



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월23일
 (11) 등록번호 10-1890146
 (24) 등록일자 2018년08월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B02C 23/04 (2006.01) B02C 25/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 B02C 23/04 (2013.01)
 B02C 25/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0115188
 (22) 출원일자 2017년09월08일
 심사청구일자 2017년09월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100126299 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 서윤호
 대전광역시 유성구 지족로 343 반석마을아파트2단지 아파트 205동 701호
 김재승
 대전광역시 서구 청사로 148, 1520호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 8 항

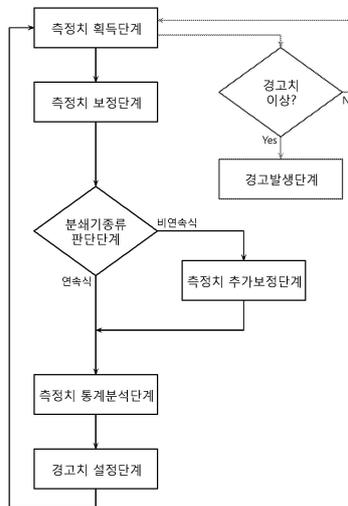
심사관 : 정호근

(54) 발명의 명칭 **분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명의 목적은 진동 및 음향 센서를 이용하여 분쇄기의 진동 및 소음을 실시간으로 측정하고, 측정치를 분석하여 분쇄기의 상태를 감지하고 이상을 진단하는, 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법을 제공함에 있다. 보다 구체적으로는, 실시간으로 측정된 진동 및 소음 측정치를 사용하여, 분쇄기의 운전 조건, 분쇄기 종류 등에 따라 각자에 적절히 맞는 경고치 설정을 정량적으로 수행할 수 있게 하는, 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법을 제공함에 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

김현실

대전광역시 유성구 엑스포로 399번길 320 11동 303호

김봉기

대전광역시 서구 청사서로 70 무궁화아파트 104-903호

김상렬

대전광역시 서구 청사서로 11 무지개아파트 104동 502호

이성현

대전광역시 유성구 배울1로 147 대덕테크노밸리푸르지오2단지아파트 208동 104호

마평식

서울특별시 동작구 사당로17길 8 대림아파트

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NK206B

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 주요사업

연구과제명 풍력발전시스템의 고장진단 및 예지보전 기술 개발 (3/3)

기여율 3/10

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NE5650

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 산업부-국가연구개발사업(III)

연구과제명 10m3급 비연속식 불밀 분쇄 모니터링 및 상태 감시를 위한 음향/진동 센싱 기술 개발

(2/3)

기여율 7/10

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2016.10.01 ~ 2017.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

분쇄기를 작동시키면서 상기 분쇄기에 설치된 측정센서로부터 상태 감지를 위하여 시간에 따라 변화하는 진동 또는 소음 측정치가 획득되는 측정치 획득단계;

운전 조건에 따라 측정치가 보정되는 측정치 보정단계;

미리 결정된 기간 동안의 측정치 값들이 통계 분석되어 확률밀도함수 및 통계특성치가 도출되는 측정치 통계분석단계;

측정치 값들의 통계특성치를 사용하여 경고치가 설정되는 경고치 설정단계;

를 포함하여 이루어지되,

상기 측정치 보정단계 및 상기 측정치 통계분석단계 사이에,

상기 분쇄기가 연속식인지 또는 비연속식인지 판단되는 분쇄기종류 판단단계;

상기 분쇄기가 비연속식일 경우, 분쇄 진행에 따라 측정치가 추가 보정되는 측정치 추가보정단계;

를 더 포함하여 이루어지며,

상기 분쇄기가 연속식일 경우, 상기 분쇄기종류 판단단계 이후에 바로 상기 측정치 통계분석단계가 수행되는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 측정치 보정단계는,

상기 운전 조건이 시료 재질, 시료 장입량, 불 재질, 불 지름, 불 중량, 드럼 회전속도 중 선택되는 적어도 하나이며,

상기 운전 조건에 따라 미리 산출된 함수 또는 데이터 테이블을 이용하여 측정치가 보정되는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 측정치 추가보정단계는,

비연속적으로 진행되는 분쇄작업별 측정치 값들이 정규화됨으로써 추가 보정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 측정치 추가보정단계는,

비연속적으로 진행되는 분쇄작업별 측정치 값들 사이의 비율을 이용하여 추가 보정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 측정치 통계분석단계는,

통계특성치로서 평균값, 중간값, 표준편차 중 선택되는 적어도 하나가 도출되는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법은,

상기 경고치 설정단계 이후, 상기 측정치 획득단계가 재수행되되,

측정치가 경고치 이상이 되면, 경고를 발생시키는 경고발생단계;

를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법.

청구항 8

제 1, 2, 4, 5, 6, 7항 중 선택되는 어느 한 항에 의한 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법을 사용하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 장치로서,

분쇄기에 설치되는 적어도 하나의 측정센서;

경고를 발생시키는 경고부;

상기 측정센서로부터 측정치를 전달받아 통계분석을 수행하며, 측정치가 경고치 이상이 되면 상기 경고부를 동작시키는 제어부;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 장치.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 측정센서는,

진동 센서 또는 소음 센서 중 선택되는 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 다수 개의 불과 시료를 함께 수용하여 회전시킴으로써 불 운동에 의한 충격으로 시료를 분쇄하는 불밀 분쇄기에 대하여, 분쇄기의 상태를 감지하여 이상 발생을 보다 정확하게 감지할 수 있게 하는, 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 시료를 분쇄하기 위하여 널리 사용되고 있는 불밀 분쇄기는, 일반적으로 수평축 상에서 회전하는 원통형으로 된 몸체 안에 다수 개의 불과 시료를 함께 수용하여 회전시킴으로써, 불이 수직 낙하하는 운동에 의한 충격 및 볼들 사이에서 일어나는 마쇄 작용에 의해 시료를 분쇄하도록 이루어진다. 불밀 분쇄기에 수용되는 불은 시료에 충격을 주어 분쇄할 수 있도록 충분히 강한 재질로서, 주철, 냉경주물, 플린트석, 천연석 등의 재질로 이루어진다. 불밀 분쇄기에서 이루어지는 분쇄 작업의 성능은 물론 시료의 재질/장입량, 불의 재질/지름/중량, 드럼 회전속도 등에 따라 달라진다.

- [0003] 불밀 분쇄기는 크게 연속식과 비연속식으로 나뉜다. 연속식 불밀 분쇄기의 한 예시가 한국공개실용신안 제1995-0026834호("연속식 진동 불밀", 1995.10.16)에 개시되는데, 복수의 분쇄드럼이 수직식으로 배열되며 각 드럼에 수용된 불의 직경이 다르게 형성되어, 하나의 드럼에서 분쇄된 시료가 다른 드럼으로 유입되어 연속적으로 단계적 분쇄가 이루어지도록 이루어진다. 비연속식 불밀 분쇄기는 분쇄드럼을 이용하여 시료를 분쇄한다는 점에서는 동일하나, 시료를 장입하여 분쇄를 진행한 후 시료를 다시 불밀로부터 제거하는 과정을 수행하는 점이 상이하다.
- [0004] 불밀 분쇄기는 운용 중 다수 개의 불이 드럼 내에서 지속적으로 움직이고, 또한 시료와 부딪쳐서 분쇄하는 과정에서 충격이 발생하는 바, 근본적으로 운용 중 소음 및 진동이 상당히 발생한다. 한편, 지나치게 단단하거나 너무 큰 시료가 제대로 분쇄되지 않거나, 또는 장치 자체에 고장이 일어나는 등과 같은 이상 상태가 발생하였을 때, 상술한 바와 같이 불밀 분쇄기가 정상적으로 운용되고 있을 때에도 상당한 소음 및 진동이 발생하기 때문에, 작업자가 이러한 이상 상태를 감지하는 것이 용이하지 않다.
- [0005] 종래에는 불밀 분쇄기의 이상 상태를 감지하기 위하여, 작업자의 주관적인 판단을 근거로 이상을 진단하거나, 분쇄기 제조사에서 일방적으로 제시하는 진동 기준을 근거로 이상을 진단하였다. 이러한 종래의 방식은 신뢰성, 정확성 및 재연성이 상당히 떨어지기 때문에, 불밀 분쇄기의 상태 이상을 보다 높은 신뢰성을 가지고 진단하는 방법이 요구된다. 특히 상술한 바와 같이 연속식 및 비연속식 불밀 분쇄기의 경우, 운전 형태 및 장치 특성이 상이하기 때문에 서로 다른 방식의 이상 상태 진단 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 1. 한국공개실용신안 제1995-0026834호("연속식 진동 불밀", 1995.10.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 진동 및 음향 센서를 이용하여 분쇄기의 진동 및 소음을 실시간으로 측정하고, 측정치를 분석하여 분쇄기의 상태를 감지하고 이상을 진단하는, 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치를 제공함에 있다. 보다 구체적으로는, 실시간으로 측정된 진동 및 소음 측정치를 사용하여, 분쇄기의 운전 조건, 분쇄기 종류 등에 따라 각자에 적절히 맞는 경고치 설정을 정량적으로 수행할 수 있게 하는, 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법은, 분쇄기(500)를 작동시키면서 상기 분쇄기(500)에 설치된 측정센서(110)로부터 상태 감지를 위하여 시간에 따라 변화하는 진동 또는 소음 측정치가 획득되는 측정치 획득단계; 운전 조건에 따라 측정치가 보정되는 측정치 보정단계; 미리 결정된 기간 동안의 측정치 값들이 통계 분석되어 확률밀도함수 및 통계특성치가 도출되는 측정치 통계분석단계; 측정치 값들의 통계특성치를 사용하여 경고치가 설정되는 경고치 설정단계; 를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0009] 이 때 상기 측정치 보정단계는, 상기 운전 조건이 시료 재질, 시료 장입량, 불 재질, 불 지름, 불 중량, 드럼 회전속도 중 선택되는 적어도 하나이며, 상기 운전 조건에 따라 미리 산출된 함수 또는 데이터 테이블을 이용하여 측정치가 보정되도록 이루어질 수 있다.
- [0010] 또한 상기 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법은, 상기 측정치 보정단계 및 상기 측정치 통계분석단계 사이에, 상기 분쇄기(500)가 연속식인지 또는 비연속식인지 판단되는 분쇄기종류 판단단계; 상기 분쇄기(500)가 비연속식일 경우, 분쇄 진행에 따라 측정치가 추가 보정되는 측정치 추가보정단계; 를 더 포함하여 이루어지며, 상기 분쇄기(500)가 연속식일 경우, 상기 분쇄기종류 판단단계 이후에 바로 상기 측정치 통계분석단계가 수행되도록 이루어질 수 있다.
- [0011] 또한 이 때 상기 측정치 추가보정단계는, 비연속적으로 진행되는 분쇄작업별 측정치 값들이 정규화됨으로써 추

가 보정이 이루어질 수 있다. 또는 상기 측정치 추가보정단계는, 비연속적으로 진행되는 분쇄작업별 측정치 값들 사이의 비율을 이용하여 추가 보정이 이루어질 수 있다.

[0012] 또한 상기 측정치 통계분석단계는, 통계특성치로서 평균값, 중간값, 표준편차 중 선택되는 적어도 하나가 도출되도록 이루어질 수 있다.

[0013] 또한 상기 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법은, 상기 경고치 설정단계 이후, 상기 측정치 획득단계가 재수행되되, 측정치가 경고치 이상이 되면, 경고를 발생시키는 경고발생단계; 를 더 포함하여 이루어질 수 있다.

[0014] 또한 본 발명의 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 장치는, 상술한 바와 같은 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법을 사용하는 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 장치(100)로서, 분쇄기(500)에 설치되는 적어도 하나의 측정센서(110); 경고를 발생시키는 경고부(120); 상기 측정센서(110)로부터 측정치를 전달받아 통계분석을 수행하며, 측정치가 경고치 이상이 되면 상기 경고부(120)를 동작시키는 제어부(130); 를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0015] 또한 상기 측정센서(110)는, 진동 센서 또는 소음 센서 중 선택되는 적어도 하나일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의하면, 분쇄기, 특히 볼밀 분쇄기에 있어서, 분쇄기의 상태 이상을 정량적으로 진단할 수 있게 하는 큰 효과가 있다. 종래에는 작업자의 주관적인 판단이나 제조사에서 제공하는 진동 기준치를 근거로 상태 이상을 진단하였다. 시료의 재질/장입량, 볼의 재질/지름/중량, 드럼 회전속도 등과 같은 분쇄기의 운전 조건이나, 연속식/비연속식 등과 같은 분쇄기의 종류 등이 다양하게 달라짐에 따라, 실질적인 상태 이상 경고 기준은 달라져야 하는데, 종래에는 이처럼 정확한 근거 없이 결정된 하나의 경고 기준을 가지고 상태 이상을 진단하였기 때문에 문제가 많았다. 그러나 본 발명에 의하면 실시간으로 측정된 진동 및 소음 측정치로부터 정량적으로 경고치를 도출하고, 이렇게 도출된 경고치를 이용하여 상태 이상을 진단하므로, 종래에 비하여 상태 이상 진단에 있어서 훨씬 신뢰성, 정확성 및 재연성이 향상되는 큰 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 볼밀 분쇄기의 개략도.
- 도 2는 본 발명의 상태 감지 장치의 개략도.
- 도 3은 본 발명의 상태 감지 방법의 흐름도.
- 도 4는 본 발명의 상태 감지 방법에서의 통계분석 및 경고치 도출 예시.
- 도 5는 비연속식 분쇄기의 측정치 예시.
- 도 6은 연속식 분쇄기의 측정치 예시.
- 도 7은 본 발명의 상태 감지 방법에서의 측정치 보정 예시.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법 및 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0019] 도 1은 볼밀 분쇄기의 개략도를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이 볼밀 분쇄기는, 수평축을 중심으로 회전하는 드럼 내에 다수 개의 볼 및 시료가 수용되며, 드럼 회전에 의하여 볼 및 시료가 함께 회전하는 과정에서 볼이 수직 낙하하면서 시료에 가하는 충격 및 볼들 사이에서 시료가 마쇄되는 작용에 의하여 시료가 분쇄되도록 이루어진다. 일반적으로 시료의 분쇄 정도는 볼의 직경에 의하여 결정되나, 시료의 재질/장입량, 볼의 재질/지름/중량, 드럼 회전속도 등과 같은 분쇄기의 운전 조건이나, 연속식/비연속식 등과 같은 분쇄기의 종류에 따라 발생하는 소음 및 진동의 정도가 다양하게 달라진다.

[0020] 종래에는 이러한 볼밀 분쇄기의 상태 이상을 진단함에 있어, 작업자의 주관적인 판단이나 제조사에서 제공하는 진동 기준치를 근거로 사용하였다. 그러나 상술한 바와 같이 분쇄기의 운전 조건, 분쇄기의 종류 등에 따라 발생 소음 및 진동의 정도가 다양하게 달라지기 때문에, 어느 한 가지 기준만으로 상태 이상을 판단하는 것은 정확하지 않다. 이에 따라 본 발명에서는, 운전 조건이나 장치 종류에 한정되지 않으면서, 보다 정량적으로 이상

진단을 실현할 수 있는 분쇄기의 상태 감지 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

[0021] 도 2는 본 발명의 상태 감지 장치의 개략도로서, 본 발명의 상태 감지 장치는 도시된 바와 같이, 분쇄기(500)에 설치되는 적어도 하나의 측정센서(110), 경고를 발생시키는 경고부(120), 상기 측정센서(110)로부터 측정치를 전달받아 통계분석을 수행하며, 측정치가 경고치 이상이 되면 상기 경고부(120)를 동작시키는 제어부(130)를 포함하여 이루어진다. 이 때 상기 측정센서(110)는 진동 센서 또는 소음 센서일 수 있으며, 따라서 상기 측정센서(110)에서 측정되는 측정치는 진동 또는 소음 값이 된다.

[0022] 도 3은 본 발명의 상태 감지 방법의 흐름도를 도시하고 있다. 본 발명의 분쇄기 이상 진단을 위한 상태 감지 방법은, 기본적으로 측정치 획득단계, 측정치 보정단계, 측정치 통계분석단계, 경고치 설정단계를 포함하여 이루어질 수 있다. 여기에, 분쇄기 종류를 판단하여 이를 반영하는 분쇄기종류 판단단계, 측정치 추가보정단계를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 또한 이러한 단계들에 의해 경고치가 설정된 후에는, 이처럼 정량적으로 산출된 경고치를 사용하여 경고를 발생시키는 경고발생단계가 더 수행될 수 있다. 이하에서 기본 실시예, 추가 실시예, 최적 실시예를 각각 나누어 설명한다.

[0023] **기본 실시예**

[0024] 기본 실시예는 측정치 획득단계, 측정치 보정단계, 측정치 통계분석단계, 경고치 설정단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0025] 상기 측정치 획득단계에서는, 분쇄기(500)를 작동시키면서 상기 분쇄기(500)에 설치된 측정센서(110)로부터 상태 감지를 위하여 시간에 따라 변화하는 진동 또는 소음 측정치가 획득된다.

[0026] 상기 측정치 보정단계에서는, 운전 조건에 따라 보정된 측정치가 도출된다. 여기에서 상기 운전 조건이란, 시료 재질, 시료 장입량, 볼 재질, 볼 지름, 볼 중량, 드럼 회전속도 등과 같은 변수를 말한다. 구체적인 예를 들어, 동일한 볼 및 드럼을 사용하여 분쇄를 수행한다 하더라도, 단단한 재질인 시료A와 상대적으로 무른 재질인 시료 B를 분쇄함에 있어 당연히 발생하는 진동이 달라진다. 또는, 동일한 시료A를 분쇄한다 하더라도, 적은 양을 분쇄하는 것과 상대적으로 많은 양을 분쇄하는 것에서도 발생하는 진동이 달라진다. 이러한 점들을 고려하여, 분쇄기 특성 파악을 통해 상기 운전 조건에 따라 미리 산출된 함수 또는 테이블(표)을 이용하여 측정치가 보정됨으로써, 통계 분석이 원활하게 이루어질 수 있다. 운전 조건에 따른 분쇄기 특성은 분쇄기를 통한 대량 생산 이전에 다수의 실험을 통해서 규명될 수 있으며, 이를 곡선 맞춤을 통해 함수화하거나 테이블(표)화 하여 측정치 보정에 사용할 수 있다. 예로서 볼밀(드럼) 회전 속도에 따른 진동의 크기는 2차 함수로 곡선 맞춤이 가능하다.

[0027]
$$v = a\Omega^2 + b\Omega + c$$

[0028] 여기에서 v는 진동 크기이며, Ω 는 회전 속도이다. 계수인 a, b, c는 다수의 실험을 통해 미리 규명된 값이다.

[0029] 상기 측정치 통계분석단계에서는, 미리 결정된 기간 동안의 측정치 값들이 통계 분석되어 확률밀도함수 및 통계 특성치가 도출된다. 상기 기간은 운전 조건 등에 따라 적절하게 결정될 수 있다. 도 4는 본 발명의 상태 감지 방법에서의 통계분석 및 경고치 도출 예시를 도시하고 있는데, 도 4(A)에 도시된 바와 같이 시간에 따른 진동 측정치(도 4(A)의 예시에서는 가속도 값으로 나타남) 값들을 사용하여 도 4(B)와 같은 통계분석을 위한 분포 형태로 나타낼 수 있다. 도 4(B)의 분포로부터 확률밀도함수를 도출할 수 있으며, 또한 통계특성치로서 평균값, 중간값, 표준편차 등이 도출될 수 있다.

[0030] 상기 경고치 설정단계에서는, 측정치 값들의 통계특성치를 사용하여 경고치가 설정되게 된다. 구체적인 예시로서, 도 4(B)에서는 표준편차의 2.33배 값(2.33σ)을 경고치로서 설정하고 있다. 물론 이는 하나의 예시일 뿐으로, 표준편차의 2배 값이라든가, 평균값의 3배 값이라든가 등, 운전 조건 등에 따라 경고치의 설정은 적절하게 이루어지면 된다.

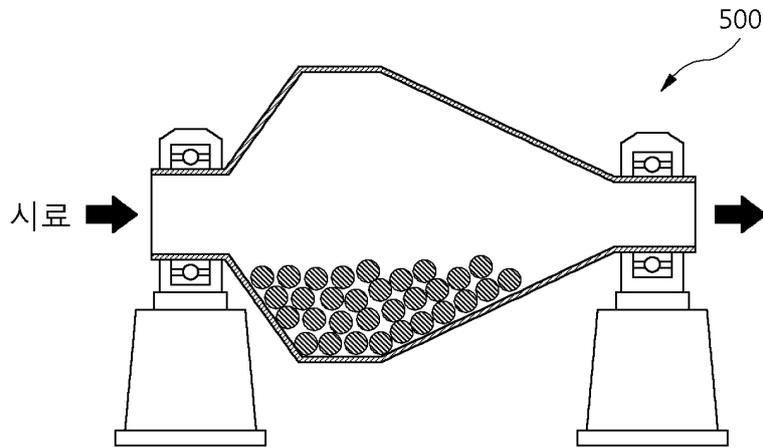
[0031] 앞서 설명한 바와 같이, 다양한 운전 조건 및 분쇄기의 종류 등에 따라 상태 이상으로 진단할 수 있는 기준이 달라져야 함이 자명하나, 종래에는 작업자의 주관적 판단 또는 제작사에서 제공하는 단지 하나의 기준에 따라 이상 진단을 하였기 때문에 많은 문제가 있었다. 그러나 본 발명에서는, 상술한 바와 같이 다양한 운전 조건에 따라 기준이 되는 경고치를 설정하고, 이에 따라 이상 진단을 함으로써 분쇄기 이상 진단의 신뢰성, 정확성, 재연성을 훨씬 향상할 수 있다.

[0032] **추가 실시예**

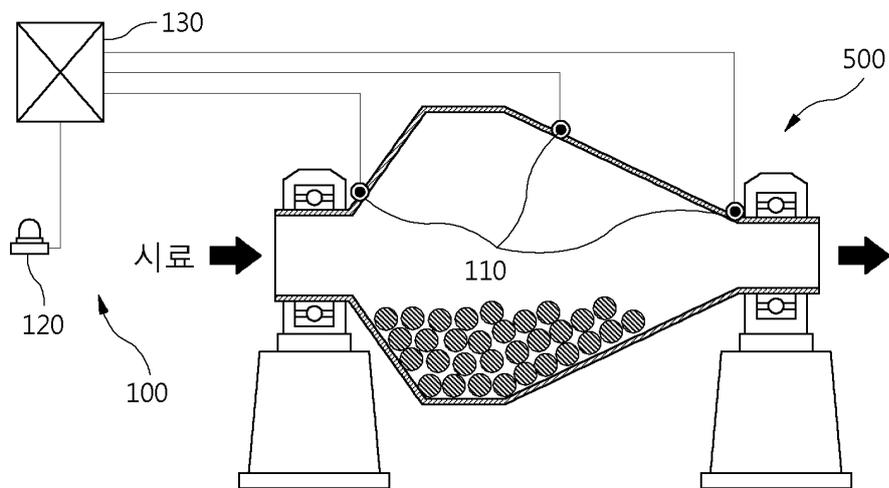
[0033] 추가 실시예에서는, 분쇄기의 종류에 따라 측정치를 추가적으로 보정하는 단계가 추가된다. 즉, 기본 실시예에

도면

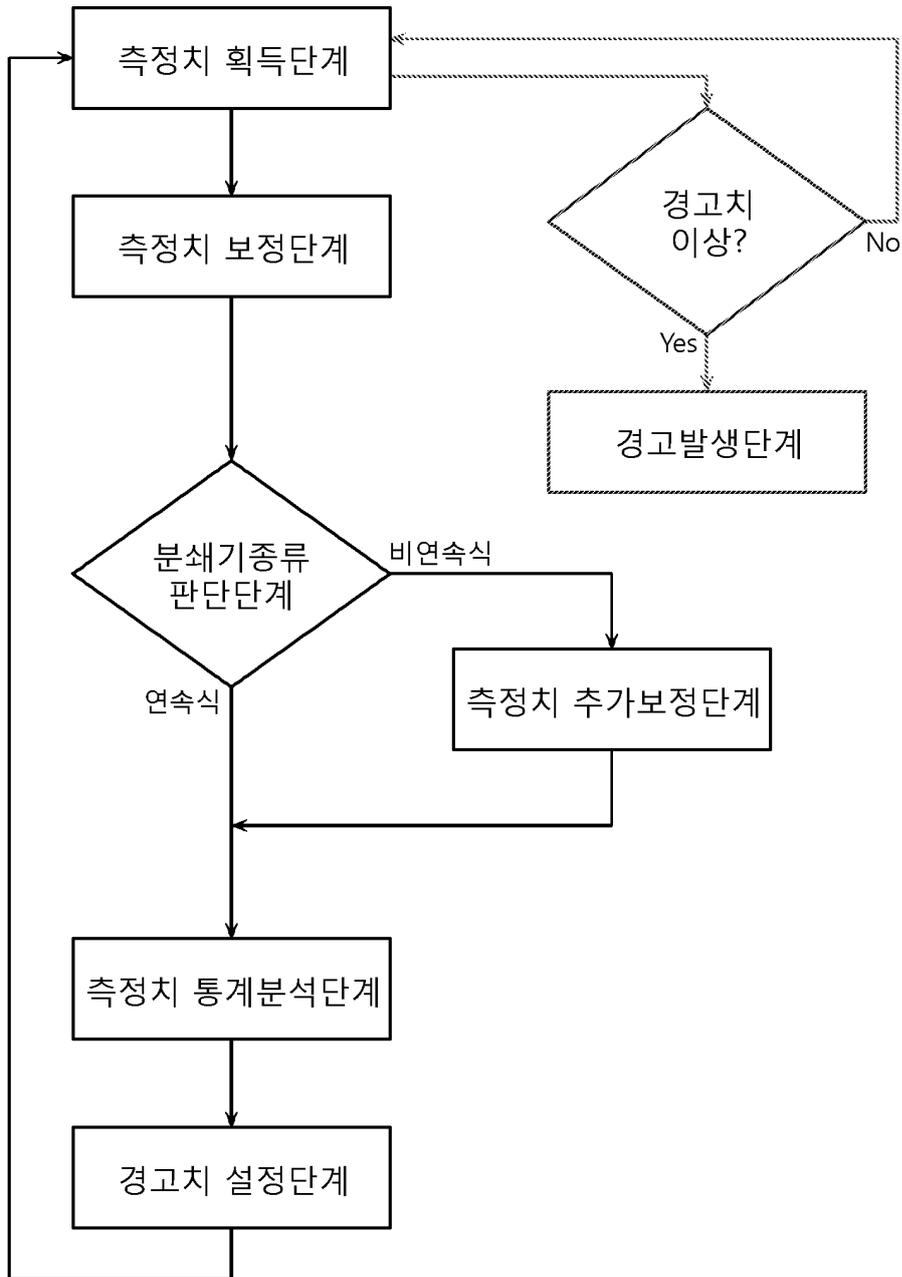
도면1



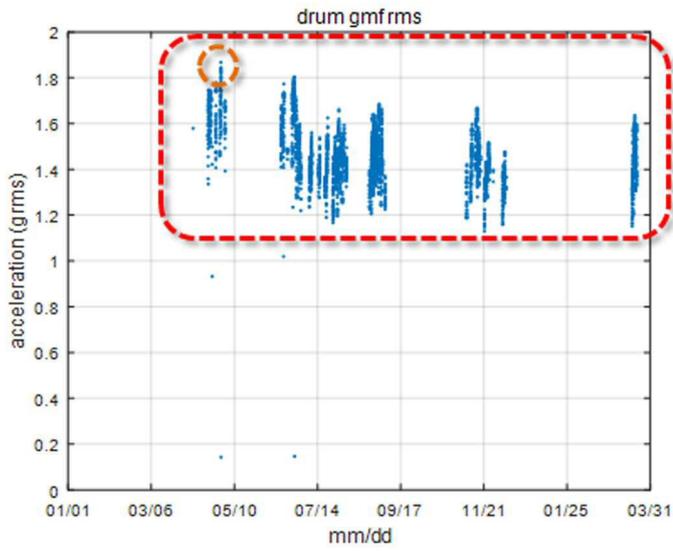
도면2



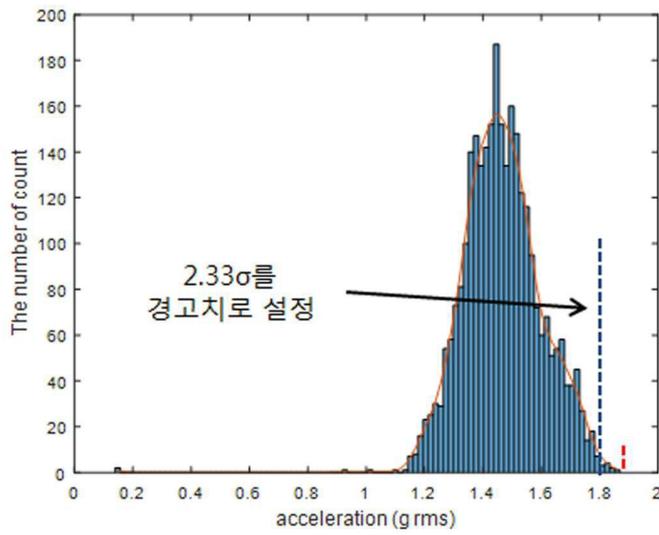
도면3



도면4

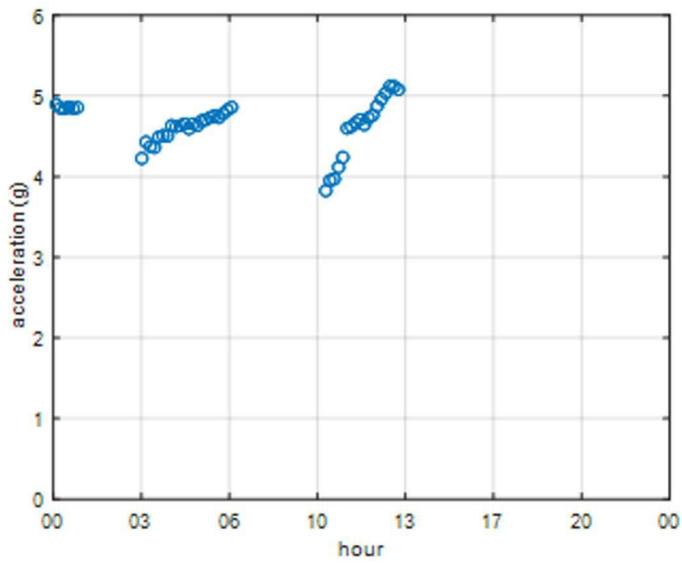
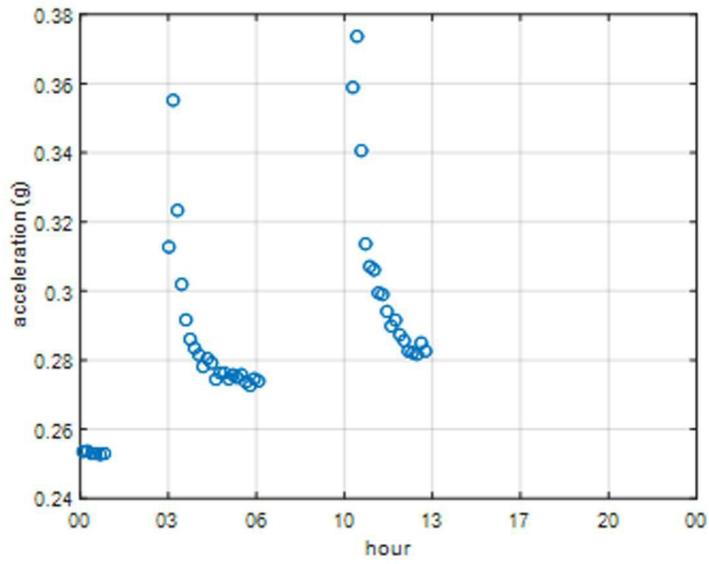


(A)

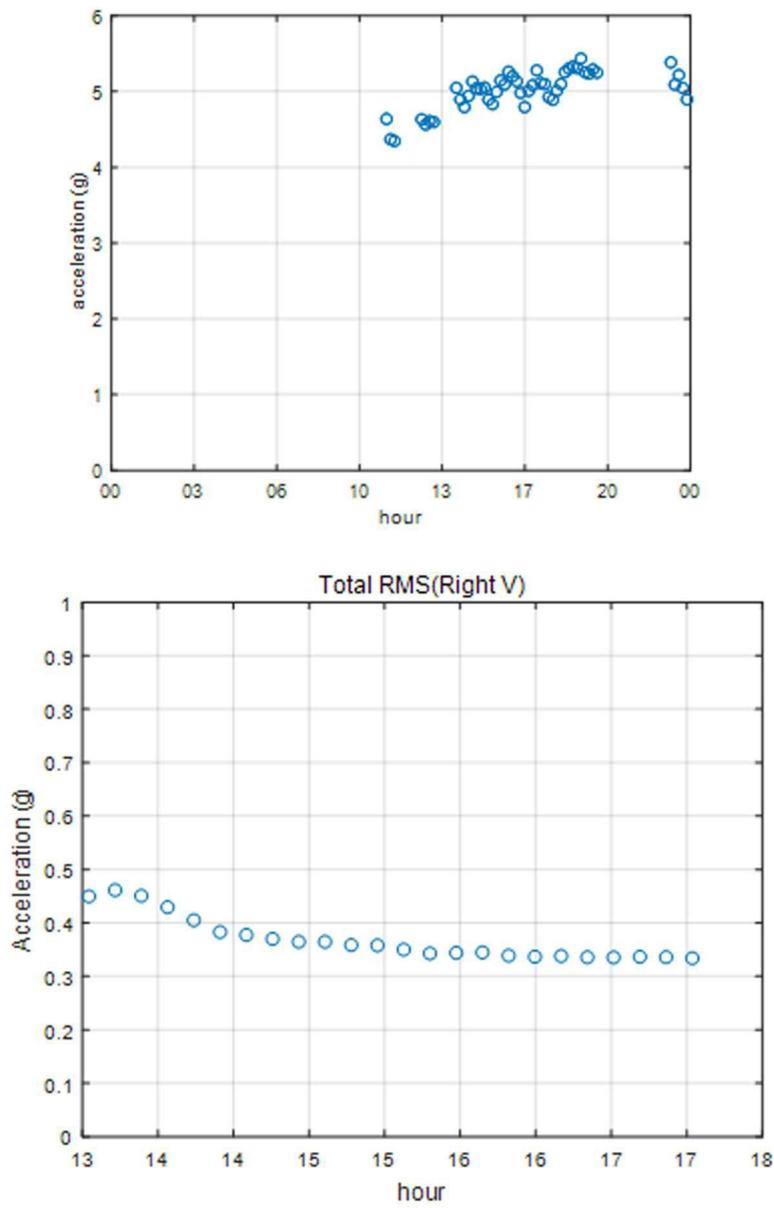


(B)

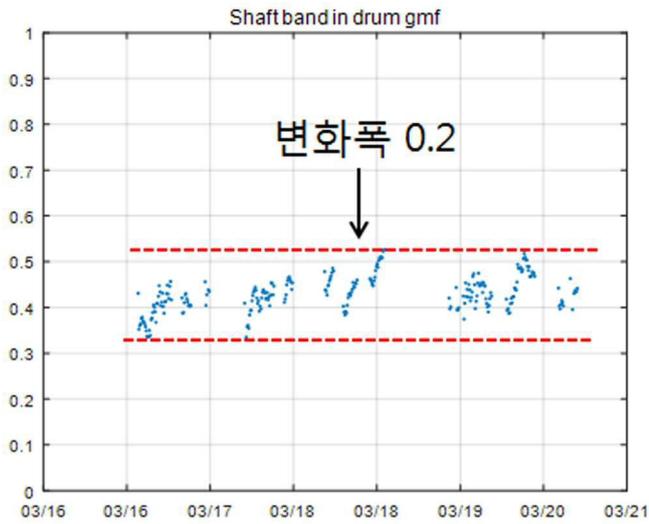
도면5



도면6

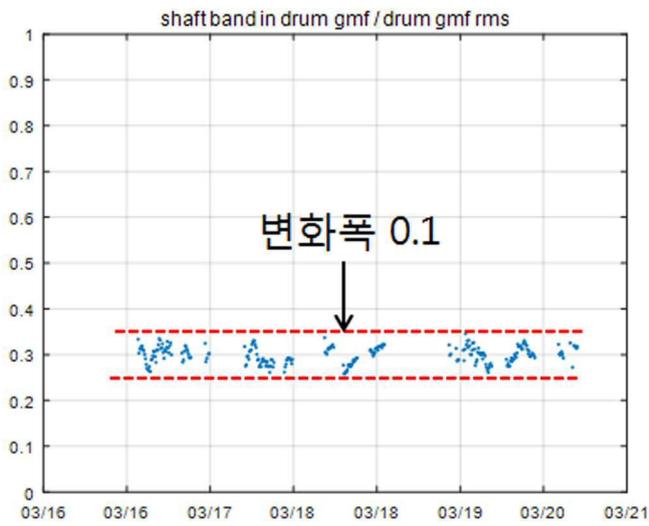


도면7



< 기어 맞물림 주파수 측대역 성분 >

(A)



< 기어 맞물림 주파수 측대역 성분을 기어 맞물림 주파수 성분으로 정규화 >

(B)