1)보다 큰 직경을 갖도록 형성되어 제1 공간부(112-1) 내에 주입된 상기 구속압유체가 상기 삼축압력셀(112) 외부로 누출되지 않도록 한다.
- [103] 게다가, 상기 제2 엔드피스(118) 중심축 상에는 상기 시편(10)이 파쇄된 이후 상기 가스 측, 파쇄유체가 배출되는 파쇄유체 배출공(119) 관통 형성된다.
- [104] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 어큐플레이터의 사시도이며, 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 어큐플레이터의 단면도이다.
- [105] 파쇄유체인 상기 가스를 상기 정밀펌프(132)를 이용하여 상기 본체부(110)로 직접 공급할 경우, 상기 정밀펌프(132)에 부식을 초래할 수 있으므로, 앞서 살펴본 바와 같이 상기 파쇄유체주입부(130)는 상기 어큐플레이터(136)를 구비하여 상기 가스를 상기 본체부(110)로 공급한다.
- [106] 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 어큐플레이터(136)는 내부가 중공된 원통형의 하우징(136-1)을 구비하며, 상기 하우징(136-1) 내부에 하면 중앙부가 돌출되어 산부가 형성된 피스톤링(136-2)이 삽입 설치되어 상기 하우징(136-1) 상부공간(136-1a)과 하부공간(136-1b)을 구분한다. 이때, 상기 하우징(136-1)의 재질은 스테인레스강(SUS)을 사용하는 것이 바람직하나, 이에 한정하는 것은 아니다.
- [107] 또한, 상기 어큐플레이터(136)는 상기 피스톤링(136-2) 상부에 축결합되는 피스톤샤프트(136-3)가 설치되며, 상기 하우징(136-1) 상부 및 하부에는 하우징커버(136-4)가 각각 결합 고정되어 상기 하우징(136-1) 내부를 밀폐시킬 뿐만 아니라 상기 피스톤링(136-2)이 상기 하우징(136-1) 외부로 이탈되지 않도록 한다.
- [108] 한편, 상기 하우징(136-1)은 하부 외주면을 관통하는 가스가 유입되는 가스유입구(136-5)가 형성되며, 상기 하우징(136-1) 하부 외주면을 관통하되, 상기 가스유입구(136-5)와 대향하는 위치에 형성되어 파쇄유체가 토출되는 파쇄유체토출구(136-6)가 형성된다. 또한, 상기 하우징(136-1) 상부 외주면을 관통하는 수평방향을 피스톤링을 가압하도록 유체가 주입되는 유압주입구(136-7)가 형성된다.
- [109] 다시 말해, 상기 유압주입구(136-6)는 상기 제2 가압유체 공급라인(131)에 의해 상기 정밀펌프(132)와 연통되고, 상기 가스유입구(136-4)는 가스공급라인(135)에 의해 상기 가스를 수용하는 가스탱크(134)와 연결되며, 상기 파쇄유체토출구(136-5)는 상기 파쇄유체 공급라인(137)에 의해 상기 본체부(110)의 상기 삼축압력셀(112) 측, 상기 제1 엔드피스(116)에 형성된 상기

파쇄유체 주입공(117)과 연통된다.

- [110] 따라서, 상기 하우징(136-1)의 상기 하부공간(136-1b)에는 상기 가스가 주입되며, 상기 상부공간(136-1a)에는 정밀펌프(132)에 의해 가압유체가 주입되어 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링(136-2)이 하방으로 이동함으로써, 상기 가스가 상기 본체부(110)로 공급된다.
- [111] 더 나아가, 상기 어큐플레이터(136) 외측에는 상기 하우징(136-1)을 고정 지지하는 어큐플레이터 거치대(136-8)를 추가로 설치할 수 있다.
- [112] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 나타낸 순서도이다.
- [113] 도 7에 도시된 바와 같이, 먼저, 현장에서 채취한 암석 시료를 원통형으로 가공하여 상기 시편(10)을 제작하고 일면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 상기 파쇄공(12)을 형성하는 시편준비단계(S110)를 거친다. 이때, 상기 파쇄공(12)은 상기 시편(10, 20)의 높이의 1/2에 해당하는 지점까지 천공되는 것이 바람직하나, 이에 한정하는 것은 아니다.
- [114] 상기 파쇄공(12)이 형성된 상기 시편(10)은 본체부(110) 내부에 안착시켜 고정하되(S120), 상기 본체부(110)에 구비된 삼축압력셀(112) 내부에 상기 시편(10)을 삽입하고, 상기 파쇄공(12)이 형성된 상기 시편(10) 길이방향 일면에 밀착되도록 제1 엔드피스(116)를 삽입한 이후, 상기 시편(10) 길이방향 타면에 밀착되도록 상기 제2 엔드피스(118)를 삽입하는 것이 바람직하다.
- [115] 시편고정단계(S120) 이후, 구속압발생부(120)에 의해 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 작용하는 구속압을 제공한다(S130).
- [116] 보다 바람직하게는 구속압제공단계(S130)에서 유체탱크(122)에 저장된 구속압유체를 상기 구속압발생부(120)에 설치된 유체주입펌프(124)를 이용하여 상기 삼축압력셀(112) 내부로 공급하여 상기 시료(10) 외주면 전체에 작용하는 구속압 및 상기 시료(10) 길이방향으로 작용하는 구속압을 제공한다.
- [117] 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사한 구속압이 가해지면, 파쇄유체주입부(130)에 설치된 어큐플레이터(136) 내측 하부공간(136-1b)에 파쇄유체인 가스를 공급하고, 정밀펌프(132)를 이용하여 상기 어큐플레이터(136) 내측 상부공간(136-1a)에 소정의 압력으로 가압유체를 공급하여 피스톤링(136-2)을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부(110, 210)로 가스를 공급하는 파쇄유체공급단계(S140)를 거치게 된다.
- [118] 상기 파쇄유체공급단계(S140)를 통해 상기 본체부(110)로 공급된 상기 가스는 상기 시편의 파쇄공(12) 내벽에서부터 가스파쇄가 이루어진다(S50).
- [119] 가스파쇄단계(S150)가 완료된 이후, 상기 시편(10)을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 파쇄 이후의 시편(10)에 대하여 투과도 값을 산출하는 투과도 산출단계(S160)를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 투과도 값은 다시의 법칙(Darcy's law)를 이용하여 구할 수 있다.

- [120] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치의 구성도이다.
- [121] 도 8에 도시된 바와 같이, 육면체형상을 갖도록 가공된 암석 시편의 투과도 증대를 위한 가스파쇄를 수행하기 위해 파쇄유체로서 가스를 이용하는 가스파쇄 장치는 본체부(210), 구속압발생부(220) 및 파쇄유체주입부(230)을 포함한다.
- [122] 상기 본체부(210)는 상기 구속압발생부(220)에 의해 수직방향 및 수평방향으로 가압되는 육면체형상의 시편(20)이 내측에 수용되며, 상기 시편(20)의 가압면에 반대되는 면과 밀착되어 상기 시편(20)을 고정한다.
- [123] 상기 구속압발생부(220)는 핸드펌프에 의해 작동되는 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)를 구비하여, 상기 시편(20) 외면에 대하여 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 수직방향 및 수평방향의 구속압을 가한다.
- [124] 보다 상세하게는 상기 제1 유압실린더(222)의 로드플레이트(223)는 상기 시편(20)의 상면을 가압하여 수직방향으로 작용하는 구속압을 제공하며, 상기 제2 유압실린더(224)의 로드플레이트(225)가 상기 시편(20)의 수평방향 일면을 가압함과 동시에 상기 제3 유압실린더(224)의 로드플레이트(227)가 상기 시편(20)의 수평방향 일면과 이웃하는 타면을 가압하여 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공한다.
- [125] 즉, 상기 구속압발생부(220)는 상기 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)를 구비함으로써 상기 시편(20)에 X, Y 및 Z축 방향으로 구속압을 가할 수 있다.
- [126] 여기서, 상기 구속압발생부(220)에 의해 상기 시편(20)에 X, Y 및 Z축 방향으로 가해지는 구속압은 최대 100MPa까지 가압될 수 있다.
- [127] 한편, 상기 파쇄유체주입부(230)는 파쇄유체인 가스를 상기 본체부(210)에 공급하는 것으로, 상기 파쇄유체주입부(230)는 정밀펌프(232), 가스탱크(234) 및 어큐플레이터(236)를 구비한다.
- [128] 상기 어큐플레이터(236)의 상부는 가압유체 공급라인(233)에 의해 상기 정밀펌프(232)와 직결되며, 하부는 가스공급라인(235)에 의해 상기 가스를 수용하는 가스탱크(234)와 직결된다.
- [129] 상기 어큐플레이터(236)는 본 발명의 제1 실시예에서 사용되는 상기 어큐플레이터(136)와 동일한 구성을 가지는 것으로, 상술한 바와 같이 내부가 중공된 하우징(236-1) 상단 및 하단에 각각 하우징커버(236-4)가 설치되어 내부를 밀폐시키고, 내측에는 피스톤링(236-2)이 삽입 설치되어 상기 가압유체가 주입되는 상부공간(236-1a)과 상기 가스가 주입되는 하부공간(236-1b)을 형성하며, 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링(236-2)이 하방으로 이동함으로써, 상기 가스가 상기 어큐플레이터(236)에서 토출된다.
- [130] 즉, 상기 유체탱크(231)에 수용된 가압유체는 상기 정밀펌프(232)에 의해 상기

어큐플레이터(236)로 공급되며, 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 어큐플레이터(236)로부터 토출된 상기 가스는 파쇄유체 공급라인(237)을 통해 상기 본체부(210)로 공급된 후, 상기 시편(20) 상면에서 하방으로 파쇄공(22) 내에 주입되어 상기 가스의 압력에 의해 상기 파쇄공(12) 벽면의 파쇄가 이루어진다.

- [131] 또한, 상기 파쇄유체주입부(230)는 상기 어큐플레이터(236) 후단에 항온수조(238)를 더 포함할 수 있으며, 상기 항온수조(238)는 상기 어큐플레이터(236)에서 토출되어 상기 본체부(210)로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키는 역할을 한다. 이와 더불어, 상기 파쇄유체 공급라인(237) 상에는 차압트랜스듀서가 설치될 수 있다.
- [132] 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 본체부의 하부지지부재 및 수평지지부재를 도시한 사시도이며, 도 10은 본 발명의 제2 실시예에 따른 본체부의 상부덮개부재 및 인젝터를 도시한 단면도이다.
- [133] 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 본체부(210)는 평판형상을 갖는 하부지지부재(212)와, 횡단면이 Γ 자 형상을 가지며 상기 하부지지부재(212) 상면에서 설치되는 수평지지부재(214)를 구비하되, 상기 하부지지부재(212) 및 상기 수평지지부재(214)의 결합으로 내측에 상기 공간부(216)가 형성된다.
- [134] 상기 시편(20)은 상기 공간부(216) 내에 수용되며, 상기 하부지지부재(212)가 상기 시편(20) 하측에 위치되어 제1 유압실린더(222)에 의해 수직방향으로 가압되는 시편(20)을 지지하는 반면, 상기 수평지지부재(214)는 상기 제2 유압실린더(224) 및 제3 유압실린더(224)에 의해 가압되는 면과 각각 대향되는 면에 밀착되어 상기 시편(20)을 수평방향으로 지지한다.
- [135] 이와 더불어 상기 본체부(210)는 도 10에 도시된 바와 같이, 육면체형상을 갖는 상부덮개부재(218)를 구비하여, 상기 시편(20) 상면에 위치하여 상기 공간부(216) 상면을 폐쇄하도록 한다.
- [136] 상기 상부덮개부재(218)는 일측면에서 수평방향으로 관통하며 제1 파쇄유체유로(218-1)가 형성되고, 상기 제1 파쇄유체유로(218-1)의 일측에서 하방으로 분기된 삽입홈(218-2)이 형성되며, 상기 삽입홈(218-2)에는 상기 시편(20)의 파쇄공(22) 내에 삽입되는 원기둥 형상의 인젝터(219) 일단이 끼움결합된다.
- [137] 상기 인젝터(219)는 상면에서 하방으로 함입되며 상기 제1 파쇄유체유로(218-1)와 연통되는 제2 파쇄유체유로(219-1)와, 외주면에는 상기 제2 파쇄유체유로(219-1)와 연통되는 분사공(219-2)이 형성된다.
- [138] 따라서, 상기 파쇄유체 공급라인(237)은 상기 제1 파쇄유체유로(218-1)와 연통되도록 상기 상부덮개부재(218)와 연결되며, 상기 어큐플레이터(236)로부터 토출되는 가스는 상기 제1 파쇄유체유로(218-1) 및 제2 파쇄유체유로(219-1)로 공급되어 상기 분사공(219-2)을 통해 상기 파쇄공(12) 벽면을 향해 분사된다.
- [139] 이때, 상기 분사공(219-2)의 단면 형상은 원형 혹은 상하방향으로 장축을 갖는

타원형일 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니다.

[140] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 제1 유압실린더에 설치된 로드플레이트 단면도이다.

[141] 상기 구속압발생부(220)에 구비된 상기 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)는 동일한 형상을 가지며, 도 10에 도시된 바와 같이, 구상의 구면좌(223-2, 225-2, 227-2)의 외면을 따라 움직이는 로드플레이트(223, 225, 227)가 각각 설치된다.

[142] 상기 로드플레이트(223, 225, 227)는 일면에 반구형상의 함입된 구면결합부(223-1, 225-1, 227-1)가 형성되며, 상기 구면결합부에 상기 구면좌(223-2, 225-2, 227-2) 안착되어 상기 로드플레이트(223, 225, 227)의 타면에 밀착되는 상기 시편(20)의 외면이 이웃하는 면들과 직각을 이루지 않아도 상기 로드플레이트(223, 225, 227)가 상기 구면좌(223-2, 225-2, 227-2)의 구면을 따라 움직이도록 설계되어 상기 시편(20)에 대하여 균일한 구속압을 가할 수 있다.

[143] 도 12는 본 발명의 제2 실시예에 따른 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법을 나타낸 순서도이다.

[144] 도 12에 도시된 바와 같이, 상기 시편(20)에 투과도 증대를 위한 가스파쇄를 수행하기에 앞서, 현장에서 채취한 암석 시료를 육면체형상으로 가공하여 상기 시편(20)을 제작하고, 상면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 파쇄공(22)을 형성하는 시편준비단계(S210)를 거치게 된다. 이때, 상기 파쇄공(22)은 상기 시편(20)의 높이의 1/2에 해당하는 지점까지 천공되는 것이 바람직하나, 이에 한정하는 것은 아니다.

[145] 상기 파쇄공(22)이 형성된 상기 시편(20)은 본체부(210) 내부에 안착시켜 고정하되(S220), 상기 본체부(210) 내측에 형성된 공간부(216)에 상기 육면체형상의 시편(20)을 안착시킨 후, 인젝터(219)가 설치된 상기 상부덮개부재(218)를 상기 시편(20) 상면에 위치시키되, 상기 인젝터(219)는 상기 시편(20) 상면에 형성된 파쇄공(22) 내부에 삽입하는 것이 바람직하다.

[146] 시편고정단계(S220) 이후, 구속압발생부(220)에 의해 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 수직방향 및 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공한다(S230).

[147] 보다 바람직하게는 상기 구속압발생부(220)에 구비된 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)를 이용하되, 상기 제1 유압실린더(222)의 로드플레이트(223)를 상기 시편(20)의 상면에 설치된 상기 상부덮개부재(218) 상면에 밀착시키고, 상기 제2 유압실린더(224)의 로드플레이트(225)를 상기 시편(20)의 수평방향 일면에 밀착시키며, 상기 제3 유압실린더(224)의 로드플레이트(227)를 상기 시편(20)의 수평방향 일면과 이웃하는 타면에 밀착시켜 동시에 각 유압실린더(222, 224, 226)의 전방으로 가압하여 구속압을 제공한다.

[148] 상기 시편 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사한 구속압이

가해지면, 파쇄유체주입부(230)에 설치된 어큐물레이터(236) 내측 하부공간(236-1b)에 파쇄유체인 가스를 공급하고, 정밀펌프(232)를 이용하여 상기 어큐물레이터(236) 내측 상부공간(236-1a)에 소정의 압력으로 가압유체를 공급하여 피스톤링(236-2)을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부(210)로 가스를 공급하는 파쇄유체공급단계(S240)를 거치게 된다.

- [149] 상기 파쇄유체공급단계(S240)를 통해 상기 본체부(210)로 공급된 상기 가스는 상기 시편의 파쇄공(22) 내벽에서부터 가스파쇄가 이루어진다(S250).
- [150] 가스파쇄단계(S250)가 완료된 이후, 상기 시편(20)을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 파쇄 이후의 시편(20)에 대하여 투과도 값을 산출하는 투과도 산출단계(S260)를 더 포함할 수 있으며, 상기 투과도 값은 다시의 법칙(Darcy's law)를 이용하여 구할 수 있다.
- [151] 본 발명에서 파쇄유체로 사용되는 상기 가스는 31.1°C, 1100psi의 초임계 상태의 이산화탄소(CO₂)인 것이 바람직하나, 이에 한정하는 것은 아니며, 필요에 따라 상기 가스에 균열지지제(Proppant)를 혼합하여 사용할 수도 있다.
- [152] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해되어야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 원통형 압편 시편(10)의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 가스파쇄가 가능한 장치에 있어서,
 내측에 상기 시편(10)의 수용이 가능하도록 길이방향으로 중공된 원통형의 삼축압력셀(112)을 구비하고, 상기 시편(10)에 대하여 현장(In-situ) 온도 조건을 구현하는 본체부(110);
 상기 시편(10) 외면에 대하여 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 구속압이 가해지도록 상기 삼축압력셀(112) 내부에 구속압유체를 주입하는 구속압발생부(120); 및
 파쇄유체인 가스를 상기 본체부(110)에 공급하여 상기 시편(10) 길이방향 일면에 천공된 파쇄공(12)에 주입하는 파쇄유체주입부(130);를 포함하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,
 상기 본체부(110)는,
 상기 삼축압력셀(112) 외측에 설치되며, 내부에 현장(In-situ) 온도 조건과 동일 혹은 유사한 온도의 전열유체를 수용하는 원통형의 서클레이터 커버와,
 중심축 상에 중공되어 파쇄유체가 주입되는 파쇄유체 주입공(117)이 형성되며, 상기 삼축압력셀(112) 일측에 삽입되어 하면이 상기 시편(10) 길이방향 일면과 밀착되어 상기 구속압유체의 압력에 의해 상기 시편(10)을 길이방향으로 가압하는 원통형의 제1 엔드피스(116)와,
 중심축 상에 중공되어 상기 시편이 파쇄된 이후 파쇄유체가 배출되는 파쇄유체 배출공(119)이 형성되며, 상기 삼축압력셀(112) 타측에 삽입되어 하면이 상기 시편(10) 길이방향 타면과 밀착되어 상기 제1 엔드피스(116)에 의해 가압되는 상기 시편(10)을 지지하는 원통형의 제2 엔드피스(118)와,
 상기 삼축압력셀(112) 양단에 결합되어 상기 삼축압력셀(112) 내부를 기밀상태로 유지하는 커버(111)를 구비하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서,
 상기 삼축압력셀(112)은,
 외주면에서 내주면까지 관통형성되어 상기 구속압유체가 주입되는 구속압유체 주입공(113-1, 113-2)과,
 외주면에 수직방향으로 관통형성되어 상기 제1 엔드피스(116) 삽입이 용이하도록 상기 삼축압력셀(112) 내부의 공기를 배출시키는 에어벤트홀(113-3)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

- [청구항 4] 제 1항 및 제 3항에 있어서,
 상기 구속압발생부(120)는,
 상기 구속압유체를 저장하는 유체탱크(122)와 상기 삼축압력셀(112) 내부에 구속압유체를 주입하는 유체주입펌프(124)를 구비하며,
 상기 유체탱크(122)와 상기 유체주입펌프(124)는 제1 구속압유체 공급라인(123)에 의해 연결되며,
 상기 유체주입펌프(124)는 제2 구속압유체 공급라인(125)에 의해 상기 삼축압력셀(112)의 상기 구속압유체 주입공(113-1)과 연결되는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.
- [청구항 5] 제 1항에 있어서,
 상기 파쇄유체주입부(130)는,
 내부가 중공된 원통형의 하우징(136-1)과, 상기 하우징(136-1) 내부에 삽입 설치되어 상부공간(136-1a)과 하부공간(136-1b)을 구분하는 피스톤링(136-2)을 구비하는 어큐플레이터(136)가 설치되며,
 상기 하부공간(136-1b)에는 상기 가스가 주입되고, 상기 상부공간(136-1a)에는 정밀펌프(132)에 의해 가압유체가 주입되어 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링(136-2)이 하방으로 이동함으로써 상기 가스가 상기 본체부(110)로 공급되는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.
- [청구항 6] 제 5항에 있어서,
 상기 파쇄유체주입부(130)는,
 상기 어큐플레이터(136) 후단에 상기 본체부(110)로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키는 항온수조(138)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.
- [청구항 7] 제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 시편(10) 일면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 상기 파쇄공(12)을 형성하는 시편준비단계(S110);
 상기 본체부(110)에 구비된 상기 삼축압력셀(112) 내부에 상기 시편(10)을 삽입하고, 상기 파쇄공(12)이 형성된 상기 시편(10) 길이방향 일면에 밀착되도록 상기 제1 엔드피스(116)를 삽입한 이후, 상기 시편(10) 길이방향 타면에 밀착되도록 상기 제2 엔드피스(118)를 삽입 시편고정단계(S120);
 상기 구속압발생부(120)에 설치된 상기 유체주입펌프(124)에 의해 상기 유체탱크(122)에 저장된 상기 구속압유체가 상기 삼축압력셀(112) 내부로 공급되어 상기 시편(10) 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 구속압을 제공하는 구속압제공단계(S130);
 상기 파쇄유체주입부(130)에 설치된 상기 어큐플레이터(136) 내측 하부공간에 파쇄유체인 가스를 공급하고, 상기 정밀펌프(132)를

이용하여 상기 어큐플레이터(136) 내측 상부공간에 소정의 압력으로 가압유체를 공급하여 상기 피스톤링(136-2)을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부(110)로 가스를 공급하는 파쇄유체공급단계(S140); 및 상기 본체부(110)로 공급된 상기 가스에 의해 상기 시편(10)의 상기 파쇄공(12) 내벽에서부터 파쇄가 이루어지는 가스파쇄단계(S150);를 포함하는 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법.

[청구항 8] 제 7항에 있어서,
상기 가스파쇄단계(S150)가 완료된 이후, 상기 시편(10)을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 파쇄 이후의 시편(10)에 대한 투과도 값을 산출하는 투과도산출단계(S60);를 더 포함하는 것 특징으로 하는 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법.

[청구항 9] 육면체형상의 암석 시편(20)의 투과도 증진을 위해 가스를 이용하여 가스파쇄가 가능한 장치에 있어서,
내측에 공간부(216)가 형성되어 수직방향 및 수평방향으로 가압되는 육면체형상의 시편(20)을 수용하며, 상기 시편(20)의 가압면에 반대되는 면을 지지하는 본체부(210);
제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)를 구비하여 상기 시편(20) 외면에 대하여 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 구현된 수직방향 및 수평방향의 구속압을 가하는 구속압발생부(220); 및
파쇄유체인 가스를 상기 본체부(210)에 공급하여 상기 시편(20) 상면에서 하방으로 천공된 파쇄공(12)에 주입하는 파쇄유체주입부(230);를 포함하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 10] 제 9항에 있어서,
상기 본체부(210)는,
상기 시편(20) 하측에 위치하며 평판형상을 갖는 하부지지부재(212)와, 횡단면이 ㄱ자 형상을 가지며 상기 하부지지부재(212) 상면에서 설치되는 수평지지부재(214)를 구비하되, 상기 하부지지부재(212) 및 상기 수평지지부재(214)의 결합으로 내측에 상기 공간부(216)가 형성되며,
상기 시편(20) 상면에 위치하여 상기 공간부(216) 상면을 폐쇄하며, 육면체형상을 갖는 상부덮개부재(218)를 포함하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 11] 제 10항에 있어서,
상기 상부덮개부재(218)는,
일측면에서 수평방향으로 관통하며 제1 파쇄유체유로(218-1)가 형성되고, 상기 제1 파쇄유체유로(218-1)의 일측에서 하방으로 분기된 삽입홈(218-2)이 형성되며,
상기 삽입홈(218-2)에는 상기 시편(20)의 파쇄공(22) 내에 삽입되는

원기동 형상의 인젝터(219) 일단이 끼움결합되되, 상기 인젝터(219)는 상면에서 하방으로 함입되며 상기 제1 파쇄유체유로(218-1)와 연통되는 제2 파쇄유체유로(219-1)와, 외주면에는 상기 제2 파쇄유체유로(219-1)와 연통되는 분사공(219-2)이 형성되는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 12] 제 9항에 있어서,
상기 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)에는,
상기 시편(20) 외면에 밀착되도록 구상의 구면좌의 외면을 따라 움직이는 로드플레이트(223, 225, 227)가 각각 설치되되,
상기 제1 유압실린더(222)의 상기 로드플레이트(223)는 상기 시편(20)의 상면을 가압하여 수직방향으로 작용하는 구속압을 제공하며,
상기 제2 유압실린더(224)의 상기 로드플레이트(225)는 상기 시편(20)의 수평방향 일면을 가압하고, 상기 제3 유압실린더(224)의 상기 로드플레이트(227)는 상기 시편(20)의 수평방향 일면과 이웃하는 타면을 가압하여 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 13] 제 9항에 있어서,
상기 파쇄유체주입부(230)는,
내부가 중공된 원통형의 하우징(236-1)과, 상기 하우징(236-1) 내부에 삽입 설치되어 상부공간과 하부공간을 구분하는 피스톤링(236-2)을 구비하는 어큐플레이터(236)가 설치되되,
상기 하부공간(236-1b)에는 상기 가스가 주입되고, 상기 상부공간(236-1a)에는 정밀펌프(232)에 의해 가압유체가 주입되어 상기 가압유체의 유압에 의해 상기 피스톤링(236-2)이 하방으로 이동함으로써 상기 가스가 상기 본체부(200)로 공급되는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 14] 제 13항에 있어서,
상기 파쇄유체주입부(230)는,
상기 어큐플레이터(236) 후단에 상기 본체부(200)로 공급되는 상기 가스를 일정 온도로 유지시키도록 항온수조(238)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 암석의 투과도 증진을 위한 가스파쇄 장치.

[청구항 15] 제 9항 내지 제 14항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 시편(20) 상면에서부터 소정의 깊이만큼 천공하여 상기 파쇄공(22)을 형성하는 시편준비단계(S210);
상기 본체부(210) 내측에 형성된 상기 공간부(216)에 상기 시편(20)을 안착시킨 후, 상기 인젝터가 설치된 상기 상부덮개부재(218)를 상기 시편(20) 상면에 위치시키되, 상기 인젝터(219)는 상기 시편(20) 상면에 형성된 상기 파쇄공(22) 내부에 삽입하는 시편고정단계(S220);

상기 구속압발생부(220)에 구비된 상기 제1 내지 제3 유압실린더(222, 224, 226)를 이용하여 상기 시편(20) 외면에 현장(In-situ) 응력 조건과 동일 혹은 유사하게 수직방향 및 수평방향으로 작용하는 구속압을 제공하는 구속압제공단계(S230);

상기 파쇄유체주입부(230)에 설치된 어큐플레이터(236) 내측 하부공간(136-1b)에 파쇄유체인 상기 가스를 공급하고, 상기 정밀펌프(232)를 이용하여 상기 어큐플레이터(236) 내측 상부공간(136-1a)에 소정의 압력으로 상기 가압유체를 공급하여 상기 피스톤링(236-2)을 하방으로 이동시킴으로써 상기 본체부(210)로 상기 가스를 공급하는 파쇄유체공급단계(S240); 및

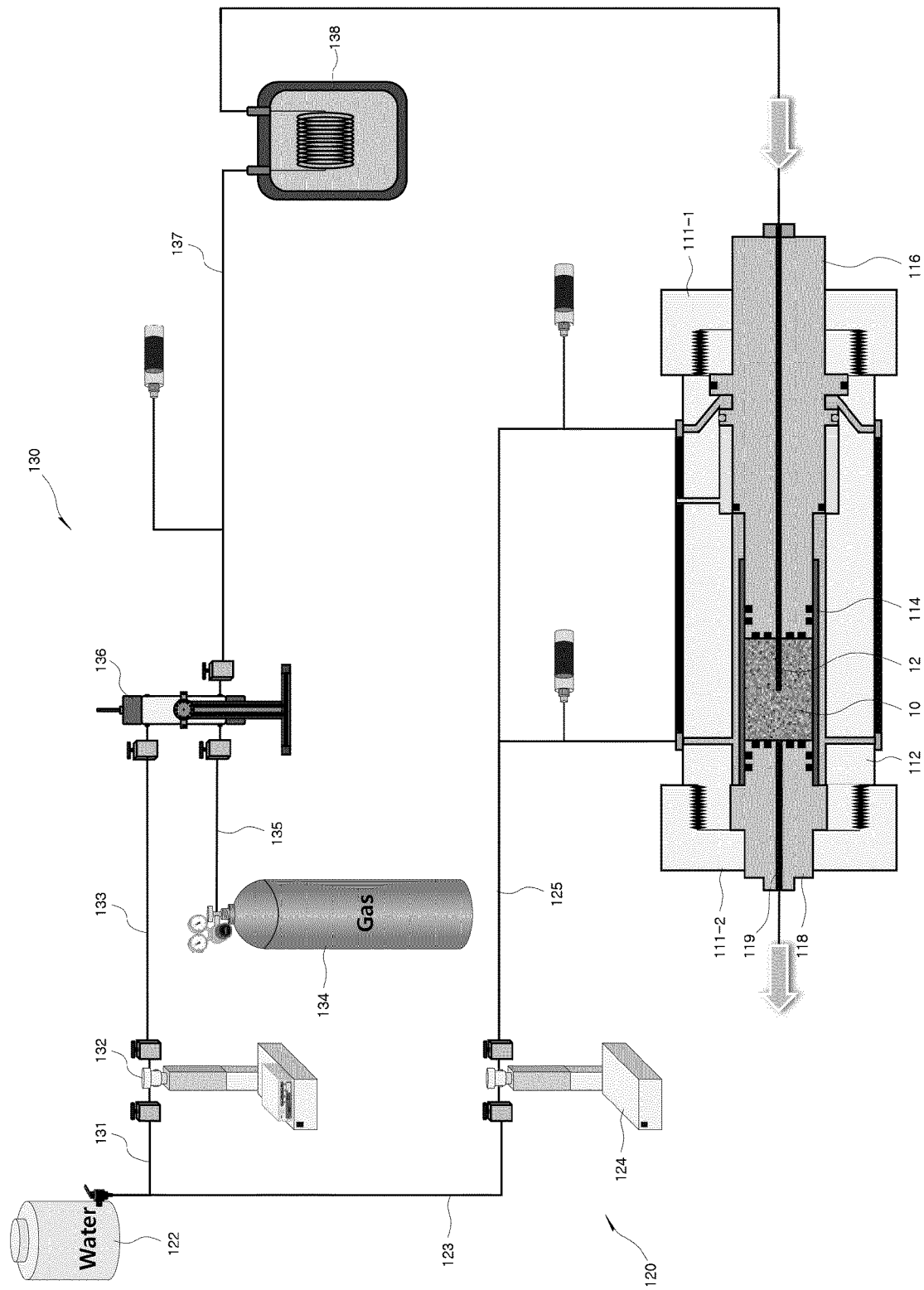
상기 본체부(210)로 공급된 상기 가스에 의해 상기 시편(20)의 상기 파쇄공(22) 내벽에서부터 파쇄가 이루어지는 가스파쇄단계(S250);를 포함하는 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법.

[청구항 16]

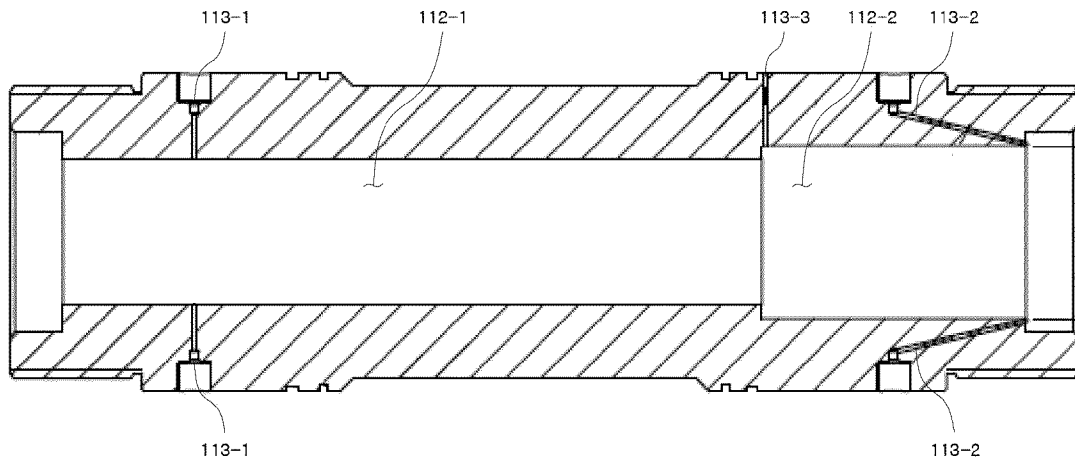
제 15항에 있어서,

상기 가스파쇄단계(S250)가 완료된 이후, 상기 시편(20)을 통과하는 가스의 유량과 압력 변화량 값을 취득하여 파쇄 이후의 시편(20)에 대한 투과도 값을 산출하는 투과도산출단계(S260);를 더 포함하는 것 특징으로 하는 가스파쇄 장치를 이용한 암석 투과도 증진 평가 방법.

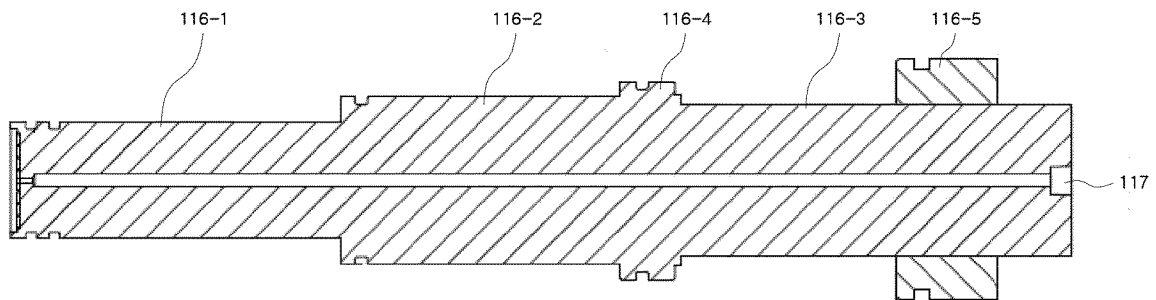
[도 1]



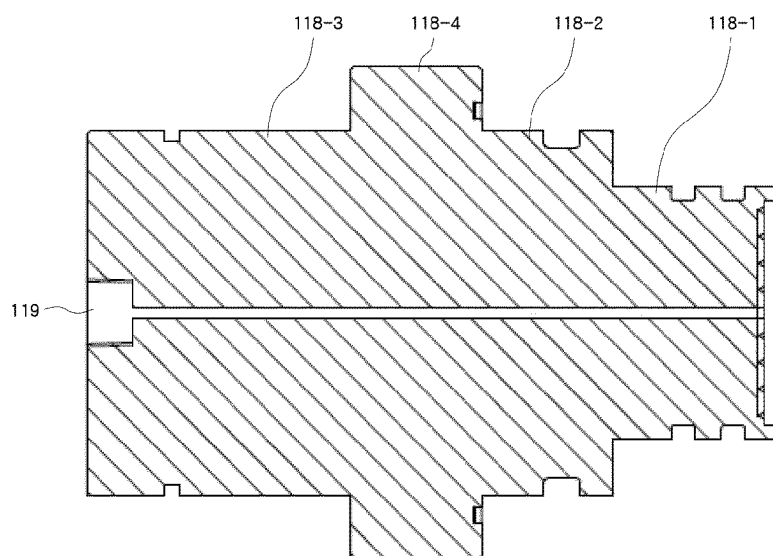
[도2]

112

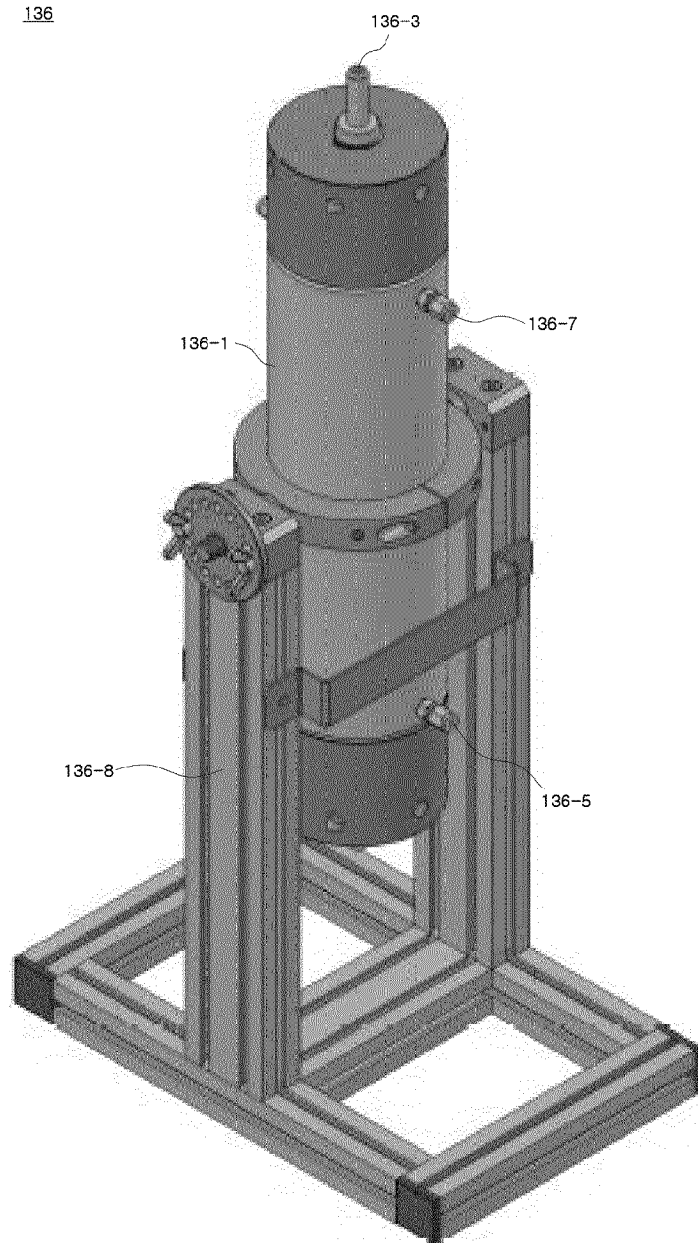
[도3]

116

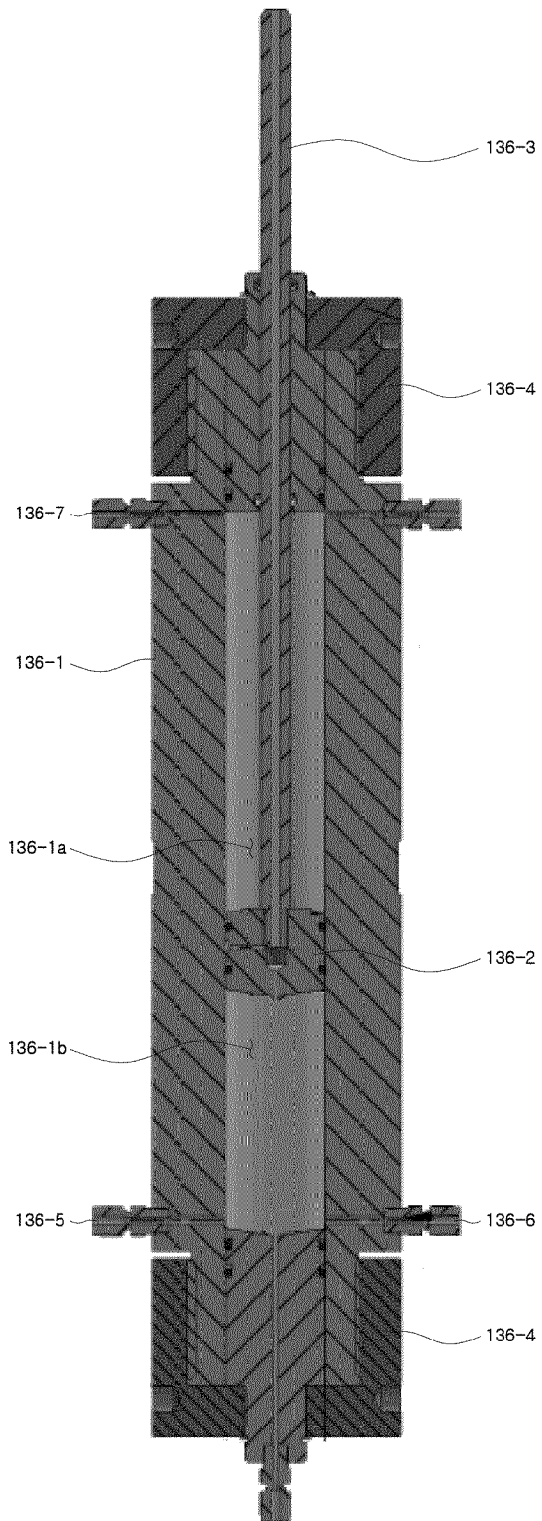
[도4]

118

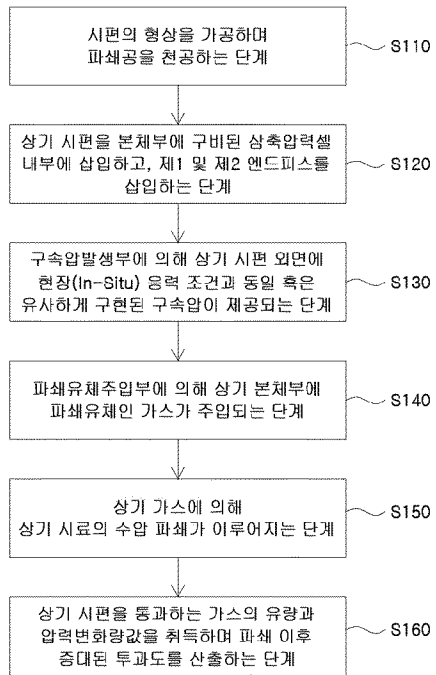
[도5]

136

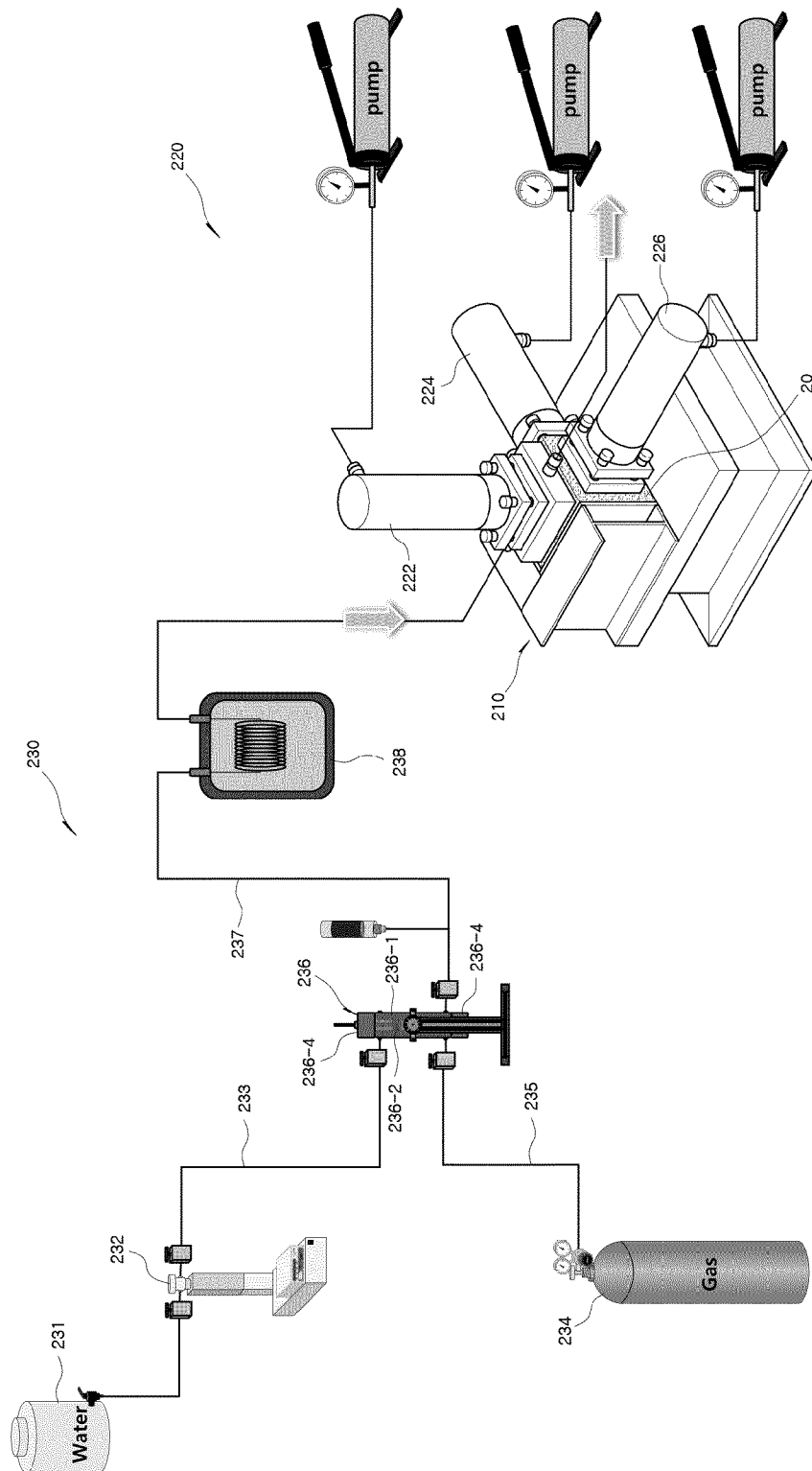
[도6]



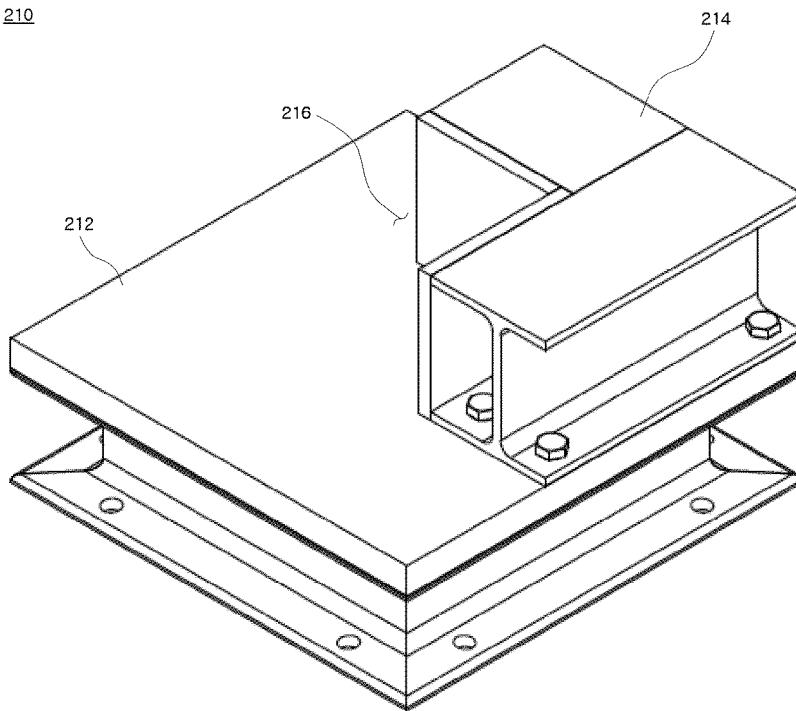
[도7]



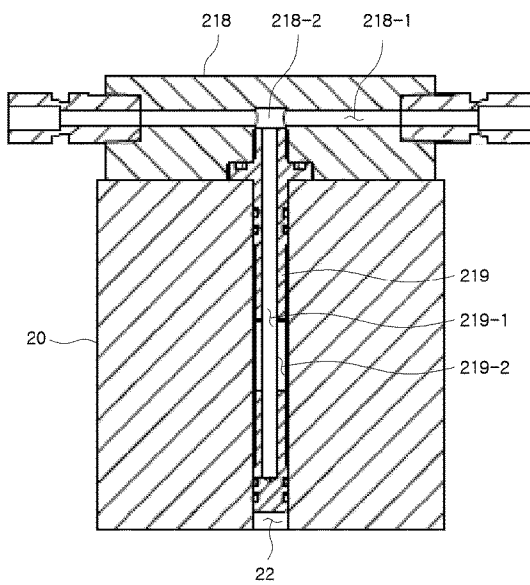
[도8]



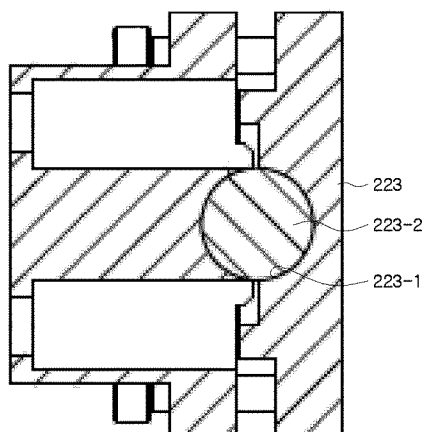
[도9]

210

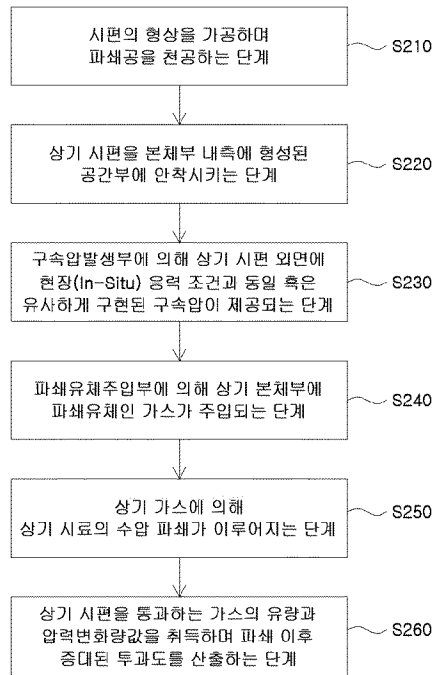
[도10]



[도11]



[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/011714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 15/08(2006.01)i, G01N 1/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 15/08; E21B 49/00; E21B 7/00; F04B 23/04; F04B 9/105; G01N 15/00; G01N 3/08; G01N 3/12; G01N 1/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: rock, specimen, gas, crushing, temperature, pressure cell, confined pressure, crushing hole, permeability

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1683619 B1 (KOREA INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING AND BUILDING TECHNOLOGY) 07 December 2016 See claim 1; and figures 1-10.	1-3,5,6
A		9-14
Y	KR 10-1800383 B1 (DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION) 23 November 2017 See claim 1; and figures 1, 2.	1-3,5,6
Y	KR 10-2012-0102904 A (LEE, Joon Hyoung) 19 September 2012 See claim 1; and figures 2a, 2b.	5,6
A	KR 10-1814019 B1 (KOREA INSTITUTE OF CIVIL ENGINEERING AND BUILDING TECHNOLOGY) 30 January 2018 See claim 1; and figures 1-10.	1-3,5,6,9-14
A	KR 10-2017-0129341 A (DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION) 27 November 2017 See claim 1; and figure 1.	1-3,5,6,9-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 JUNE 2019 (11.06.2019)

Date of mailing of the international search report

11 JUNE 2019 (11.06.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/011714

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 7-8, 15-16
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
Claims 7-8 refer to claim 4 which does not meet the requirement of PCT Rule 6.4(a).
Claims 1-6 and 9-14 pertain to a gas crushing device, and claims 7-8 and 15-16, which are directly or indirectly dependent on claims 1-6 and 9-14, pertain to a method for evaluating rock permeability enhancement. Therefore, the matter for which protection is sought in claims 7-8 and 15-16 is unclear.

3. ☒ Claims Nos.: 4
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/011714

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1683619 B1	07/12/2016	None	
KR 10-1800383 B1	23/11/2017	None	
KR 10-2012-0102904 A	19/09/2012	None	
KR 10-1814019 B1	30/01/2018	None	
KR 10-2017-0129341 A	27/11/2017	None	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01N 15/08(2006.01)i, G01N 1/28(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01N 15/08; E21B 49/00; E21B 7/00; F04B 23/04; F04B 9/105; G01N 15/00; G01N 3/08; G01N 3/12; G01N 1/28

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 암석, 시편, 가스, 파쇄, 온도, 압력셀, 구속압, 파쇄공, 투과도

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1683619 B1 (한국건설기술연구원) 2016.12.07 청구항 1; 및 도면 1-10 참조.	1-3,5,6
A		9-14
Y	KR 10-1800383 B1 (동아대학교 산학협력단) 2017.11.23 청구항 1; 및 도면 1, 2 참조.	1-3,5,6
Y	KR 10-2012-0102904 A (이준형) 2012.09.19 청구항 1; 및 도면 2a, 2b 참조.	5,6
A	KR 10-1814019 B1 (한국건설기술연구원) 2018.01.30 청구항 1; 및 도면 1-10 참조.	1-3,5,6,9-14
A	KR 10-2017-0129341 A (동아대학교 산학협력단) 2017.11.27 청구항 1; 및 도면 1 참조.	1-3,5,6,9-14

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 06월 11일 (11.06.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 06월 11일 (11.06.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

한인호

전화번호 +82-42-481-3362



제2기재란 일부 청구항을 조사할 수 없는 경우의 의견(첫 번째 용지의 2의 계속)

PCT 제17조(2)(a)의 규정에 따라 다음과 같은 이유로 일부 청구항에 대하여 본 국제조사보고서가 작성되지 아니하였습니다.

1. ☐ 청구항:
이 청구항은 본 기관이 조사할 필요가 없는 대상에 관련됩니다. 즉,
2. ☒ 청구항: 7-8, 15-16
이 청구항은 유효한 국제조사를 수행할 수 없을 정도로 소정의 요건을 충족하지 아니하는 국제출원의 부분과 관련됩니다. 구체적으로는,
청구항 7-8은 PCT 규칙 제 6.4조(a)의 규정을 충족시키지 않는 청구항 4를 인용하고 있습니다.
청구항 1-6 및 9-14는 가스파쇄 장치에 관한 것이고, 청구항 1-6 및 9-14의 직간접적인 종속항인 청구항 7-8 및 15-16은 압식 투과도 증진 평가 방법에 관한 것입니다. 따라서 청구항 7-8, 15-16은 보호를 받고자 하는 사항이 무엇인지 명확하지 않습니다.
3. ☒ 청구항: 4
이 청구항은 종속청구항이나 PCT규칙 6.4(a)의 두 번째 및 세 번째 문장의 규정에 따라 작성되어 있지 않습니다.

제3기재란 발명의 단일성이 결여된 경우의 의견(첫 번째 용지의 3의 계속)

본 국제조사기관은 본 국제출원에 다음과 같이 다수의 발명이 있다고 봅니다.

1. ☐ 출원인이 모든 추가수수료를 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 모든 조사 가능한 청구항을 대상으로 합니다.
2. ☐ 추가수수료 납부를 요구하지 않고도 모든 조사 가능한 청구항을 조사할 수 있었으므로, 본 기관은 추가수수료 납부를 요구하지 아니하였습니다.
3. ☐ 출원인이 추가수수료의 일부만을 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 수수료가 납부된 청구항만을 대상으로 합니다. 구체적인 청구항은 아래와 같습니다.
4. ☐ 출원인이 기간 내에 추가수수료를 납부하지 아니하였습니다. 따라서 본 국제조사보고서는 청구범위에 처음 기재된 발명에 한정되어 있으며, 해당 청구항은 아래와 같습니다.

이의신청에
관한 기재

- ☐ 출원인의 이의신청 및 이의신청료 납부(해당하는 경우)와 함께 추가수수료가 납부되었습니다.
- ☐ 출원인의 이의신청과 함께 추가수수료가 납부되었으나 이의신청료가 보정요구서에 명시된 기간 내에 납부되지 아니하였습니다.
- ☐ 이의신청 없이 추가수수료가 납부되었습니다.

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1683619 B1	2016/12/07	없음	
KR 10-1800383 B1	2017/11/23	없음	
KR 10-2012-0102904 A	2012/09/19	없음	
KR 10-1814019 B1	2018/01/30	없음	
KR 10-2017-0129341 A	2017/11/27	없음	