(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0026108
(43) 공개일자 2020년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23Q 17/12 (2006.01) *B23Q 17/24* (2006.01)
G01B 21/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23Q 17/12 (2013.01)
B23Q 17/2452 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0105660
(22) 출원일자 2019년08월28일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2018-162451 2018년08월31일 일본(JP)

(71) 출원인
화낙 코퍼레이션
일본 야마나시껭 미나미쯔루궁 오시노무라 시보꾸사 아자꼬만 바 3580
(72) 발명자
우에니시 다이스케
일본 야마나시껭 미나미쯔루궁 오시노무라 시보꾸사 아자꼬만바 3580 화낙 코퍼레이션 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **가공 환경 추정 장치**

(57) 요 약

본 발명의 가공 환경 추정 장치는, 가공기에 의한 가공 환경을 나타내는 진동의 시계열 데이터와, 가공기에 있어서의 워크의 가공의 가공 조건과, 가공에 의한 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터와, 가공면의 평가 데이터를 취득하는 데이터 취득부와, 상태 데이터로서의 진동 데이터 및 가공 조건 데이터, 라벨 데이터로서의 가공면 측정 데이터 및 가공면 평가 데이터를 작성하는 전처리부와, 상태 데이터 및 라벨 데이터에 기초하여, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습한 학습 모델을 생성하는 학습부를 구비하였다.

(52) CPC특허분류
G01B 21/20 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

가공기에 있어서의 가공에 대한 진동의 영향을 추정하기 위한 가공 환경 추정 장치로서,

상기 가공기에 의한 가공 환경을 나타내는 상기 가공기의 주축에 장착된 홀더의 진동의 시계열 데이터, 상기 가공기의 주축의 진동의 시계열 데이터, 및 상기 가공기의 테이블의 진동의 시계열 데이터와, 상기 가공기에 있어서의 워크의 가공의 가공 조건과, 상기 가공에 의한 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터와, 상기 가공면의 평가 데이터를 취득하는 데이터 취득부와,

상기 데이터 취득부가 취득한 데이터에 기초하여, 상태 데이터로서의 진동 데이터 및 가공 조건 데이터, 라벨 데이터로서의 가공면 측정 데이터 및 가공면 평가 데이터를 작성하는 전처리부와,

상기 상태 데이터 및 상기 라벨 데이터에 기초하여, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습한 학습 모델을 생성하는 학습부를 구비한 가공 환경 추정 장치.

청구항 2

가공기에 있어서의 가공에 대한 진동의 영향을 추정하는 가공 환경 추정 장치로서,

상기 가공기에 의한 가공 환경을 나타내는 상기 가공기의 주축에 장착된 홀더의 진동의 시계열 데이터, 상기 가공기의 주축의 진동의 시계열 데이터, 및 상기 가공기의 테이블의 진동의 시계열 데이터와, 상기 가공기에 있어서의 워크의 가공의 가공 조건을 취득하는 데이터 취득부와,

상기 데이터 취득부가 취득한 데이터에 기초하여, 상태 데이터로서의 진동 데이터 및 가공 조건 데이터를 작성하는 전처리부와,

가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습한 학습이 완료된 모델을 기억하는 학습 모델 기억부와,

상기 상태 데이터에 기초하여, 상기 학습이 완료된 모델을 사용한 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가의 추정을 실시하는 추정부를 구비한 가공 환경 추정 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

미리 검출된 진동의 주요한 주파수 성분에 대해 그 진동의 원인에 관계하는 가이던스를 관련지은 원인 추정 데이터를 기억하는 원인 추정 데이터 기억부와,

상기 추정부에 의한 추정의 결과에 기초하여, 상기 원인 추정 데이터 기억부를 참조함으로써 진동의 원인을 추정하는 원인 추정부를 추가로 구비하는, 가공 환경 추정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 가공 환경 추정 장치에 관한 것으로, 특히, 고품위 가공에 영향을 미치는 가공 환경을 측정하는 가공 환경 추정 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 머시닝 센터 등의 절삭 가공기로 IT 부품이나 장식품 등의 외관 부품의 고품위 가공이 실시된다 (예를 들어, 일본 공개특허공보 2006-159299호 등). 고품위 가공에는, 단결정 다이아몬드나 다결정 다이아몬드 (PCD), CBN (cubic Boron Nitride) 등의 공구가 사용되고 있다. 이들 공구에 의해 경면 가공 등이 실시될 때에는, 주축의 회전이나 외란에 의한 진동이 가공면 품위에 크게 영향을 미치는 것이 알려져 있다.

그래서, 가공면 불량을 일으키는 기계의 진동이 진동 측정 장치 등을 사용하여 측정되고, 측정된 각 진동과 가공 조건의 상관 관계로부터 가공면 불량의 발생 원인이 특정된다.

[0003] 종래, 가공면 불량의 주된 원인은, 주축의 회전에서 기인되는 진동인 것으로 생각되고 있었다. 그러나, 진폭이 작은 진동 (예를 들어 주축의 회전 진동의 진폭의 1/100 이하의 진폭의 진동) 과 주축의 회전 진동이 합성됨으로써, 맥놀이가 발생하여, 가공면 불량을 일으키는 경우가 있다. 또, 예를 들어, 헬 가공 등, 주축을 회전시키지 않는 가공에서도 가공면 불량을 일으키는 경우가 있다. 이 문제를 해결하기 위해서, 주축의 진동을 측정하여 주축 부분에 전달되고 있는 진동원을 특정하는 수법이 취해져 왔다.

[0004] 그러나, 이들 종래 기술에는 이하의 점의 과제가 있다. 즉, 가공기에서는, 주축의 회전에서 기인되는 진동뿐만 아니라, 여러 가지 진동이 발생한다. 예를 들어, 주축의 회전에서 기인되는 진동의 주파수에 가까운 진동으로서, 진폭이 극소인 진동이 어떠한 원인으로 발생하는 경우가 있다. 이 경우, 예를 들어, FFT (Fast Fourier Transform) 를 사용한 스펙트럼 해석을 실시해도, 주축의 회전에서 기인되는 진동과, 진폭이 극소인 외란 진동을 분리하여 해석하는 것은 현실적으로는 곤란하였다. 즉, 가공 품위에 영향을 미칠 수 있는 작은 진동의 발생 원인을 특정하는 것이 곤란하였다.

[0005] 또, 상기 서술한 바와 같이, 가공기에 있어서의 진동은, 주축의 회전에서 기인되는 진동뿐만 아니라, 외부 환경에서 기인되는 진동도 있다. 예를 들어, 가공기의 테이블 (워크측) 은, 가공기의 설치 상태, 또는 인접 기계에서 발생하는 진동의 영향을 받는 경우가 있다. 그러나, 종래의 수법에서는, 주축 (공구측) 에서 기인되는 진동과 테이블 (워크측) 에서 기인되는 진동을 구별하는 것이 곤란하였다. 또, 종래에는, 가공면에서의 불량이 발생하고 나서 진동의 발생 원인을 추구하여, 대처하고 있었다. 그 때문에, 가공 워크의 전수 검사가 필요해지고 있었다. 또, 워크의 가공면의 상태에 기초하여 진동의 해석을 실시하여 진동의 발생 원인을 특정하려면, 진동의 가공면에 대한 영향에 대해 숙지한 숙련자가 필요해진다. 그러나, 숙련자가 없는 환경에 있어서는, 진동의 발생 원인의 특정이 곤란하였다. 또한, 워크의 종류, 혹은, 가공의 종류에 따라, 구해지는 가공 품위가 상이하다. 그 때문에, 모든 워크 대하여, 혹은, 가공의 종류에 관계없이, 일정한 품위로 가공이 실시되면, 가공된 워크, 혹은, 가공된 부분이 과잉 품질이 되는 경우가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그래서 본 발명의 목적은, 구해지는 가공 품위에 맞추어, 진동의 가공에 대한 영향을 예측 가능한 가공 환경 추정 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시형태에서는, 주축 회전 진동, 홀더부 진동, 및 테이블부 진동의 3 종류의 진동 데이터가 측정된다. 주축 회전 진동은, 가공기의 주축부에 있어서 주축의 회전에 의해 발생하는 진동이다. 홀더부 진동은, 외부로부터의 진동 등이 주축 내부를 통하여 주축부에 장착된 홀더부에 전달된 진동이다. 테이블부 진동은, 테이블의 동작에서 기인되는 진동 또는, 외부로부터 테이블에 전달되는 진동이다. 측정된 3 종류의 진동 데이터에 대해 스펙트럼 해석 (FFT 해석 등) 이 실시된다. 스펙트럼 해석에 의해 구해진 각 주파수의 데이터와, 가공기의 가공 조건 (주축 회전 수와 이송 속도와 날 수) 이, 기계 학습에 있어서의 입력 데이터로서 사용된다. 또, 기계 학습에 있어서의 라벨 데이터로서, 가공면 조도를 스펙트럼 해석한 결과로부터 구해진, 진폭으로서 영향이 큰 파장과, 가공면 불량의 유무가 교시된다. 상기의 입력 데이터 및 라벨 데이터로부터의 가공 불량이 되는 진동원이 특정되도록 기계 학습이 실시된다. 본 발명의 일 실시형태에 관련된 가공 환경 추정 장치는, 기계 학습의 결과를 사용하여 3 종류의 진동 데이터로부터 가공면 불량의 발생을 예측한다.

[0008] 그리고, 본 발명의 일 양태는, 가공기에 있어서의 가공에 대한 진동의 영향을 추정하기 위한 가공 환경 추정 장치로서, 상기 가공기에 의한 가공 환경을 나타내는 상기 가공기의 주축에 장착된 홀더의 진동의 시계열 데이터, 상기 가공기의 주축의 진동의 시계열 데이터, 및 상기 가공기의 테이블의 진동의 시계열 데이터와, 상기 가공기에 있어서의 워크의 가공의 가공 조건과, 상기 가공에 의한 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터와, 상기 가공면의 평가 데이터를 취득하는 데이터 취득부와, 상기 데이터 취득부가 취득한 데이터에 기초하여, 상태 데이터로서의 진동 데이터 및 가공 조건 데이터, 라벨 데이터로서의 가공면 측정 데이터 및 가공면 평가 데이터를 작성하는 전처리부와, 상기 상태 데이터 및 상기 라벨 데이터에 기초하여, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습한 학습 모델을 생성하는 학

습부를 구비한 가공 환경 추정 장치이다.

[0009] 본 발명의 다른 양태는, 가공기에 있어서의 가공에 대한 진동의 영향을 추정하는 가공 환경 추정 장치로서, 상기 가공기에 의한 가공 환경을 나타내는 상기 가공기의 주축에 장착된 홀더의 진동의 시계열 데이터, 상기 가공기의 주축의 진동의 시계열 데이터, 및 상기 가공기의 테이블의 진동의 시계열 데이터와, 상기 가공기에 있어서의 워크의 가공의 가공 조건을 취득하는 데이터 취득부와, 상기 데이터 취득부가 취득한 데이터에 기초하여, 상태 데이터로서의 진동 데이터 및 가공 조건 데이터를 작성하는 전처리부와, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습한 학습이 완료된 모델을 기억하는 학습 모델 기억부와, 상기 상태 데이터에 기초하여, 상기 학습이 완료된 모델을 사용한 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가의 추정을 실시하는 추정부를 구비한 가공 환경 추정 장치이다.

발명의 효과

[0010] 주축 정지시에 주축부에 전달되는 진동을 홀더부에서 측정함으로써, 극소의 외란 진동을 판단하는 것이 가능해진다. 그 때문에, 가공 불량의 원인을 보다 미세하게 추정할 수 있다. 또, 기계 학습 후에는 기계의 진동 주파수에만 기초하여 가공면 불량의 발생의 유무가 판단된다. 그 때문에, 공장에 있어서의 업무의 개시 전이나 워크의 가공 전에 가공면 불량 발생을 예측하는 것이 가능해진다. 특히, 가공면 불량의 원인이 되는 진동의 진동원으로 여겨지는 방열 팬이나 미스트 콜렉터 등은, 경년 변화나 절삭액의 부착에 의해 진동이 증가하는 경향이 있다. 본 발명의 실시형태에 의해, 진동 주파수의 변화로부터 진동원을 예측하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 상기한 및 그 밖의 목적 및 특징은, 첨부 도면을 참조한 이하의 실시예의 설명으로부터 분명해질 것이다. 그 도면들 중 :

도 1 은, 일 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치의 개략적인 하드웨어 구성도이다.

도 2 는, 제 1 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치의 개략적인 기능 블록도이다.

도 3 은, 진동의 측정에 사용되는 센서를 예시하는 도면이다.

도 4 는, 진동의 측정에 사용되는 센서를 예시하는 도면이다.

도 5 는, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 결과의 예를 나타내는 도면이다.

도 6 은, 제 2 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치의 개략적인 기능 블록도이다.

도 7 은, 제 3 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치의 개략적인 기능 블록도이다.

도 8 은, 원인 추정 데이터의 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 실시형태를 도면과 함께 설명한다.

[0013] 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치 (1) 를 나타내는 개략적인 하드웨어 구성도이다. 본 실시형태의 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 가공기 (2) 를 제어하는 제어 장치에 실장된다. 또, 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 가공기 (2) 를 제어하는 제어 장치에 병설된 PC 나, 가공기 (2) 와 네트워크를 통하여 접속되는 셀 컴퓨터, 호스트 컴퓨터, 클라우드 서버 등의 컴퓨터에 실장되어도 된다. 도 1 은, 가공기 (2) 를 제어하는 제어 장치에 병설된 PC 에 가공 환경 추정 장치 (1) 가 실장된 경우의 예를 나타내고 있다.

[0014] 본 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치 (1) 가 구비하는 CPU (Central Processing Unit) (11) 는, 가공 환경 추정 장치 (1) 를 전체적으로 제어하는 프로세서이다. CPU (11) 는, 버스 (22) 를 통하여 ROM (Read Only Memory) (12) 에 격납된 시스템 프로그램을 판독 출력한다. CPU (11) 는, 그 시스템 프로그램에 따라서 가공 환경 추정 장치 (1) 전체를 제어한다. RAM (Random Access Memory) (13) 에는 일시적인 계산 데이터나 표시 장치 (70) 에 표시하기 위한 표시 데이터가 격납된다. RAM (13) 에 격납된 표시 데이터는, 인터페이스 (18) 를 통하여 표시 장치 (70) 에 출력된다. 또, RAM (13) 에는, 입력 장치 (71) 를 통하여 오퍼레이터가 입력한 각종 데이터 등이 격납된다.

[0015] 불휘발성 메모리 (14) 는, 예를 들어, 도시되지 않은 배터리로 백업된 SRAM (Static Random Access Memory) 이나 SSD (Solid State Drive) 등으로 구성된다. 불휘발성 메모리 (14) 는, 가공 환경 추정 장치 (1) 의 전원이 오프되어도 기억 상태가 유지되는 메모리이다. 불휘발성 메모리 (14) 에는, 입력 장치 (71) 로부터 인터페이스 (19) 를 통하여 입력된 데이터나 프로그램이 기억된다. 또, 불휘발성 메모리 (14) 에는, 가공기 (2) 로부터 (도시되지 않은 USB (Universal Serial Bus) 장치 등을 통하여) 오프라인 또는 (인터페이스 (20) 를 통하여) 온라인에서 취득된 데이터가 기억된다. 또, 불휘발성 메모리 (14) 에는, 가공기 (2) 에 병설된 가공면 측정 장치 (도시 생략) 로부터 온라인 또는 오프라인에서 취득된 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터가 기억된다. 또, 불휘발성 메모리 (14) 에는, 가공기 (2) 에 장착된 각종 센서 (3) (진동을 검출하는 가속도 센서 등) 로부터 오프라인 또는 인터페이스 (21) 를 통하여 온라인에서 취득된 검출치 등의 데이터가 기억된다. 불휘발성 메모리 (14) 에 기억된 데이터나 프로그램 등은, 이용시에는 RAM (13) 에 전개되어도 된다.

또, ROM (12) 에는, 시계열 데이터의 해석을 위해서 필요해지는 각종 알고리즘이나, 그 밖의 필요해지는 처리를 실행하기 위한 시스템 프로그램이 미리 기록되어 있다.

[0016] 인터페이스 (23) 는, 가공 환경 추정 장치 (1) 의 각 부와 기계 학습 장치 (300) 를 접속하는 인터페이스이다.

기계 학습 장치 (300) 는, 기계 학습 장치 (300) 전체를 제어하는 프로세서 (301), 시스템 프로그램 등을 기억한 ROM (302), 기계 학습에 관련된 각 처리에 있어서의 일시적인 데이터를 기억하기 위한 RAM (303), 및 학습 모델 등의 기억에 사용되는 불휘발성 메모리 (304) 를 갖는다. 프로세서 (301), ROM (302), RAM (303), 및 불휘발성 메모리 (304) 는, 서로 버스 (305) 를 통하여 접속된다. 기계 학습 장치 (300) 는, 인터페이스 (23) 를 통하여 가공 환경 추정 장치 (1) 에서 취득 가능한 각 정보를 관측할 수 있다. 또, 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 기계 학습 장치 (300) 로부터 출력되는 가공 환경이 가공 결과에 미치는 영향의 추정 결과에 기초하여, 그 후의 처리를 실시한다.

[0017] 도 2 는, 제 1 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치 (1) 의 개략적인 기능 블록도이다. 도 2 에 나타낸 기능 블록의 각 기능은, 가공 환경 추정 장치 (1) 가 구비하는 CPU (11), 및 기계 학습 장치 (300) 의 프로세서 (301) 가, 각각의 시스템 프로그램을 실행하고, 가공 환경 추정 장치 (1) 및 기계 학습 장치 (300) 의 각 부를 제어함으로써 실현된다.

[0018] 본 실시형태의 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 데이터 취득부 (30), 전처리부 (32) 를 구비한다. 가공 환경 추정 장치 (1) 가 구비하는 기계 학습 장치 (300) 는, 학습부 (110) 를 구비하고 있다. 불휘발성 메모리 (14) 에는, 기계 학습 장치 (300) 에 있어서의 학습에 사용되는 데이터를 기억하는 학습 데이터 기억부 (50) 가 형성되어 있다. 기계 학습 장치 (300) 의 불휘발성 메모리 (304) 에는, 학습부 (110) 에 있어서의 기계 학습에 의해 구축된 학습 모델을 기억하는 학습 모델 기억부 (130) 가 형성되어 있다.

[0019] 데이터 취득부 (30) 는, 가공기 (2), 센서 (3), 입력 장치 (71) 등으로부터 취득한 데이터를 학습 데이터로서, 불휘발성 메모리 (14) 상에 확보된 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시키는 기능 수단이다.

[0020] 데이터 취득부 (30) 는, 가공기 (2) 에 설치되어 있는 센서 (3) 에서 측정된 물리량의 시계열 데이터를 취득한다. 센서 (3) 는, 예를 들어, 진동을 검출하기 위한 가속도 센서이다. 센서 (3) 는, 가공기 (2) 의 각 부에 장착된다. 센서 (3) 는, 가공기 (2) 에 있어서의 장착된 부분의 진동을 검출한다. 센서 (3) 는, 도 3, 4 에 예시되는 바와 같이, 주축에 장착되는 홀더 (홀더부 측정 센서 (3A)), 주축 (주축부 측정 센서 (3B)), 테이블 (테이블부 측정 센서 (3C)) 등에 장착된다. 홀더부 측정 센서 (3A) 는, 가공시에 있어서 공구에 전해지는 진동을 검출하는 중요한 역할을 한다. 홀더부 측정 센서 (3A) 는, 단순히 가공기 (2) 밖으로부터 전해져 오는 진동을 검출할 뿐만 아니라, 가공기 (2) 내의 각 부 (예를 들어, 주축 모터나 제어반 내에 장착되어 있는 팬 등) 에서 발생하여, 주축 회전 기구 내부를 전달해 오는 미약한 진동 등을 검출한다. 또, 홀더부 측정 센서 (3A) 는, 사용 공구에 따라 상이한 주축 회전시의 진동을 측정할 수 있다. 주축부 측정 센서 (3B) 는, 주로 주축 회전시에 발생하는 일반적인 진동을 측정한다. 테이블부 측정 센서 (3C) 는, 테이블에 전해지는 일반적인 진동을 검출한다. 데이터 취득부 (30) 는, 예를 들어, 취득된 각 데이터에 대해 가공 환경 추정 장치 (1) 에 내장된 도시되지 않은 RTC (Real Time Clock) 등으로부터 취득한 시각 데이터를 관련짓는 것에 의해 시계열 데이터를 생성한다. 데이터 취득부 (30) 는, 생성된 각각의 시계열 데이터를 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시킨다. 가공기 (2) 에서 시계열 데이터가 작성되는 경우, 데이터 취득부 (30) 는, 가공기 (2) 에서 작성된 시계열 데이터를 그대로 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시켜도 된다. 데이터 취득부 (30) 가 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시키는 시계열 데이터는, 시간과 관련지어진 값의 집합 (이산치) 이어도 된다. 데이터 취득부 (30) 가 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시키는 시계열 데이터는, 그 이

산치에 기초하여 구해진 근사식 (연속치) 이어도 된다.

[0021] 데이터 취득부 (30) 는, 가공기 (2) 로부터 워크의 가공시에 있어서의 주축 회전 수나 이송 속도, 날 수 등의 가공 조건을 취득한다. 데이터 취득부 (30) 가 취득하는 가공 조건은, 시계열 데이터가 센서 (3) 에 의해 검출되는 환경 하에 있어서, 가공기 (2) 로 워크의 가공이 실시되었을 때의 가공 조건의 데이터이다.

[0022] 데이터 취득부 (30) 는, 도시되지 않은 가공면 측정 장치에 의해 측정된 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터를 취득한다. 데이터 취득부 (30) 가 취득하는 가공면의 측정 데이터는, 시계열 데이터가 센서 (3) 에 의해 검출되는 환경 하에 있어서, 상기 가공 조건에서 가공된 워크의 가공면의 측정 데이터이다.

[0023] 데이터 취득부 (30) 는, 입력 장치 (71) 로부터 입력된 가공 후의 워크의 가공면 상태의 평가 데이터를 취득한다. 데이터 취득부 (30) 가 취득하는 가공면의 평가 데이터는, 시계열 데이터가 센서 (3) 에 의해 검출되는 환경 하에 있어서, 상기 가공 조건 하에서 가공된 워크의 가공면에 대한 평가 결과를 나타내는 데이터이다. 가공면의 평가 데이터는, 예를 들어, 가공면 불량이 있음/없음 등의 2 치 데이터이다.

[0024] 그리고, 데이터 취득부 (30) 는, 상기한 센서 (3) 에서 측정된 물리량 (진동) 의 시계열 데이터, 그 시계열 데이터가 측정되는 가공 환경 하에 있어서의 워크의 가공 조건, 그 가공 환경 하에 있어서 그 가공 조건에서 가공된 워크의 가공면의 측정 데이터, 및 그 가공 환경 하에 있어서 그 가공 조건에서 가공된 워크의 가공면에 대한 평가 데이터를, 1 세트의 학습 데이터로서 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시킨다.

[0025] 전처리부 (32) 는, 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억되어 있는 학습 데이터에 기초하여, 기계 학습 장치 (300) 에 의한 학습에 사용되는 상태 데이터 (S) 와 라벨 데이터 (L) 를 포함하는 교사 데이터 (T) 를 작성한다. 전처리부 (32) 는, 학습 데이터 기억부 (50) 로부터 판독 출력한 학습 데이터를, 기계 학습 장치 (300) 에 있어서 다루어지는 형식으로 변환 (수치화, 정규화, 샘플링 등) 하여 상태 데이터 (S) 및 라벨 데이터 (L) 를 작성한다. 전처리부 (32) 가 작성하는 상태 데이터 (S) 는, 가공기 (2) 의 가공 환경에 있어서의 진동 상태를 나타내는 진동 데이터 (S1) 및 가공기 (2) 에 의한 가공시의 가공 조건을 나타내는 가공 조건 데이터 (S2) 를 포함한다. 또, 전처리부 (32) 가 작성하는 라벨 데이터 (L) 는, 적어도 가공 후의 워크의 가공면의 측정 결과를 나타내는 가공면 측정 데이터 (L1) 와, 가공 후의 워크의 가공면의 평가 결과를 나타내는 가공면 평가 데이터 (L2) 를 포함한다.

[0026] 진동 데이터 (S1) 는, 데이터 취득부 (30) 가 취득한 가공기 (2) 의 각 부에 발생한 진동의 시계열 데이터의 특징을 나타내는 데이터를 사용하도록 해도 된다. 진동 데이터 (S1) 는, 예를 들어, 홀더부 측정 센서 (3A) 에서 측정된 홀더부의 진동의 시계열 데이터를 공지된 스펙트럼 해석으로 해석하여 얻어지는 주파수 성분의 가속도치 (m/s^2), 속도치 (㎜/s), 변위치 (㎛) 이다. 진동 데이터 (S1) 는, 스펙트럼 해석에 의해 얻어진 주파수 성분 중, 진폭이 큰 쪽에서부터 세어 소정 수 (예를 들어, 상위 2 개, 상위 10 개 등) 의 주파수 성분으로부터 산출되면 된다. 또, 진동 데이터 (S1) 에는, 추가로, 주축부 측정 센서 (3B) 에서 측정된 주축부의 진동의 시계열 데이터를 공지된 스펙트럼 해석으로 해석하여 얻어지는 주파수 성분의 가속도치 (m/s^2), 속도치 (㎜/s), 변위치 (㎛) 가 포함되어도 된다. 이 진동 데이터 (S1) 는, 주축부 측정 센서 (3B) 에서 측정된 진동의 시계열 데이터의 해석에 의해 얻어진 주파수 성분 중, 진폭이 큰 쪽에서부터 세어 소정 수 (예를 들어, 상위 2 개, 상위 10 개 등) 의 주파수 성분으로부터 산출되어도 된다. 또, 진동 데이터 (S1) 에는, 테이블부 측정 센서 (3C) 에서 측정된 테이블부의 진동의 시계열 데이터를 공지된 스펙트럼 해석으로 해석하여 얻어지는 주파수 성분의 가속도치 (m/s^2), 속도치 (㎜/s), 변위치 (㎛) 등을 포함하고 있어도 된다. 이 진동 데이터 (S1) 는, 테이블부 측정 센서 (3C) 에서 측정된 진동의 시계열 데이터의 해석에 의해 얻어진 주파수 성분 중, 진폭이 큰 쪽에서부터 세어 소정 수 (예를 들어, 상위 2 개, 상위 10 개 등) 의 주파수 성분으로부터 산출되어도 된다.

[0027] 가공 조건 데이터 (S2) 는, 가공기 (2) 로부터 취득된 워크의 가공시에 있어서의 주축 회전 수 (rpm), 이송 속도 (㎜/min), 공구의 날 수 (Z) 등의 가공 조건의 데이터이다.

[0028] 가공면 측정 데이터 (L1) 는, 예를 들어, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 가공 후의 워크의 가공면의 가공 방향 (공구의 이동 방향) 을 따르는 단면 곡선이 스펙트럼 해석됨으로써 얻어지는 파장 및 진폭의 데이터이다. 단면 곡선은, 가공 후의 워크의 가공면이 가공면 측정 장치에서 측정됨으로써 얻어진다.

[0029] 가공면 평가 데이터 (L2) 는, 예를 들어, 가공 후의 워크의 가공면의 평가 결과를 수치화한 것 (가공면 불량 있음 = 1, 가공면 불량 없음 = 0 등) 이다. 가공 후의 워크의 가공면의 평가 결과는, 작업자에 의해 입력 장

치 (71) 로부터 입력된다.

[0030] 학습부 (110) 는, 전처리부 (32) 가 작성한 상태 데이터 (S) 및 라벨 데이터 (L) 를 사용한 지도 학습을 실시한다. 학습부 (110) 는, 지도 학습을 실시함으로써, 학습이 완료된 모델을 생성하는 (학습하는) 기능 수단이다. 학습이 완료된 모델은, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한, 가공 후의 워크의 가공면의 측정 데이터 및 그 가공면의 평가 결과를 학습함으로써 생성된다. 학습부 (110) 는, 예를 들어, 뉴럴 네트워크를 학습 모델로서 사용한 지도 학습을 실시한다. 이 경우, 학습 모델에는, 입력층, 중간층, 출력층의 3 층을 구비한 뉴럴 네트워크가 사용된다. 학습부 (110) 는, 4 층 이상의 층을 이루는 뉴럴 네트워크를 학습 모델로서 사용한 딥 러닝을 실시해도 된다. 이로써, 효과적인 학습 및 추론을 실시하는 것이 가능하다. 학습부 (110) 가 생성한 학습이 완료된 모델은, 불휘발성 메모리 (304) 상에 형성된 학습 모델 기억부 (130) 에 기억된다. 학습이 완료된 모델은, 후술하는 추정부 (120) 에 의한 워크의 가공면의 상태 및 평가의 추정 처리에 사용된다.

[0031] 학습부 (110) 는, 데이터 취득부 (30) 가 취득한 여러 가지 가공 환경에 있어서의 여러 가지 가공 조건에서의 워크의 가공시의 학습 데이터를 사용하여 상기한 학습을 반복하여 실시한다. 학습부 (110) 는, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건으로부터 워크의 가공면의 상태 및 평가를 추정하기 위해서 사용되는 학습이 완료된 모델을 생성한다. 학습부 (110) 는, 이와 같은 학습을 반복하는 것에 의해, 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 대한 워크의 가공면의 상태 및 평가를 학습한 학습이 완료된 모델을 구축한다.

[0032] 도 6 은, 제 2 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치 (1) 의 개략적인 기능 블록도이다. 도 6 에 나타낸 기능 블록의 각 기능은, 도 1 에 나타낸 가공 환경 추정 장치 (1) 의 CPU (11), 및 기계 학습 장치 (300) 의 프로세서 (301) 가, 각각의 시스템 프로그램을 실행하고, 가공 환경 추정 장치 (1) 및 기계 학습 장치 (300) 의 각부를 제어함으로써 실현된다.

[0033] 본 실시형태의 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 학습 모델 기억부 (130) 에 기억된 학습이 완료된 모델을 사용하여, 워크의 가공면의 상태 및 평가를 추정한다. 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 데이터 취득부 (30) 에 취득된 가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건에 기초하여, 워크의 가공면의 상태 및 평가를 추정한다.

[0034] 데이터 취득부 (30) 는, 주로 상태 데이터 (S) 를 생성하기 위해서 필요해지는 데이터만을 가공기 (2) 및 센서 (3) 로부터 취득한다. 데이터 취득부 (30) 는, 취득한 데이터를 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억시킨다. 학습 데이터는, 예를 들어, 가공이 개시되기 전에 가공기에 대해 소정의 측정 동작 (벤치마크 동작) 을 실시시켰을 때에 센서 (3) 로부터 취득된다. 또, 가공 조건에 관련된 학습 데이터는, 데이터 취득부 (30) 에 의해, 예를 들어, 가공이 개시되기 전에, 가공에 사용되는 가공 프로그램 등으로부터 취득되도록 해도 된다.

[0035] 또, 전처리부 (32) 는, 학습 데이터 기억부 (50) 에 기억된 학습 데이터에 기초하여, 기계 학습 장치 (300) 에 있어서 추정에 이용되는 상태 데이터 (S) 로서의 진동 데이터 (S1) 및 가공 조건 데이터 (S2) 를 생성한다.

[0036] 추정부 (120) 는, 전처리부 (32) 로부터 입력된 상태 데이터 (S) 에 기초하여, 학습이 완료된 모델을 사용한 워크의 가공면의 상태 및 평가의 추정을 실시한다. 본 실시형태의 추정부 (120) 는, 학습부 (110) 에 의한 지도 학습에 의해 생성된 (파라미터가 결정된) 학습이 완료된 모델을 사용하여 워크의 가공면의 상태 및 평가의 추정을 실시한다. 추정부 (120) 는, 전처리부 (32) 로부터 입력된 상태 데이터 (S) (가공 환경의 진동 상태 및 가공 조건) 를 입력 데이터로서 사용함으로써 워크의 가공면의 상태 및 평가를 추정 (산출) 한다. 추정부 (120) 에 의해 추정된 워크의 가공면의 상태 및 평가는, 예를 들어, 표시 장치 (70) 에 출력된다. 또, 추정부 (120) 에 의해 추정된 워크의 가공면의 상태 및 평가는, 도시되지 않은 유선/무선 네트워크를 통하여 호스트 컴퓨터나 클라우드 컴퓨터 등에 출력되어 이용되도록 해도 된다. 워크의 가공면의 상태를 나타내는 파장 및 진폭에 더하여, 추가로 다른 정보가 표시되도록 해도 된다. 예를 들어, 상태 데이터 (S) 에 포함되는 주축 회전 수, 이송 속도, 날 수 등의 가공 조건 데이터 (S2) 를 사용하여, 가공면에 나타나는 물결 (주름) 의 파장으로부터 가공면 불량의 원인이 되는 주파수가 산출되어, 표시되도록 해도 된다. 예를 들어, 주축이 회전하지 않는 헬 가공에서는, 이송 속도를 가공면에 나타나는 물결의 파장으로 나눔으로써, 가공면 불량의 원인이 되는 주파수를 산출할 수 있다. 또, 주축이 일정 속도로 회전하고 있는 경우에는, 주축 회전 수 및 날 수로부터 산출되는 주축의 회전이 원인이 되는 주파수와, 이송 속도를 가공면에 나타나는 물결의 파장으로 나누어 얻어진 주파수를 가산 또는 감산함으로써 외란 진동의 주파수를 산출할 수 있다.

[0037] 상기와 같이 구성된 본 실시형태의 가공 환경 추정 장치 (1) 에서는, 여러 가지 가공 환경, 가공 조건에 있어서 얻어진 복수의 교사 데이터에 기초하여 학습을 실시하고, 학습의 결과로서 얻어진 학습이 완료된 모델을 사용하

여, 워크의 가공면의 상태 및 평가를 추정할 수 있다. 가공 환경 추정 장치 (1) 에 의한 추정 결과를 본 작업자는, 현재의 가공 환경에 있어서, 가공 프로그램에서 지정되어 있는 가공 조건에서 가공이 실시된 경우, 가공 불량이 발생하는지의 여부를 한눈에 파악할 수 있다. 또, 작업자는, 가공면에 나타나는 물결 (주름) 의 파장이나 진폭의 추정 결과도 파악할 수 있다. 따라서, 경험을 쌓은 작업자이면, 그 파장의 값 등으로부터 가공 환경을 악화시키는 원인을 예측하여 대처할 수 있다. 또한, 상기한 가공면 불량의 원인이 되는 주파수 성분의 표시를 함께 실시시킴으로써, 경험이 부족한 작업자여도, 가공 환경을 악화시키는 원인을 예측하여 대처할 수 있다.

[0038] 도 7 은, 제 3 실시형태에 의한 가공 환경 추정 장치 (1) 의 개략적인 기능 블록도이다. 도 7 에 나타낸 기능 블록의 각 기능은, 도 1 에 나타낸 가공 환경 추정 장치 (1) 의 CPU (11), 및 기계 학습 장치 (300) 의 프로세서 (301) 가, 각각의 시스템 프로그램을 실행하고, 가공 환경 추정 장치 (1) 및 기계 학습 장치 (300) 의 각부를 제어함으로써 실현된다.

[0039] 본 실시형태의 가공 환경 추정 장치 (1) 는, 제 2 실시형태에서 설명한 각 기능 수단에 더하여, 추가로, 원인 추정부 (34) 를 구비한다. 또, 미리 각 부에서 검출된 진동의 원인에 관련된 가이던스를 관련지은 원인 추정 데이터를 기억하고 있는 원인 추정 데이터 기억부 (52) 가 불휘발성 메모리 (14) 상에 확보되어 있다.

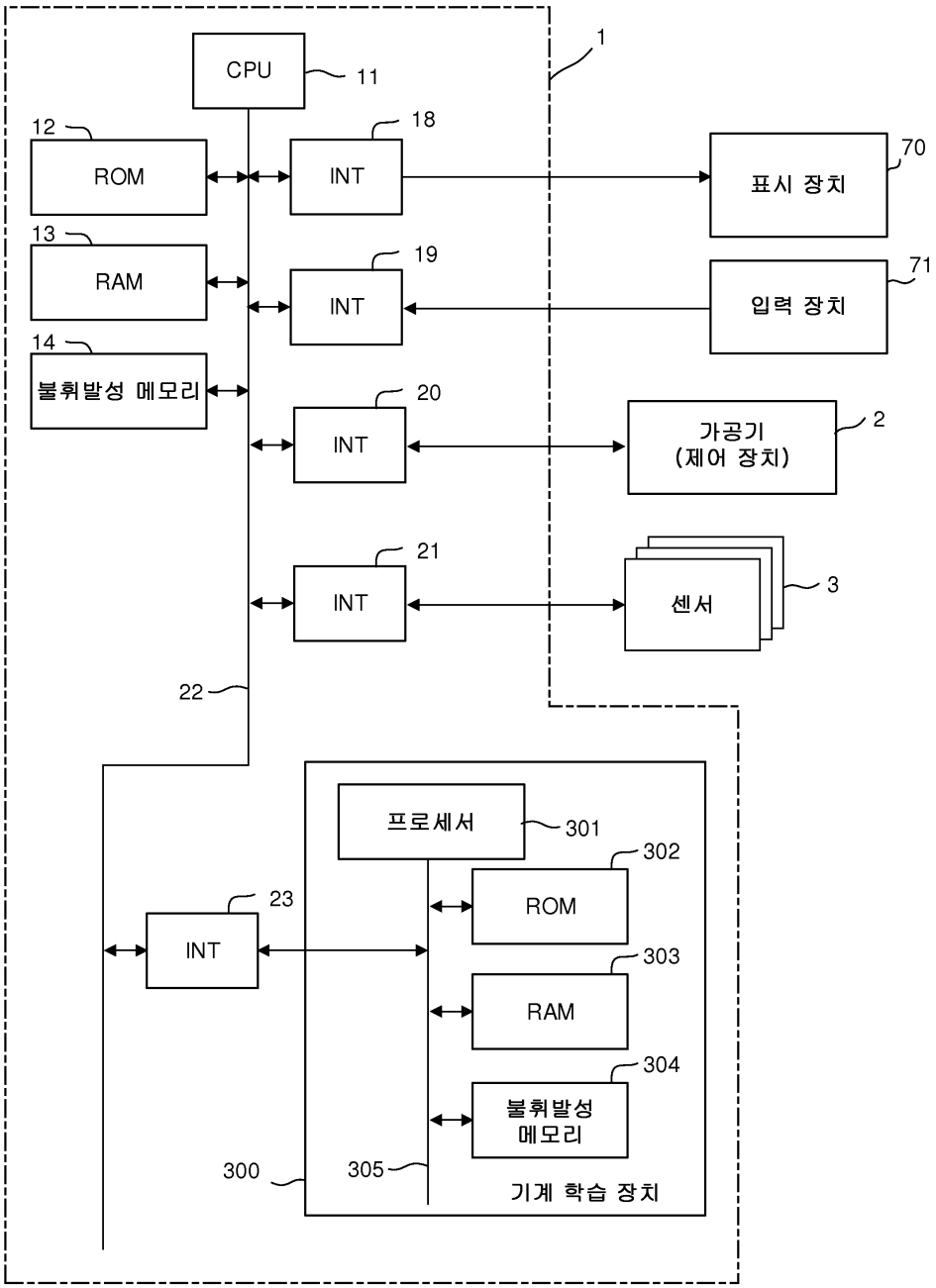
[0040] 원인 추정부 (34) 는, 기계 학습 장치 (300) 에 의한 워크의 가공면의 상태 및 평가의 추정 결과에 기초하여, 가공면 불량의 원인에 관련된 가이던스를 표시 장치 (70) 에 표시시키는 기능 수단이다. 원인 추정부 (34) 는, 가공면 불량의 원인에 관련된 가이던스를 표시시킬 때, 원인 추정 데이터 기억부 (52) 에 기억된 원인 추정 데이터를 참조한다. 원인 추정 데이터는, 예를 들어, 도 8 에 예시되는 바와 같이, 가공면에 나타나는 물결 (주름) 의 파장 및 가공 조건에 기초하여 산출되는 주파수 성분의 범위에 대해, 진동의 원인인 것으로 추정되는 사항을 나타내는 가이던스가 관련지어진 데이터이다. 원인 추정부 (34) 는, 기계 학습 장치 (300) 에 의한 워크의 가공면의 상태 및 평가의 추정 결과 및 추정에 이용된 주축 회전 수, 이송 속도, 날 수 등 상태 데이터 (S) 와, 가공면에 나타나는 물결 (주름) 의 파장으로부터 가공면 불량의 원인이 되는 주파수를 산출한다. 원인 추정부 (34) 는, 가공면 불량의 원인이 되는 주파수를 원인 추정 데이터 기억부 (52) 에 기억되어 있는 원인 추정 데이터와 대비하여, 대응하는 가이던스를 판독 출력한다. 원인 추정부 (34) 는, 기계 학습 장치 (300) 에 의한 추정 결과와 함께 가이던스를 표시 장치 (70) 에 표시시킨다.

[0041] 원인 추정 데이터 기억부 (52) 에 기억되는 원인 추정 데이터는, 미리 진동의 원인이 되는 부분에 의도적으로 문제를 발생시켰을 때의 진동의 주요한 주파수 성분에 기초하여 작성된다. 원인 추정 데이터는, 예를 들어, 제어반 내의 팬 A 또는 팬 B 를 경년 열화시킨 것을 대신하여 동작시킨 다음, 소정의 가공 조건에서 가공을 실시하고, 가공 후의 워크의 가공면에 나타난 물결에 기초하여 작성된다. 이와 같은 작업 (실험) 을 반복하여 실시함으로써 원인 추정 데이터가 작성된다. 원인 추정 데이터는, 원인 추정 데이터 기억부 (52) 에 미리 기억되어, 원인 추정부 (34) 에 의한 가공면 불량 원인의 추정에 이용된다.

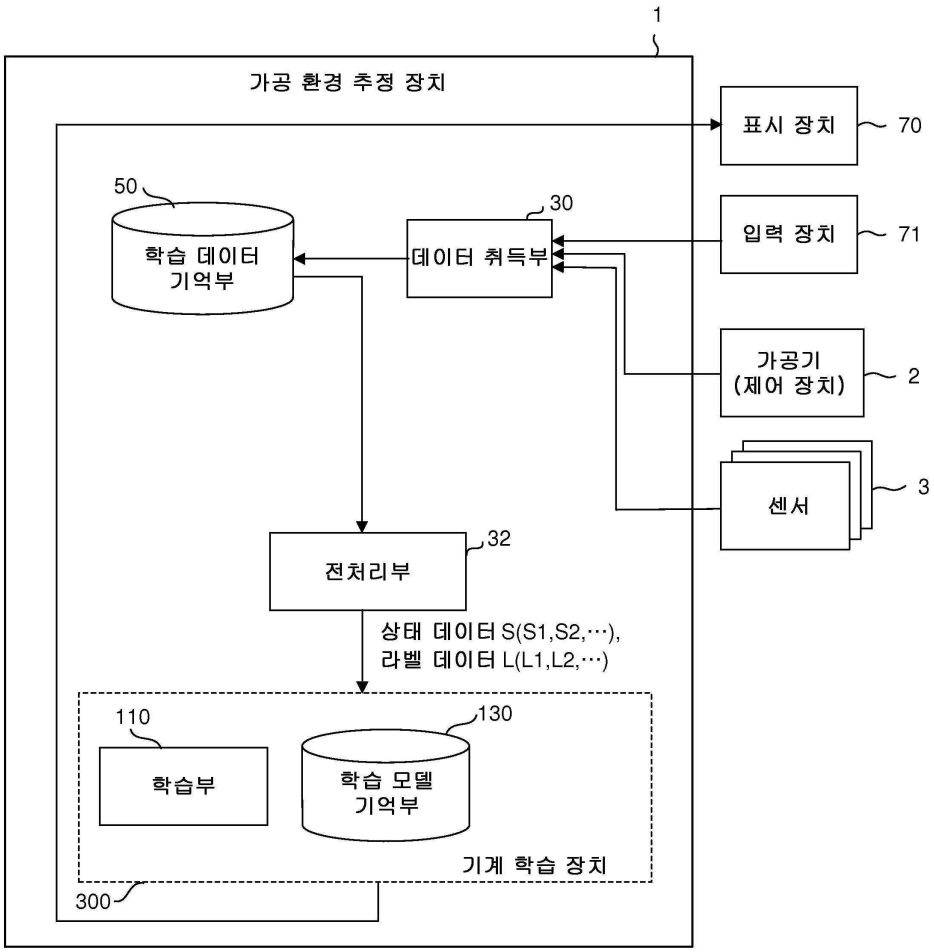
[0042] 이상, 본 발명의 일 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은 상기 서술한 실시형태의 예에만 한정되지 않고, 적절한 변경을 더함으로써 여러 가지 양태로 실시할 수 있다.

도면

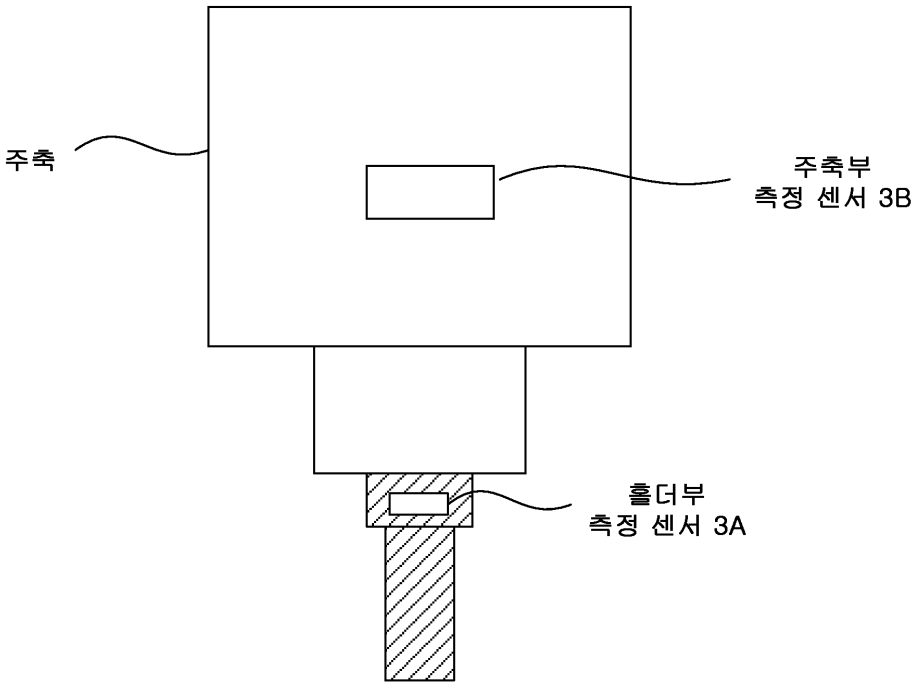
도면1


1
CPU
11
12
ROM
18
INT
70
표시 장치
13
RAM
19
INT
71
입력 장치
14
불휘발성 메모리
20
INT
가공기
(제어 장치)
2
21
INT
센서
3
22
프로세서
301
302
ROM
23
INT
303
RAM
304
불휘발성
메모리
300
305
기계 학습 장치

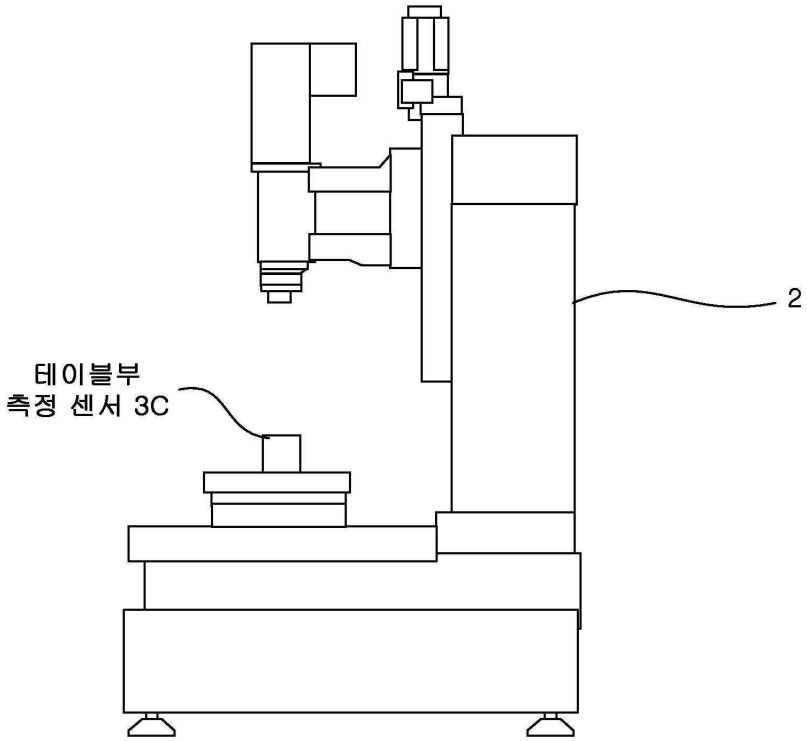
도면2


1
가공 환경 추정 장치
표시 장치
70
50
학습 데이터
기억부
30
데이터 취득부
입력 장치
71
가공기
(제어 장치)
2
센서
3
32
전처리부
상태 데이터 S(S1,S2,…),
라벨 데이터 L(L1,L2,…)
110
학습부
130
학습 모델
기억부
기계 학습 장치
300

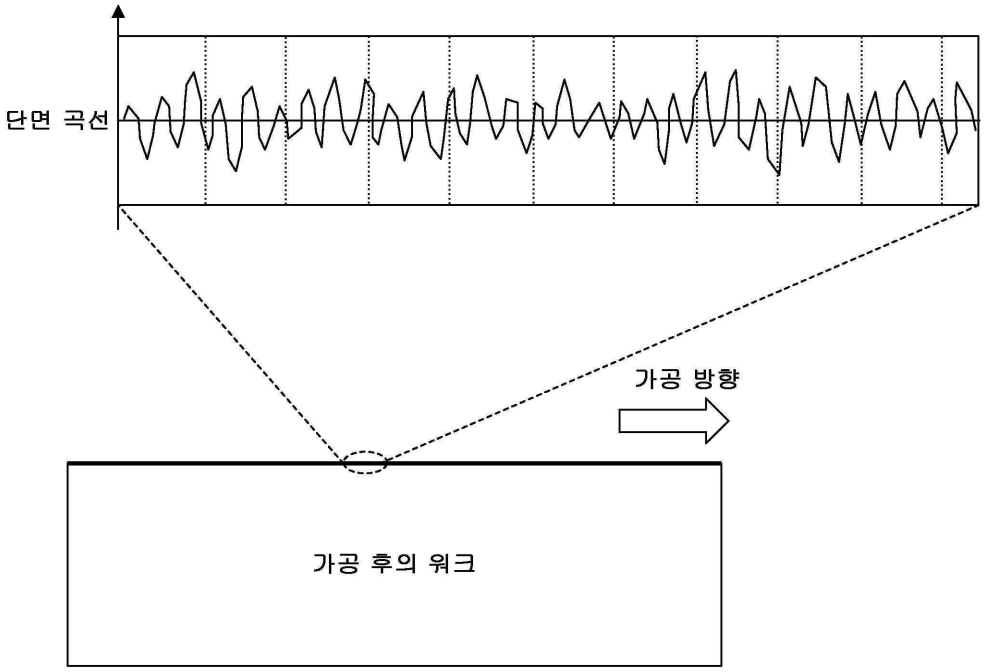
도면3


주축
주축부
측정 센서 3B
홀더부
측정 센서 3A

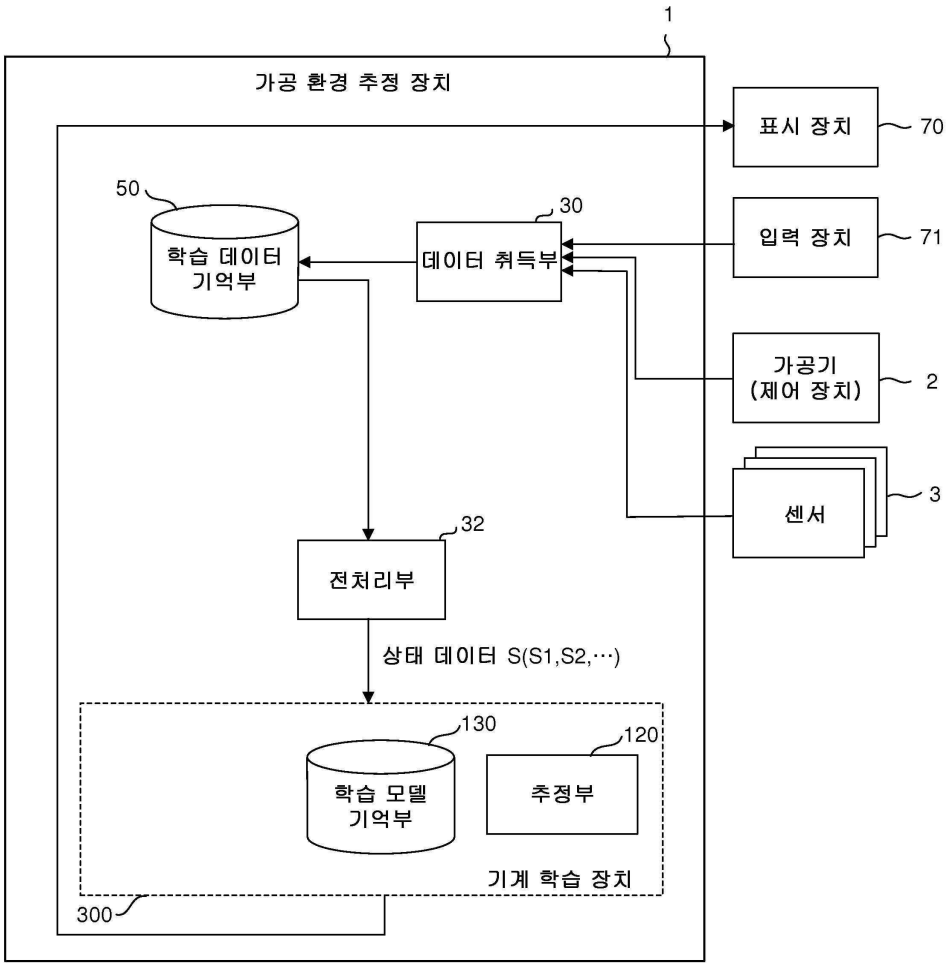
도면4



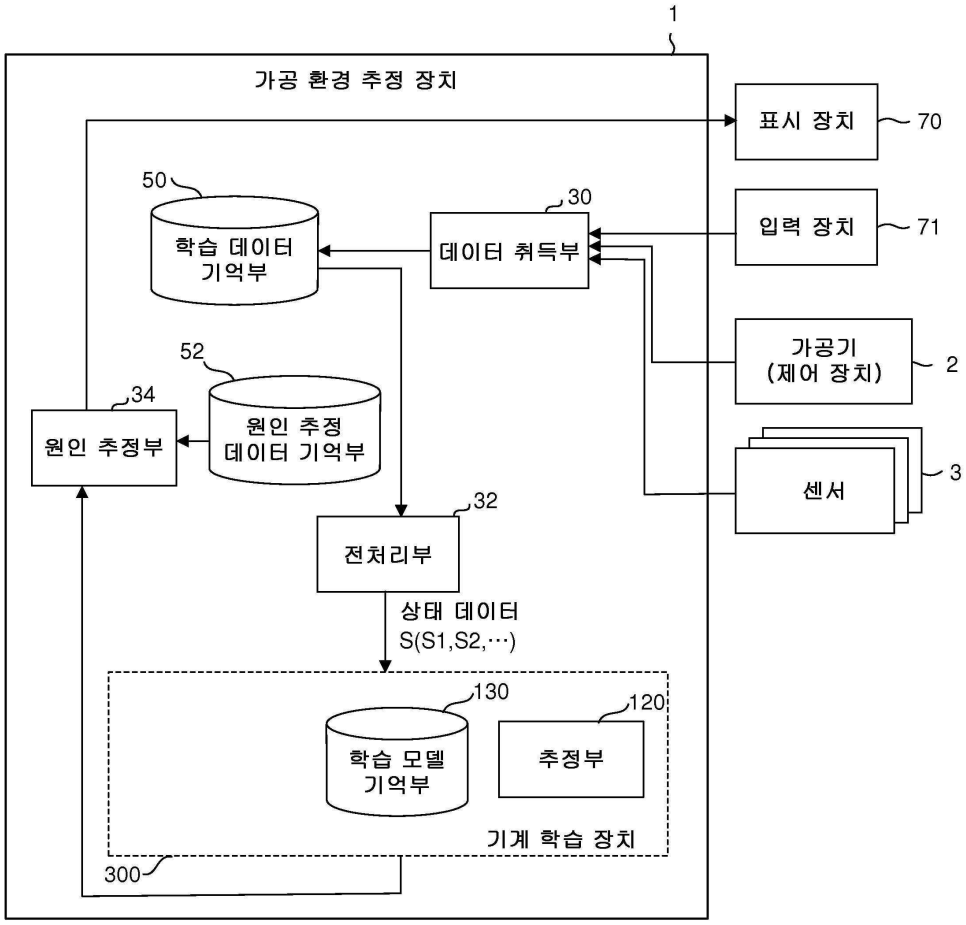
도면5



도면6


1
가공 환경 추정 장치
표시 장치
70
50
30
학습 데이터
기억부
데이터 취득부
입력 장치
71
가공기
(제어 장치)
2
센서
3
32
전처리부
상태 데이터 S(S1,S2,…)
130
120
학습 모델
기억부
추정부
기계 학습 장치
300

도면7



도면8

주요한 주파수 성분	가이던스
Fi(Hz)	제어반 내의 팬 A 내지 B 의 진동이 원인일 가능성이 있습니다
Fj(Hz)	주변 장치의 미스트 콜렉터 A 의 진동이 원인일 가능성이 있습니다
Fk~Fl(Hz)	근방에 설치되는 로봇 A 또는 가공기 A, B, C 의 진동이 원인일 가능성이 있습니다
…	…