



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월23일
 (11) 등록번호 10-1410574
 (24) 등록일자 2014년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E21B 7/24 (2006.01) *E21B 10/36* (2006.01)
E21B 44/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-7000427
 (22) 출원일자(국제) 2009년06월11일
 심사청구일자 2012년04월25일
 (85) 번역문제출일자 2009년01월08일
 (65) 공개번호 10-2009-0024787
 (43) 공개일자 2009년03월09일
 (86) 국제출원번호 PCT/GB2007/002140
 (87) 국제공개번호 WO 2007/141550
 국제공개일자 2007년12월13일
 (30) 우선권주장
 0611559.6 2006년06월09일 영국(GB)
 0708193.8 2007년04월26일 영국(GB)
 (56) 선행기술조사문헌
 GB2345931 A
 US03990522 A
 US20020102685 A1
 WO2001034574 A1

(73) 특허권자
 유니버시티 코트 오브 더 유니버시티 오브 애버딘
 영국 애버딘 에이비24 3에프엑스 킹스 칼리지 유니버시티 오피스 리서치 앤 이노베이션
 (72) 발명자
 비르쎌그로치, 매리언
 영국 애버딘 에이비24 3에프엑스 킹스 칼리지 유니버시티 오브 애버딘, 칼리지 오브 피지컬 사이언스즈
 (74) 대리인
 나승택, 조영현

전체 청구항 수 : 총 19 항

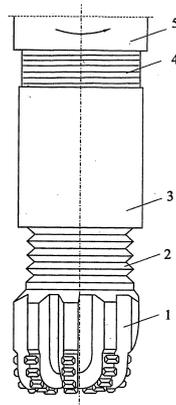
심사관 : 김우철

(54) 발명의 명칭 공진이 향상된 드릴링 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 드릴링 장치에 관한 것으로, 회전하면서 그리고 고주파수로 진동하면서 작동할 수 있는 드릴 비트(drill-bit)(1)와, 상기 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 제어하기 위한 제어 수단을 포함하고, 상기 제어 수단은 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 조건들에 대해 반응한다. 상기 제어 수단은 다운홀(downhole) 위치에서 사용되도록 마련되고, 상기 다운홀에서 물질의 특성들을 측정하기 위한 센서들을 포함함으로써, 상기 장치는 페루프의 실시간 제어 하에서 다운홀에서 작동될 수 있다. 상기 장치는 드릴 비트와 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여, 드릴 비트에 있어서 적절한 작동 매개변수들을 결정할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

드릴링 장치를 이용하는 드릴 비트(drill-bit) 제어 방법으로서,

상기 드릴링 장치는, 진동하면서 그리고 회전하면서 작동할 수 있는 드릴 비트와, 상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하기 위한 제어 수단을 포함하고, 상기 제어 수단은 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 상태에 대해 반응하고, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여 상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하며,

상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여, 아래의 단계들에 의해 상기 드릴 비트의 작동 매개변수들을 결정하는 단계를 더 포함하는 드릴 비트 제어 방법,

- A) 드릴링되는 물질과 공진 및 상호작용할 때 상기 드릴 비트의 진폭의 한계를 결정하는 단계;
- B) 상기 드릴 비트를 작동하기 위한 공진 조건이 되는 주파수의 범위를 추정하는 단계;
- C) 공진 곡선의 형상을 추정하는 단계;
- D) 상기 공진 곡선상에서 최대 진폭 주파수인 최대 주파수 미만인 지점에서 드릴링되는 물질의 변화를 고려하여 상기 최대 주파수에 안전 계수를 적용함으로써 상기 공진 곡선상에서 최적 공진 주파수를 선택하는 단계; 및
- E) 상기 최적 공진 주파수를 기반으로 하여 상기 드릴 비트를 구동하는 단계.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 드릴 비트는 상기 물질에 충격을 가하도록 구성되어 제1세트의 매크로 크랙(macro-crack)을 생성하며, 이후 상기 드릴 비트는 회전하고 상기 물질에 한번 더 충격을 가하여 다른 세트의 매크로 크랙을 생성하며, 생성된 매크로 크랙들이 서로 연결되도록 상기 드릴 비트의 회전 운동 및 진동 운동이 동시에 일어나서, 상기 드릴 비트 전방에 국부적인 동적 크랙 전파 영역이 형성되는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 드릴 비트 제어방법은 암석 형태물을 드릴링하는 분야에 사용되고, 형성된 매크로 크랙들은 10 mm 까지의 길이를 가지는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 드릴 비트에는 1 kHz 까지의 고주파수의 진동이 적용되는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 드릴 비트는 200 rpm 까지 회전하도록 구동되는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 조정 수단은, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 유지하도록 상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 동적 크랙 전파 영역은, 상기 드릴 비트의 외곽 가장자리로부터 상기 드릴 비트의 지름의 20분의 1 이하만큼, 방사 방향의 바깥쪽으로 확대되는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 8

제3항에 있어서,

드릴링되는 절단 크기는 10 mm 까지인 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 9

제3항에 있어서,

천층 가스(shallow gas), 취약대(weak zone) 및 파쇄된 고압력 영역의 드릴링 응용 중 적어도 하나에 이용되는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 제어방법.

청구항 10

회전하면서 그리고 고주파수로 진동하면서 작동할 수 있는 드릴 비트(drill-bit); 및

상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하기 위한 제어 수단;을 포함하는 드릴링 장치로서,

상기 제어 수단은 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 상태에 대해 반응하고,

상기 제어 수단은 다운홀(downhole) 위치에서 사용되도록 마련되고, 상기 다운홀에서 물질의 특성들을 측정하기 위한 센서들을 포함하며, 그럼으로써 상기 드릴링 장치는 페루프의 실시간 제어 하에서 다운홀에서 작동될 수 있으며,

상기 드릴링 장치는,

드릴링되는 물질과 공진 및 상호작용할 때 상기 드릴 비트의 진폭의 한계를 결정하는 수단;

상기 드릴 비트를 작동하기 위한 공진 조건이 되는 주파수의 범위를 추정하는 수단;

공진 곡선상에서 최대 진폭 주파수인 최대 주파수 미만인 지점에서 드릴링되는 물질의 변화를 고려하여 상기 최대 주파수에 안전 계수를 적용함으로써 상기 공진 곡선상에서 최적 공진 주파수를 선택하는 수단; 및

상기 최적 공진 주파수를 기반으로 하여 상기 드릴 비트를 구동하는 수단;을 더 포함하는 드릴링 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어 수단은 상기 물질에 충격을 가하도록 상기 드릴 비트를 제어하여 제1세트의 매크로 크랙(macro-crack)을 생성하며,

상기 제어 수단은 상기 드릴 비트가 회전하도록 그리고 상기 물질에 충격을 가하도록 상기 드릴 비트를 한번 더 제어하여 다른 세트의 매크로 크랙을 생성하며,

상기 제어 수단은 생성된 매크로 크랙들이 서로 연결되도록 상기 드릴 비트의 회전 운동 및 진동 운동이 동시에 일어나게 하여, 상기 드릴 비트 전방에 국부적인 동적 크랙 전파 영역을 형성하는 것을 특징으로 하는 드릴링 장치.

청구항 12

제10항 또는 제11항의 드릴링 장치를 이용하는 드릴 비트 어셈블리로서,

드릴 파이프와 드릴 칼라(drill collar)들을 가지는 드릴 스트링(drill-string);

고주파수로 진동하면서 그리고 회전하면서 작동할 수 있는 드릴 비트; 및

상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하기 위하여 다운홀에 사용되도록 마련된 제어 수단;을 포함하고, 상기 제어 수단은 회전 그리고 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 상태에 대해 반응하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리.

청구항 13

제12항에 있어서,

미터당 드릴 스트링의 무게는, 동일한 상태에서 사용되고 동일한 시추공(borehole)의 지름과 함께 작동하는 표준 회전식 드릴링에 사용되는 드릴 스트링의 무게보다 70% 더 작은 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 유지하기 위하여, 상기 조정 수단은 상기 드릴 비트의 회전 그리고 진동의 작동을 제어하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 드릴 비트와 상기 드릴링되는 물질 사이에서 공진 조건을 확립하기 위하여, 상기 조정 수단은 아래의 알고리즘에 의하여 상기 드릴 비트의 작동 매개변수들을 결정하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리,

- A) 상기 드릴링되는 물질의 영향 없이 상기 드릴 비트의 비선형적인 공진 반응을 계산하는 단계;
- B) 상기 드릴링되는 물질에서, 전파되는 파쇄 영역을 생성하는 충격의 강도를 추정하는 단계;
- C) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성(stiffness) 특성들을 계산하는 단계;
- D) 상기 드릴링되는 물질과 상호작용하는 드릴 비트의 공진 주파수를 추정하는 단계;
- E) 상기 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성 특성들을 조합함으로써, 정상 상태(steady state)를 위한 공진 주파수의 값을 재계산하는 단계.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 알고리즘은 비선형적인 반응 함수의 결정에 기반하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 조정 수단은, 상기 드릴 비트의 진동의 작동을 선택적으로 멈추게 하는 것을 특징으로 하는 드릴 비트 어셈블리.

청구항 18

드릴 비트를 통해 진동 그리고 회전의 작동을 가하는 단계;

상기 드릴 비트와 물질의 인접부에서 상기 물질의 특성들을 모니터링하는 단계;

암석 형태물과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 암석 형태물의 공진 주파수의 값을 결정하는 단계; 및

상기 암석 형태물과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 암석 형태물의 공진 주파수를 유지하기 위하여, 진동의 작동을 조정하는 단계;를 포함하고,

상기 물질과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 물질의 공진 주파수를 결정하기 위하여, 비선형적인 동적 해석 알고리즘을 적용하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 물질의 드릴링 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 알고리즘은 다음의 단계들을 포함하는 것을 특징으로 하는 드릴링 방법,

- A) 상기 드릴링되는 물질의 영향 없이 상기 드릴 비트의 비선형적인 공진 반응을 계산하는 단계;
- B) 상기 드릴링되는 물질에서, 전파되는 파쇄 영역을 생성하는 충격의 강도를 추정하는 단계;
- C) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성(stiffness) 특성들을 계산하는 단계;
- D) 상기 드릴링되는 물질과 상호작용하는 드릴 비트의 공진 주파수를 추정하는 단계; 및
- E) 상기 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성 특성들을 조합함으로써, 정상 상태(steady state)를 위한 공진 주파수의 값을 재계산하는 단계.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 드릴링 장치에 관한 것으로서, 특히 암석 형태물과 같은 물질을 드릴링하기 위한 드릴링 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 암석 및 다른 물질을 드릴링하는 분야는 드릴링 기술에서 많은 발전들을 견인해 왔다. 이 점에 있어서, 비용 및 환경적인 이슈들뿐만 아니라 이러한 타입의 드릴링에 관련된 매우 가혹한 조건들로 인해, 드릴링 방법의 유효성, 신뢰성 및 안전성을 엄격하게 요하게 된다.

[0003] 따라서, 오일 산업과 같이 다운홀(downhole) 드릴링을 채용하는 산업들은 이러한 요구조건들을 만족시키고 드릴링 속도를 증가시키며 툴(tool)의 마모를 감소시키는 드릴링 장치들 및 방법론들을 개발하는데 민감하다.

[0004] 이와 관련하여, 오일 산업은 새로운 오일의 매장량을 찾아 이탈된 또는 수평방향으로 멀리까지 걸치는 유정을 계속하여 뚫고 있다. 그러나 그러한 드릴링은, 현 드릴링 기술에 도전하는 이슈들, 즉 비트에 걸리는 힘(weight-on-bit)의 저하, 감소된 파워 사용량, 유정의 길이 방향에 대한 암석 조건들의 다양함, 시추공의 붕괴/파쇄의 위험성, 트립핑(tripping) 비용의 증가, 툴의 마모 및 파손의 증가에 관한 요구조건들을 한층 더 악화시킨다.

[0005] 드릴 비트(drill-bit)가 드릴링되는 물질을 관통할 때 드릴 비트에 역방향의 축운동을 가함으로써, 어떤 환경에서는 드릴링 속도가 향상될 수 있다고 알려져 있는데, 소위 충격 드릴링(percussive drilling)이라 한다. 이러한 축방향의 운동 충격이 드릴링되는 물질의 파쇄를 향상시키기 때문이며, 그렇게 함으로써 계속되는 드릴링 및 물질의 제거를 더 용이하게 한다.

[0006] 종래의 충격 드릴링에서, 관통 메커니즘은 드릴 비트에 의해 가해지고 제어되지 않는 저주파수의 큰 충격에 의해 시추공(borehole)에서 물질을 파쇄하는데 기초를 두고 있다. 이렇게 해서, 딱딱한 암석의 중간부에 대한 드릴링 속도는 표준 회전식 드릴링과 비교하여 향상될 수 있다. 그러나 딱딱한 암석의 하부에서 이러한 충격은 시추공의 안정성을 손상시키고, 시추공의 품질을 떨어뜨리며, 툴(tool)의 마모를 가속화시키거나 때때로

완전히 파손시키게 된다.

[0007] [007] 드릴링 기술에서 또다른 중요한 발전은, 회전하는 드릴 비트에 초음파의 축방향 진동을 적용하는 것이다. 이와 같이 독립적인 고부하의 충격과 비교하여, 초음파의 진동은 파쇄의 전파를 향상시키는데 이용된다. 초음파 진동은, 비트에 걸리는 힘이 낮은 드릴링이 가능하게 하면서, 더 낮은 하중이 가해질 수 있다는 점에서 종래의 충격 드릴링에 비해 우수한 장점을 제공할 수 있다. 그러나 초음파 드릴링에 의해 제시된 개선점들은 항상 일정하게 유지되는 것은 아니고, 다운홀 드릴링에 직접적으로 적용될 수 있는 것도 아니다.

[0008] [008] 그러므로 본 발명의 목적은 그러한 문제점들을 완화하기 위한 드릴링 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

발명의 상세한 설명

[0009] [009] 본 발명의 제1실시예에 따르면 드릴링 장치가 제공되는데, 상기 드릴링 장치는, 회전하면서 그리고 고주파수로 진동하면서 작동할 수 있는 드릴 비트(drill-bit)와, 상기 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 제어하기 위한 제어 수단을 포함하고, 상기 제어 수단은 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 조건들에 대해 반응하고, 상기 제어 수단은 다운홀(downhole) 위치에서 사용되도록 마련되고, 상기 다운홀에서 물질의 특성들을 측정하기 위한 센서들을 포함하며, 펌프의 실시간 제어 하에서 다운홀에서 작동될 수 있다.

[0010] [0010] 이와 같이 드릴링 장치는, 드릴링 메커니즘을 최적화하고 향상된 드릴링 속도를 얻기 위하여, 독립적으로 기능을 수행할 수 있고, 현재의 드릴링 조건에 따라 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 조정할 수 있다.

[0011] [0011] 바람직하게는, 상기 제어 수단은 상기 물질에 충격을 가하도록 상기 드릴 비트를 제어하여 제1세트의 매크로 크랙(macro-crack)을 생성하며, 상기 제어 수단은 상기 드릴 비트가 회전하도록 그리고 상기 물질에 충격을 가하도록 상기 드릴 비트를 한번 더 제어하여 다른 세트의 매크로 크랙을 생성하며, 상기 제어 수단은 생성된 매크로 크랙들이 서로 연결되도록 상기 드릴 비트의 회전 운동 및 진동 운동이 동시에 일어나게 하여, 상기 드릴 비트 전방에 국부적인 동적 크랙 전파 영역을 형성한다.

[0012] [0012] 바람직하게는, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여, 상기 조정 수단은 상기 드릴 비트의 회전의 그리고 진동의 작동을 제어한다. 드릴 비트와 드릴링되는 물질로 구성된 시스템에서의 공진은 드릴 비트를 구동하는데 필요한 에너지의 입력값을 최소화시킨다.

[0013] [0013] 이렇게 함으로써, 드릴링 작동이 보다 용이해지고 드릴링 속도가 향상되면서, 드릴 비트 전방의 물질에서 크랙이 전파되는 것이 향상된다.

[0014] [0014] 본 발명의 제2실시예에 따르면 다음과 같은 드릴링 장치를 이용하는 드릴 비트 제어 방법이 제공된다. 상기 드릴링 장치는, 진동하면서 그리고 회전하면서 작동할 수 있는 드릴 비트와, 상기 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 제어하기 위한 제어 수단을 포함하고, 상기 제어 수단은 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 상태에 대해 반응하고, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여 상기 드릴 비트의 회전의 그리고 진동의 작동을 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0015] [0015] 바람직하게는, 상기 방법은, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 획득하고 유지하기 위하여, 아래의 단계들에 의해 상기 드릴 비트의 적절한 작동 매개변수들을 결정하는 단계를 더 포함한다.

- [0016] A) 드릴링되는 물질과 공진 및 상호작용할 때 상기 드릴 비트의 진폭의 한계를 결정하는 단계;
- [0017] B) 상기 드릴 비트를 작동하기 위한 적절한 주파수의 대략적인 범위를 추정하는 단계;
- [0018] C) 공진 곡선의 형상을 추정하는 단계;
- [0019] D) 상기 공진 곡선의 최대점 미만의 지점에서 상기 공진 곡선 상에서 최적 공진 주파수를 선택하는 단계; 및
- [0020] E) 상기 최적 공진 주파수를 기반으로 하여 상기 드릴 비트를 구동하는 단계.

[0021] [0016] 이 점에 있어서, 상기 드릴 비트의 진폭의 상한값은 드릴 비트의 공진이 파괴되지 않을 값에서 선택된다. 이 한계를 넘어서면 공진이 악영향을 끼치기 시작할 가능성이 있다.

- [0022] [0017] 적절한 대략적인 주파수 범위를 추정하는데, 적절하게 좁은 범위가 추정되면 상기 방법의 나머지 부분에서 속도를 높일 수 있는데 이용될 수 있다.
- [0023] [0018] 공진 곡선의 형상은 드릴 비트만의 기본적인 공진 곡선을 기초로 하며, 드릴링되는 물질과의 상호작용을 고려하여 변경된다. 이와 관련하여, 최대점을 넘어서 불안정하고/예측 불가능한 영역으로 움직이는 것을 방지하기 위해, 최대점 미만의 지점이 곡선 상에서 선택된다.
- [0024] [0019] 본 발명의 제3실시예에 따르면 회전 운동 그리고 고주파수의 진동 운동이 가능한 드릴 비트를 이용하여 물질을 관통하여 드릴링하는 방법이 제공되는데, 상기 드릴링 방법은, 상기 드릴 비트는 상기 물질에 충격을 가하도록 구성되어 제1세트의 매크로 크랙(macro-crack)을 생성하며, 이후 상기 드릴 비트는 회전하고 상기 물질에 한번 더 충격을 가하여 다른 세트의 매크로 크랙을 생성하며, 생성된 매크로 크랙들이 서로 연결되도록 상기 드릴 비트의 회전 운동 및 진동 운동이 동시에 일어나서, 상기 드릴 비트 전방에 국부적인 동적 크랙 전파 영역이 형성된다.
- [0025] [0020] 바람직하게는, 상기 드릴링 방법은 암석 형태물을 드릴링하는 분야에 사용되고, 형성된 매크로 크랙들은 10 mm 까지의 길이를 가지며, 더 바람직하게는 5 mm 정도이다. 그러한 최대의 길이는 크랙 전파 영역의 범위가 잘 제어되도록 한다.
- [0026] [0021] 바람직하게는, 상기 드릴 비트에는 1 kHz 까지의 고주파수의 진동이 적용된다.
- [0027] [0022] 바람직하게는, 상기 드릴 비트는 200 rpm 까지 회전하도록 구동된다.
- [0028] [0023] 바람직하게는, 상기 드릴 비트의 회전의 그리고 진동의 작동은, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질 사이에서 공진을 유지하도록 제어된다. 그러한 공진 조건에서는, 전파되는 파쇄 영역을 생성하기 위하여 에너지 입력이 더 적게 필요하다는 것을 알 수 있다.
- [0029] [0024] 바람직하게는, 상기 동적 크랙 전파 영역은, 상기 드릴 비트의 외곽 가장자리로부터 상기 드릴 비트의 지름의 20분의 1 이하만큼, 방사 방향의 바깥쪽으로 확대된다. 이것은, 드릴링되는 물질에서 전체적인 스트레스를 최소화하는 잘 제어된 국부 파쇄 기술을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0030] [0025] 바람직하게는, 암석 형태물의 내용물에서 드릴링되는 절단 크기는 10 mm 까지이며, 더 바람직하게는 5 mm이다. 이것은 종래의 드릴링 기술에 의해 생산된 절단 크기와 비교하여 작고, 적용된 방법론에 있어서 큰 약진임을 나타낸다.
- [0031] [0026] 바람직하게는, 상기 방법은 천층 가스(shallow gas), 취약대(weak zone) 및 파쇄된 고압력 영역의 드릴링 응용 중 적어도 하나에 이용된다. 이것은 드릴링되는 물질에서 전체적인 스트레스를 최소화하는 잘 제어된 국부 파쇄 기술을 이용하여 구멍을 드릴링할 수 있는 본 발명의 방법의 결과로 인해 가능하다.
- [0032] [0027] 본 발명의 제4실시예에 따르면 드릴 비트 어셈블리가 제공되는데, 상기 드릴 비트 어셈블리는, 드릴 파이프와 드릴 칼라(drill collar)들을 가지는 드릴 스트링(drill-string)과, 고주파수로 진동하면서 그리고 회전하면서 작동할 수 있는 드릴 비트와, 상기 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 제어하기 위하여 다운출에 사용되도록 마련된 제어 수단을 포함하고, 상기 제어 수단은 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 변경시키기 위한 조정 수단을 구비하며, 상기 조정 수단은 드릴이 통과하는 물질의 상태에 대해 반응하며, 미터당 드릴 스트링의 무게는, 동일한 상태에서 사용되고 동일한 시추공(borehole)의 지름과 함께 작동하는 종래의 드릴 스트링의 무게보다 70% 까지 더 작은 것을 특징으로 한다.
- [0033] [0028] 바람직하게는, 미터당 드릴 스트링의 무게는, 동일한 드릴링 상태에서 사용되고 동일한 시추공(borehole)의 지름과 함께 작동하는 종래의 드릴 스트링의 무게보다 40% 내지 70% 더 작다.
- [0034] [0029] 바람직하게는, 미터당 드릴 스트링의 무게는, 동일한 드릴링 상태에서 사용되고 동일한 시추공(borehole)의 지름과 함께 작동하는 종래의 드릴 스트링의 무게보다 실질적으로 70% 더 작다.
- [0035] [0030] 이렇게 함으로써, 드릴링 메커니즘을 최적화하고, 향상된 드릴링 속도를 얻기 위하여, 드릴링 장치는 현 드릴링 상태에 대응하여 드릴 비트의 회전의 그리고/또는 진동의 작동을 조정할 수 있다.
- [0036] [0031] 바람직하게는, 상기 드릴 비트와 상기 드릴 비트가 접촉하는 드릴링되는 물질로 구성된 시스템에서의 공진을 유지하기 위하여, 상기 조정 수단은 상기 드릴 비트의 회전의 그리고 진동의 작동을 제어한다. 공진 현상은, 드릴링 작동을 보다 용이하게 하고 드릴링 속도를 증가시키면서, 드릴 비트의 전방에서 물질 내에서의 크랙의 전파를 향상시킨다. 이 점에 있어서, 회전의 그리고 진동의 작동은 드릴링되는 형태물의 예측된 공진에 기

초한다.

- [0037] [0032] 바람직하게는, 상기 드릴 비트는 상기 물질에 충격을 가하도록 구성되어 제1세트의 매크로 크랙(macro-crack)을 생성하고, 이후 상기 드릴 비트는 회전하고 상기 물질에 한번 더 충격을 가하여 다른 세트의 매크로 크랙을 생성하며, 상기 제어 수단은 생성된 매크로 크랙들이 서로 연결되도록 상기 드릴 비트의 회전 운동 및 진동 운동이 동시에 일어나게 하여, 상기 드릴 비트 전방에 국부적인 동적 크랙 전파 영역을 생성한다.
- [0038] [0033] 바람직하게는, 상기 드릴 비트와 상기 드릴링되는 물질 사이에서 공진 조건을 확립하기 위하여, 상기 조정 수단은 아래의 알고리즘에 의하여 상기 드릴 비트의 작동 매개변수들을 결정한다.
- [0039] A) 상기 드릴링되는 물질의 영향 없이 상기 드릴 비트의 비선형적인 공진 반응을 계산하는 단계;
- [0040] B) 상기 드릴링되는 물질에서, 전파되는 파쇄 영역을 생성하는 충격의 강도를 추정하는 단계;
- [0041] C) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성(stiffness) 특성들을 계산하는 단계;
- [0042] D) 상기 드릴링되는 물질과 상호작용하는 드릴 비트의 공진 주파수를 추정하는 단계;
- [0043] E) 상기 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성 특성들을 조합함으로써, 정상 상태(steady state)를 위한 공진 주파수의 값을 재계산하는 단계.
- [0044] [0034] 이 점에 있어서, 회전의 그리고 진동의 작동은 드릴링되는 형태물의 예측된 공진에 기초한다.
- [0045] [0035] 바람직하게는, 상기 알고리즘은 미지의 비선형적인 반응 함수를 결정한다.
- [0046] [0036] 바람직하게는, 상기 알고리즘은 비선형적인 동적 해석에 기초하고, 공진 조건에서 드릴 비트와 드릴링되는 형태물 사이의 동적 상호작용은 분석적이고 수치적인 기술에 의해 모델링된다.
- [0047] [0037] 바람직하게는, 조정 수단은 드릴 비트와 바로 접촉하는 암석 형태물의 공진을 유지하기 위하여, 드릴링 매개변수들을 변경하는 제어 수단을 업데이트한다.
- [0048] [0038] 바람직하게는, 상기 조정 수단은 부드러운 형태물을 관통하여 드릴링하기 위하여, 상기 드릴 비트의 진동의 작동을 선택적으로 멈추게 할 수 있다. 이와 같이, 부드러운 형태물을 드릴링할 때 진동이 멈출 수 있어서 역효과를 방지하며, 그럼으로써 회전 운동으로부터의 전단 모드(shear mode)에서 효율적으로 드릴링할 수 있으며, 가장 중요하게는 딱딱한 형태물과 부드러운 형태물 사이에서 드릴 비트를 교체할 필요가 없게 한다.
- [0049] [0039] 본 발명의 또다른 실시예에 따르면 물질을 드릴링하는 방법이 제공되는데, 상기 드릴링 방법은, 드릴 비트를 통해 진동의 그리고 회전의 작동을 가하는 단계; 상기 드릴 비트와 물질의 인접부에서 상기 물질의 특성들을 모니터링하는 단계; 암석 형태물과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 암석 형태물의 공진 주파수의 값을 결정하는 단계; 및 상기 암석 형태물과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 암석 형태물의 공진 주파수를 유지하기 위하여, 진동의 그리고/또는 회전의 작동을 조정하는 단계;를 포함한다.
- [0050] [0040] 바람직하게는, 상기 방법은 상기 물질과 상기 드릴 비트의 인접부에서 상기 물질의 공진 주파수를 결정하기 위하여, 비선형적인 동적 해석을 알고리즘에 적용하는 단계를 더 포함한다.
- [0051] [0041] 바람직하게는, 상기 알고리즘은 다음의 단계들을 포함한다.
- [0052] A) 상기 드릴링되는 물질의 영향 없이 상기 드릴 비트의 비선형적인 공진 반응을 계산하는 단계;
- [0053] B) 상기 드릴링되는 물질에서, 전파되는 파쇄 영역을 생성하는 충격의 강도를 추정하는 단계;
- [0054] C) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성(stiffness) 특성들을 계산하는 단계;
- [0055] D) 상기 드릴링되는 물질과 상호작용하는 드릴 비트의 공진 주파수를 추정하는 단계; 및
- [0056] E) 상기 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강성 특성들을 조합함으로써, 정상 상태(steady state)를 위한 공진 주파수의 값을 재계산하는 단계.

실시예

- [0060] [0043] 본 발명의 개발에서, 드릴 비트와 드릴링되는 형태물에 의해 형성되는 시스템에서 드릴 비트의 작동이 공진을 향상하도록 설정된다면 암석 형태물과 같은 물질을 관통하여 드릴링할 때, 특히 높은 드릴링 속도가 얻어질 수 있다는 것이 파악되었다.

- [0061] [0044] 그러나, 이러한 공진을 얻는 것이 표준화된 샘플들을 이용한 테스트 리그(rig) 상에서 가능하더라도, 자연상의 암석 형태물을 관통하여 드릴링할 때는 별개의 문제이다. 드릴링 조건들이 형태물 내에서 층마다 다르기 때문이다. 따라서, 공진 조건들은 형태물을 관통하여 변경되고, 드릴링 프로세스 중에서 공진 조건들이 유지될 수 없게 된다.
- [0062] [0045] 본 발명은 물질을 관통하여 드릴링할 때 비선형적인 공진 현상을 인식함으로써 이러한 문제를 극복하고, 드릴 비트와 드릴링되는 물질로 조합된 시스템에서 공진을 유지하고자 한다.
- [0063] [0046] 이러한 점을 달성하기 위하여, 드릴링에 영향을 미치는 매개변수들과 메커니즘들을 정확하게 확인함으로써, 본 출원인은 시추공(borehole)에서의 동적 상호작용들의 정확하고 강력한 수학적 모델을 개발해 왔다. 시추공 지점에서 공진을 유지하기 위하여, 본 발명은 이러한 수학적 모델에 의해 피드백 메커니즘들을 계산하고 이용하여 드릴링 매개변수들을 자동적으로 조정한다. 이와 같이 공진을 유지함으로써, 드릴 비트의 전방에서 전파 크랙 영역(propagating crack zone)의 작용이 향상되고, 드릴링 속도도 상당히 개선되므로, 공진이 향상된 드릴링(Resonance Enhanced Drilling)으로 설명될 수 있다(이후, 'RED'라 함).
- [0064] [0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 RED 드릴링 모듈을 도시한 예이다. 드릴링 모듈은 다결정의 다이아몬드(PCD) 드릴 비트(drill-bit)(1)를 구비한다. 진동 전달 섹션(2)은, 압전 변환기(piezoelectric transducer)(3)로부터 드릴 비트(1)에 진동을 전달하기 위하여, 드릴 비트(1)와 압전 변환기(3)를 연결한다. 커플링(4)은 모듈과 드릴 스트링(drill-string)(5)을 연결하고, 축으로부터 드릴링 모듈에 전달되는 진동을 격리시키기 위한 진동 격리 유닛으로서 기능한다.
- [0065] [0048] 드릴링 작업 동안, DC 모터는 드릴 축을 회전시키고, 커플링(4)과 압전 변환기(3)를 통해 회전 운동을 드릴 비트(1)에 전달한다. 동적 작동과 함께 드릴 비트(1)에 가해지는 상대적으로 낮은 정적인 힘은, 전파되는 파쇄 영역을 생성하고, 드릴 비트는 물질을 뚫고 전진한다.
- [0066] [0049] 드릴링 모듈(1)이 회전하는 동시에, 압전 변환기(3)는 시추공(borehole) 지점에서 물질에 적합한 주파수로 진동하도록 작동된다. 이 주파수는 드릴 비트와 드릴링되는 물질 사이의 비선형적 공진 조건들을 계산함으로써 결정되는데, 아래의 알고리즘을 따라 도 2에 개략적으로 도시된다.
- [0067] A) 드릴링되는 물질의 영향 없이 드릴 비트의 비선형적인 공진 반응을 계산하는 단계;
- [0068] B) 드릴링되는 물질에서, 전파되는 파쇄 영역을 생성하기 위하여 충격의 강도를 추정하는 단계;
- [0069] C) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강도(stiffness) 특성을 계산하는 단계;
- [0070] D) 드릴링되는 물질과 상호작용하는 드릴 비트의 공진 주파수를 추정하는 단계;
- [0071] E) 파쇄된 드릴링되는 물질의 비선형적인 강도 특성들을 결합하여 정적 상태에서의 공진 주파수의 값을 재계산하는 단계.
- [0072] [0050] 압전 변환기(3)로부터의 진동은 드릴 비트(1)를 통해 시추공 지점으로 전달되고, 드릴 비트의 전방에서 물질 내에서 전파 크랙 영역을 생성한다. 드릴 비트는 계속하여 회전하고 앞으로 움직이고, 형태물을 절단하면서 형태물 내의 물질을 깎아 낸다. 그러나 드릴 비트 전방에서 물질 내에서 전파 크랙 영역을 생성하는 것은 물질을 심각하게 약화시키는데, 이는 회전하는 전단 작용이 더 많은 물질을 제거하고, 물질이 계속하여 제거됨을 의미한다.
- [0073] [0051] 크랙의 전파 동역학의 특성은, 관통 속도(rate of penetration, ROP), 구멍의 품질 및 툴(tool)의 수명, 또는 이상적으로는 이 세가지 모두의 조합을 최적화하기 위해 조절된다.
- [0074] [0052] 크랙은 형태물에 충격을 가하는 드릴 비트의 삽입부에 의해 시작된다. 다른 드릴링 기술은 암석을 깎아 내면서 수행되거나 훨씬 더 큰 크랙을 생성하면서 수행된다. 다음의 사항들은 작동면에서 RED 시스템의 주요 특징들이고, 드릴 비트의 전방의 가까운 근처에서 매크로 크랙(macro crack)의 생성 및 전파에 초점을 맞춘 것이다.
- [0075] [0053] RED는 물질에 충격을 가하는 드릴링 헤드의 고주파수의 축방향 진동을 통해 작동하고, 드릴 비트의 삽입부의 각도 형상은 물질 내에서 크랙을 시작하게 한다. 드릴 비트의 지속적인 작동, 즉 지속적인 진동과 회전은 드릴 비트의 전방에 동적 크랙 전파 영역을 성립시킨다.
- [0076] [0054] 이러한 현상은 동기화된 운동학으로 가장 잘 설명될 수 있다. 시스템(드릴링되는 물질, (진동기) 및 드

릴 비트를 구비하는 시스템)에서 공진을 성립시키는 것은 효율과 성능을 최적화한다. 동적 크랙 전파 영역은 드릴 비트에 한정되고, 일반적으로 드릴 비트의 지름의 10분의 1이하의 선형 치수로 나타난다.

- [0077] [0055] 그러므로 국부 크랙 전파는 방향성 면에서 조정 가능하고, RED 기술은 드릴 비트의 바로 가까운 전방에서 영역 외로 크랙이 전파되는 것을 방지한다.
- [0078] [0056] 그러므로 RED에 의해 고품질의 표준 홀을 얻을 수 있다.
- [0079] [0057] RED의 민감성(sensitivity)의 결과로써, 잘 제어된 국부적인 파쇄를 이용하고 형태물 내에서 전체적인 응력을 최소화하면서 홀을 드릴링할 수 있는 RED 기술은, 천층 가스(shallow gas), 취약대(weak zone) 및 파쇄된 고압력 영역과 같은 새로운 영역에서 드릴링에 민감한 형태물에 잘 적용될 수 있을 것이다.
- [0080] [0058] 상술한 바에 따르면, 본 발명은 시추공 지점에서 형태물로부터 물질들을 보다 빠르게 제거하면서 드릴링 작업 전체에 걸쳐 공진을 유지할 수 있으며, 결과적으로 더 높은 드릴링 속도를 얻을 수 있다. 게다가 파쇄의 전파를 촉진하기 위하여 공진 운동이 이용됨으로써 드릴 비트에는 더 낮은 하중이 가해지고, 톨의 마모 또한 감소된다. 본 발명은 관통 속도(rate of penetration, ROP)를 향상시킬 뿐만 아니라, 톨의 수명도 증가시키고, 그럼으로써 톨의 유지보수 또는 교체에 필요한 정지 시간도 감소시킨다.
- [0081] [0059] 일단 드릴링되는 물질의 기계적 특성이 알려지면, 드릴링의 성능을 최적화시키기 위하여 드릴링 매개변수들이 변경될 수 있다(ROP, 홀의 품질, 톨의 수명 및 톨의 신뢰성에 따라).
- [0082] [0060] RED 기술에 의하면, 진동의 주파수 및 진폭은 가장 효율적이고 효과적인 성능을 얻기 위하여 변경될 수 있다. 진동 시스템에서((진동기와,) 드릴 비트와 드릴링되는 형태물 사이에서) 공진 조건을 성립시키는 것은 에너지 효율 및 드릴링 성능에서 최적의 조합을 제공하는 것이다.
- [0083] [0061] 도 2는 공진 조건들을 성립시키고 유지시키기 위한 매개변수들이 어떻게 찾아지는가를 도해적으로 설명한다.
- [0084] [0062] 첫째, 드릴링되는 물질과 공진 및 상호작용할 때 드릴 비트의 진폭의 한계를 결정할 필요가 있다. 이와 함께, 드릴 비트의 진폭의 한계는 드릴 비트에서 공진이 파괴되지 않을 값으로 선택된다. 이러한 한계를 넘게 되면 공진은 악영향을 끼치기 시작할 가능성이 있다.
- [0085] [0063] 이후, 드릴 비트를 작동하기에 적합한 대략적인 주파수 범위가 추정된다. 적절하게 좁은 범위가 예상되면 방법의 나머지 부분에서 속도를 높일 수 있는데 이용될 수 있다.
- [0086] [0064] 이후 공진 곡선의 형상이 추정된다. 도시된 바와 같이, 드릴링되는 물질과 상호 작용하는 드릴 비트의 영향의 결과로, 곡선의 상부가 우측으로 밀린 전형적인 공진 곡선이다. 결과적으로 그래프는 상부 브랜치와 하부 브랜치를 갖게 되고, 상부 브랜치로부터 하부 브랜치까지 곡선 상에서 최대 진폭을 넘어서 이동하다가 진폭이 급격하게 떨어지게 된다.
- [0087] [0065] 이러한 바람직하지 않은 급격한 변화를 방지하기 위하여, 다음 단계는 공진 곡선의 최대점 밑의 지점에서 공진 곡선 상에서 최적 주파수를 선택하는 것이다. 최적 공진 주파수가 최대점 이하에서 선택되는 범위는 필수적으로 안전 계수를 설정하게 하고, 변화 가능한 드릴링 물질을 고려하여 최대 진폭점으로부터 더 멀리 선택될 수 있다. 이 점에 있어서 제어 수단은 안전 계수를 변경할 수 있는데, 즉 드릴링되는 물질에서 감지되는 특성 또는 드릴의 진행에 따라 공진 곡선 상에서 최고점으로부터 멀어지는 방향으로 또는 가까워지는 방향으로 이동한다. 예를 들면, 드릴링되는 물질의 낮은 균일성으로 인해 ROP가 불규칙적으로 변화하면, 안전 계수는 증가될 수 있다.
- [0088] [0066] 마지막으로, 선택된 최적 공진 주파수에서 장치가 구동되고, 공정은 제어 수단의 페루프 작동 시스템 내에서 주기적으로 업데이트된다.
- [0089] [0067] 본 발명에 따르면, 동일한 드릴링 조건에서 동일한 시추공의 지름을 가지고 동작하는 종래의 드릴 스트링의 하중과 비교하여, 미터당 드릴 스트링의 무게가 70% 까지 더 작아질 수 있다. 바람직하게는, 40% 내지 70% 범위에서 더 작아지고, 더욱 바람직하게는 실질적으로 70% 이상 더 작아진다.
- [0090] [0068] 예를 들면, 12 1/4"(0.31 m)의 홀 사이즈에 대하여, 전형적인 드릴링 조건 하에서 드릴링 깊이를 12,500 ft(3787 m)로 하고자 할 때, 미터당 드릴링 스트링 무게는 38.4 kg/m(표준 회전식 드릴링)에서 11.7 kg/m(RED 기술 사용)로 감소되는데, 69.6%의 감소를 보인다.

- [0091] [0069] 17 1/2"(0.44 m)의 홀 사이즈에 대하여, 전형적인 드릴링 조건 하에서 드릴링 깊이를 12,500 ft(3787 m)로 하고자 할 때, 미터당 드릴링 스트링 무게는 49.0 kg/m(표준 회전식 드릴링)에서 14.7 kg/m(RED 기술 사용)로 감소되는데, 70%의 감소를 보인다.
- [0092] [0070] 26"(0.66 m)의 홀 사이즈에 대하여, 전형적인 드릴링 조건 하에서 드릴링 깊이를 12,500 ft(3787 m)로 하고자 할 때, 미터당 드릴링 스트링 무게는 77.0 kg/m(표준 회전식 드릴링)에서 23.1 kg/m(RED 기술 사용)로 감소되는데, 70%의 감소를 보인다.
- [0093] [0071] 낮은 WOB(weight-on-bit)와 그로 인해 생성되는 동적 과쇄의 결과로, RED 기술은 리그(rig)에서 35% 까지 에너지 비용을 절감하고, 드릴 칼라(drill collar)의 무게에서도 75%가 감소된다.
- [0094] [0072] 여기에 설명되고 도시된 실시예는 다만 설명을 위한 목적으로 발명의 응용을 보여주는 것이라 이해될 것이다. 실제적으로 본 발명은 많은 다른 구성들로 응용될 수 있으며, 상세한 실시예들은 해당 기술분야의 기술자에게 자명할 것이다.
- [0095] [0073] 예를 들면, 모듈의 드릴 비트 섹션은 특정 드릴링 응용에 적합하도록 변형될 수 있다. 예컨대 다른 드릴 비트 형상 및 물질이 이용될 수 있다.
- [0096] [0074] 또다른 예를 들면, 드릴 모듈을 진동시키는데 압전 변환기의 대체물로 다른 진동 수단이 이용될 수도 있다. 예컨대 자기 변형 물질(magnetostrictive material)이 이용될 수 있다.
- [0097] [0075] 게다가 부드러운 형태물을 드릴링할 때 역효과를 막기 위하여 진동 수단이 작동하지 않게 할 수도 있다. 예를 들면, 상부의 부드러운 토양 형태물을 통해 1차 드릴링할 때 회전식 드릴링 모듈로서 기능하기 위하여, 본 발명의 드릴링 모듈은 작동하지 않을 수 있다. 더 깊은 딱딱한 암석 형태물에 도달하면, 드릴링 모듈이 작동하면서 공진 주파수가 가해질 수 있다. 이러한 기능은 정지 시간을 제거함으로써 상당한 시간 절약을 가져올 수 있는데, 그렇지 않으면 서로 다른 형태물들 사이에서 드릴링 모듈을 교환할 필요가 있게 된다.

산업상 이용 가능성

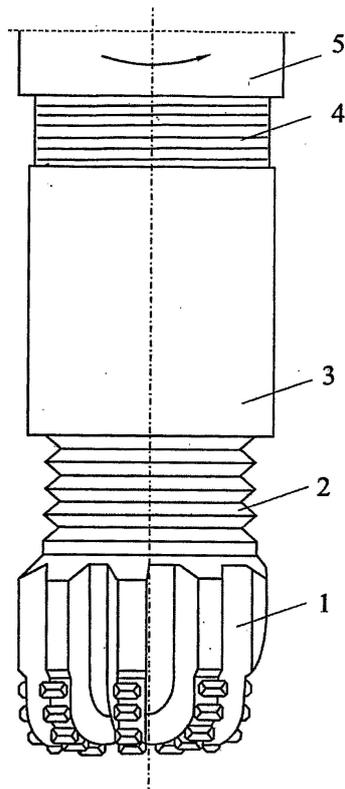
- [0098] [0076] 본 발명은, 에너지 입력이 낮은 드릴링 작업, 관통 속도(rate of penetration, ROP)의 향상, 홀의 안정성 및 품질의 향상, 톨의 수명 및 신뢰성 향상 등과 같은 잇점을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0057] [0042] 본 발명의 실시예가 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다.
- [0058] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 드릴링 모듈을 나타내고,
- [0059] 도 2는 본 발명에 따른 공진 조건들을 성립시키기 위한 매개변수들이 어떻게 찾아지는가를 도해적으로 설명하기 위한 도면이다.

도면

도면1



도면2

