



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0073312
(43) 공개일자 2012년07월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23Q 15/18 (2006.01) B23Q 17/00 (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7011071
- (22) 출원일자(국제) 2010년09월15일
심사청구일자 2012년04월27일
- (85) 번역문제출일자 2012년04월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/065911
- (87) 국제공개번호 WO 2011/083596
국제공개일자 2011년07월14일
- (30) 우선권주장
JP-P-2010-002631 2010년01월08일 일본(JP)

- (71) 출원인
미쯔비시 주교교 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토꾸 고난 2초메 16방 5고
- (72) 발명자
야마모토 히데아키
일본 도쿄도 미나토꾸 고난 2초메 16-5 미쯔비시
주교교 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
제일특허법인

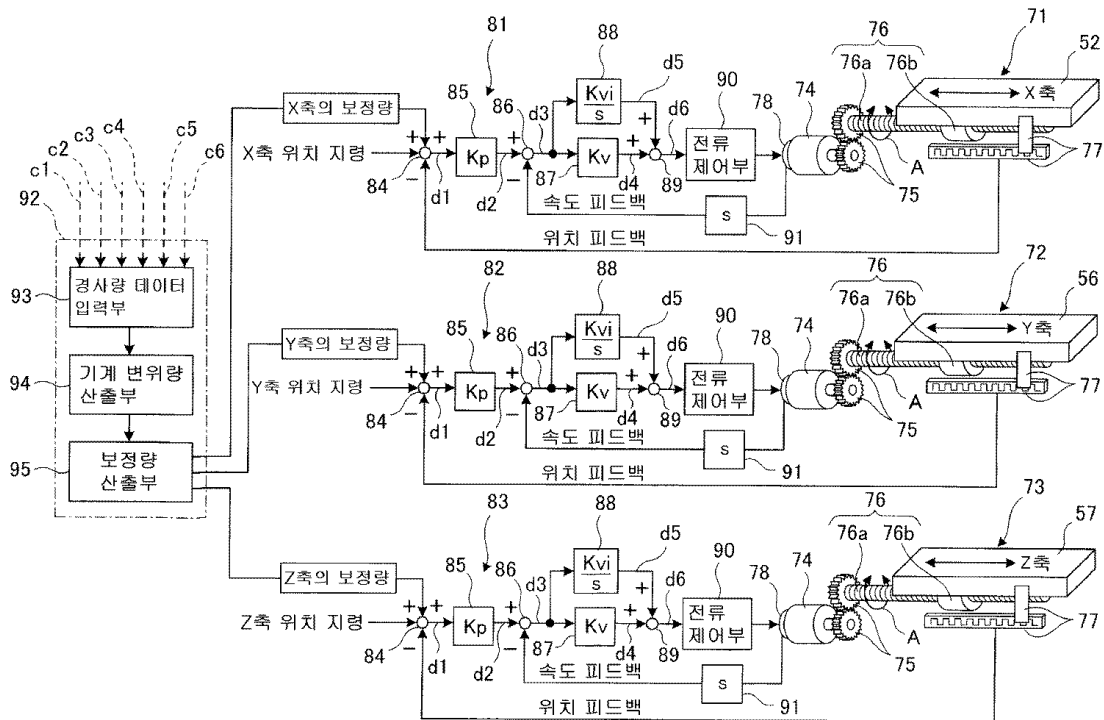
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템

(57) 요약

본 발명은 칼럼 등의 기계 구조물의 경사 각도를 직접 검출할 수 있는 수준기 등의 경사 각도 검출기를 이용한 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 공작 기계의 구조물에 배치되고, 상기 구조물의 경사 각도를 검출하여 경사량 데이터를 출력하는 경사 각도 검출기(수준기)와, 상기 경사 각도 검출기로부터 상기 경사량을 데이터(c1 내지 c6)에 근거하여 상기 구조물의 기계 변위량을 산출하는 기계 변위량 산출부(94)와, 상기 기계 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물의 기계 변위량에 근거하여 상기 공작 기계의 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량을 산출하는 보정량 산출부(95)를 갖는 보정 장치(92)를 구비한 구성으로 한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

공작 기계의 기계 변위를 보정하는 기계 변위 보정 시스템에 있어서,
 상기 공작 기계의 구조물에 설치되고, 상기 구조물의 경사 각도를 검출하여 경사량 데이터를 출력하는 경사 각도 검출기와,

상기 경사 각도 검출기로부터 상기 경사량 데이터를 입력하는 경사량 데이터 입력부와, 상기 경사량 데이터 입력부에서 입력한 상기 경사량 데이터에 근거하여 상기 구조물의 기계 변위량을 산출하는 기계 변위량 산출부와, 상기 기계 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물의 기계 변위량에 근거하여 상기 공작 기계의 이동축의 보정량을 산출하는 보정량 산출부를 갖는 보정 장치를 구비한 것을 특징으로 하는

공작 기계의 기계 변위 보정 시스템.

청구항 2

공작 기계의 기계 변위를 보정하는 기계 변위 보정 시스템에 있어서,

상기 공작 기계의 구조물에 설치되고, 상기 구조물의 경사 각도를 검출하여 경사량 데이터를 출력하는 경사 각도 검출기와,

상기 공작 기계의 구조물 또는 워크에 설치되고, 상기 구조물 또는 상기 워크의 온도를 검출하여 온도 데이터를 출력하는 온도 센서와,

상기 경사 각도 검출기로부터 상기 경사량 데이터를 입력하는 경사량 데이터 입력부와, 상기 경사량 데이터 입력부에서 입력한 상기 경사량 데이터에 근거하여 상기 구조물의 기계 변위량을 산출하는 기계 변위량 산출부와, 상기 기계 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물의 기계 변위량에 근거하여 상기 공작 기계의 이동축의 제 1 보정량을 산출하는 제 1 보정량 산출부와, 상기 온도 센서로부터 상기 온도 데이터를 입력하는 온도 데이터 입력부와, 상기 온도 데이터 입력부에서 입력한 상기 온도 데이터에 근거하여 상기 구조물 또는 상기 워크의 열 변위량을 산출하는 열 변위량 산출부와, 상기 열 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물 또는 상기 워크의 열 변위량에 근거하여 상기 이동축의 제 2 보정량을 산출하는 제 2 보정량 산출부와, 상기 제 1 보정량 산출부에서 산출한 상기 제 1 보정량과 상기 제 2 보정량 산출부에서 산출한 상기 제 2 보정량을 가산하는 보정량 가산부를 갖는 보정 장치를 구비한 것을 특징으로 하는

공작 기계의 기계 변위 보정 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 공작 기계의 기계 변위(열 변위, 자중 변위, 레벨 변위)를 보정하기 위한 기계 변위 보정 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 공작 기계의 위치 결정 제어를 실행하는 서보 제어 장치에는, 도 7에 도시하는 바와 같은 완전 폐쇄 루프의 피드백 제어계가 채용되어 있다. 구체적인 설명은 생략하지만, 도 7에 도시하는 서보 제어 장치에서는, 이동체(1)에 마련된 위치 검출기(2)로부터의 위치 피드백 정보(즉 기계 단부의 위치 정보)와, 서보 모터(3)에 마련된 펄스 코더(4)로부터 미분 연산부(5)를 거쳐서 피드백되는 속도 피드백 정보에 근거하여, 서보 모터(3)의 회전을 제어하는 것에 의해, 이동체(1)의 위치가 위치 지령에 추종하도록 위치 결정 제어를 실행한다. 또한, 도 7에 있어서, K_p 는 위치 루프 게인, K_v 는 속도 루프 비례 게인, K_{vi} 는 속도 루프 적분 게인, s 는 라플라스 연산자이다.

[0003] 상기와 같이 완전 폐쇄 루프의 피드백 제어계에서는 기계 단부의 위치 정보를 위치 피드백 정보로서 사용하고

있지만, 공작 기계내에 갖는 주축이나 서보 모터(3) 등의 열원이나 외기의 온도 변화에 의해서 공작 기계의 각 구조물에 기계 변위가 발생하면, 공작 기계의 각 이동축의 위치 결정 정밀도나 3차원 공간에 있어서의 공구의 위치 결정 정밀도 등의 정적 정밀도는 악화된다. 기계 변위는 단순히 열 변위에 의한 것 뿐만이 아니고, 자중에 의한 휨이나 레벨 변위에 의한 구조물의 휨 등에 의해서도 발생한다.

[0004] 또한, 공작 기계의 제어계로서 도 8에 도시하는 반폐쇄 루프의 피드백 제어계를 채용했을 경우에는, 위치 피드백 정보로서 서보 모터(3)의 위치 정보[펄스 코더(4)로 검출하는 서보 모터(3)의 회전 각도]를 사용하고 있기 때문에, 더욱 정적 정도는 악화되는 경향이 된다. 또한, 이와 같은 기계 변위는 로봇 등의 제어에 있어서도 마찬가지로 발생한다.

[0005] 이들 기계 변위에 의한 정적 정밀도의 악화, 특히 열 등에 기인하여 발생하는 기계 변위에 의한 정적 정밀도 악화는, 가공 오차 증대의 큰 요인 중 하나이며, 현재에도 또한 큰 문제이다. 그들 정적 정밀도 악화의 대책 으로서는, 종래부터, 온도 센서를 기계에 매립하고, 그 온도 데이터를 기초로 기계의 열 변위량을 간이적인 산술식을 이용하고 추측하여, 그 변위량분 만큼 기계 좌표 등을 시프트 시키는 것에 의해서 기계 변위량을 보상하는 열 변위 보정 시스템을 공작 기계의 제어계에 마련하는 것이 알려져 있다. 이 열 변위 보정 시스템의 구체적인 예를 도 9 및 도 10에 도시한다.

[0006] 도 9는 횡형상 머시닝 센터의 경우이며, 온도 센서(23-1 내지 23-10)가, 베드(11)와, 칼럼(12)과, X축방향으로 이동 가능한 새들(13)과, 주축(25)이 마련되며 Z축방향으로 이동 가능한 헤드(14)와, Y축방향으로 이동 가능한 테이블(15)과, 테이블(15)상에 탑재된 워크(W)의 각각에 배설되어 있다. 이들의 온도 센서(23-1 내지 23-10)에서는, 각 구조물[베드(11), 칼럼(12), 새들(13), 헤드(14), 테이블(15)] 및 워크(W)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(a1 내지 a10)를 출력한다.

[0007] 보정 장치(24)는, 온도 데이터 입력부(16)와 열 변위량 산출부(17)와 보정량 산출부(18)를 갖고 있다. 온도 데이터 입력부(16)에서는, 온도 센서(23-1 내지 23-10)로부터 온도 데이터(a1 내지 a10)를 입력한다. 열 변위량 산출부(17)에서는, 온도 데이터 입력부(16)에서 입력한 온도 데이터(a1 내지 a10)에 근거하여, 열에 의한 각 구조물[베드(11), 칼럼(12), 새들(13), 헤드(14), 테이블(15)]이나 워크(W)의 변위량을 산출한다. 보정량 산출부(18)에서는, 열 변위량 산출부(17)에서 산출한 각 구조물[베드(11), 칼럼(12), 새들(13), 헤드(14), 테이블(15)]이나 워크(W)의 열 변위량에 근거하여, 각 이동축(X축, Y축, Z축)에 있어서의 변위량을 산출하고, 이들의 변위량의 역 부호의 값을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량으로 하고, 이들의 보정량을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 서보 제어 장치(19, 20, 21)에 송출한다.

[0008] X축의 서보 제어 장치(19)에서는, 편차 연산부(22)에 있어서, 보정량 산출부(18)에서 산출한 X축의 보정량(="-X축의 변위량")을 X축 위치 지령에 가산하는 것에 의해 X축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 X축의 위치 지령과 X축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다. Y축의 서보 제어 장치(20)에서는, 편차 연산부(22)에 있어서, 보정량 산출부(18)에서 산출한 Y축의 보정량(="-Y축의 변위량")을 Y축의 위치 지령에 가산하는 것에 의해 Y축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 Y축의 위치 지령과 Y축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다. Z축의 서보 제어 장치(21)에서는, 편차 연산부(22)에 있어서, 보정량 산출부(18)에서 산출한 Z축의 보정량(="-Z축의 변위량")을 Z축의 위치 지령에 가산하는 것에 의해 Z축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 Z축의 위치 지령과 Z축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다.

[0009] 도 10은 문형상 머시닝 센터의 경우이며, 온도 센서(45-1 내지 45-8)가, 베드(31)와 문형상의 칼럼(32)과, 주축(36)이 내장되어 있는 램(35)과, 테이블(37)과, 테이블(37)에 탑재된 워크(W)에 각각 배설되어 있다. 이들의 온도 센서(45-1 내지 45-8)에서는, 각 구조물[베드(31), 칼럼(32), 램(35), 테이블(37)] 및 워크(W)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(b1 내지 b8)를 출력한다. 또한, 테이블(37)은 X축방향으로 이동 가능하고, 새들(34)은 크로스 레일(33)을 따라서 Y축방향으로 이동 가능하며, 램(35)[주축(36)]은 Z축방향으로 이동 가능하다.

[0010] 보정 장치(46)는, 온도 데이터 입력부(38)와 열 변위량 산출부(39)와 보정량 산출부(40)를 갖고 있다. 온도 데이터 입력부(38)에서는, 온도 센서(45-1 내지 45-8)로부터 온도 데이터(b1 내지 b8)를 입력한다. 열 변위량 산출부(39)에서는, 온도 데이터 입력부(38)에서 입력한 온도 데이터(b1 내지 b8)에 근거하여, 열에 의한 각 구조물[베드(31), 칼럼(32), 램(35), 테이블(37)] 및 워크(W)의 변위량을 산출한다. 보정량 산출부(40)에서는, 열 변위량 산출부(39)에서 산출한 각 구조물[베드(31), 칼럼(32), 램(35), 테이블(37)]이나 워크(W)의 열 변위량에 근거하여, 각 이동축(X축, Y축, Z축)에 있어서의 변위량을 산출하고, 이들의 변위량의 역 부호의 값을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량으로 하고, 이들의 보정량을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 서보 제어

장치(41, 42, 43)로 송출한다.

[0011] X축의 서보 제어 장치(41)에서는, 편차 연산부(44)에 대하여, 보정량 산출부(40)에서 산출한 X축의 보정량(="X축의 변위량")을 X축의 위치 지령에 가산하는 것에 의해 X축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 X축의 위치 지령과 X축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다. Y축의 서보 제어 장치(42)에서는, 편차 연산부(44)에 있어서, 보정량 산출부(40)에서 산출한 Y축의 보정량(="Y축의 변위량")을 Y축의 위치 지령에 가산하는 것에 의해 Y축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 Y축의 위치 지령과 Y축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다. Z축의 서보 제어 장치(43)에서는, 편차 연산부(44)에 대하여, 보정량 산출부(40)에서 산출한 Z축의 보정량(="Z축의 변위량")을 Z축의 위치 지령에 가산하는 것에 의해 Z축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 Z축의 위치 지령과 Z축의 위치 피드백 정보의 편차를 연산한다.

[0012] 이와 같은 온도 센서를 이용한 열 변위 보정 시스템에 관한하는 선행 기술 문헌으로서, 하기의 특허 문헌 1 내지 5가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제 1998-6183 호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제 2006-281420 호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제 2006-15461 호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제 2007-15094 호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 공개 제 2008-183653 호 공보
- (특허문헌 0006) 일본 특허 공개 제 2007-175818 호 공보
- (특허문헌 0007) 일본 특허 공개 제 1999-226846 호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 그렇지만, 기계의 열 변위량의 추측에 사용하는 온도 센서의 개수는 무제한이 아니기 때문에, 기계의 열 변위량을 완전하게 파악하는 것은 곤란하다. 또한, 종래의 방법에서는 온도 센서의 검출값으로부터 기계의 열 변위 모드 및 열 변위량을 추정하여 구하고 있기 때문에, 열 변위를 완전하게 보상할 수 없다.

[0015] 또한, 한쪽에서 기계의 열 변위를 극히 순수한 열 변위 모드로 하는 것을 목적으로 하여, 상기 특허 문헌 6에 기재된 발명 등이 제안되고 있다. 그렇지만, 외기 온도의 변화 등에 의한 기계의 열 변위를 완전히 순수한 열 변위 모드로 하는 것(칼럼 등의 휨, 쓰러짐 등을 배제하고, 신축 모드로만 하는 것)은 곤란하며, 외기 온도의 변화 등에 의한 칼럼 등의 휨 상태나, 쓰러짐을 완전하게 배제하는 것은 곤란하다.

[0016] 따라서 본 발명은 상기의 사정에 감안하여, 칼럼 등의 기계 구조물의 경사 각도를 직접 검출할 수 있는 수준기 등의 경사 각도 검출기를 이용한 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템을 제공하는 것을 과제로 한다.

[0017] 또한, 상기 특허 문헌(7)에서는 수준기를 사용한 발명이 제안되어 있지만, 이 발명은 수준기와 압전 액추에이터를 조합한 자세 제어 장치에 관한 것이고, 기계 변위를 보정하는 시스템이 아니며, 본 발명의 목적과는 다르다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 과제를 해결하는 제 1 발명의 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템은, 공작 기계의 기계 변위를 보정하는 기계 변위 보정 시스템으로서,

[0019] 상기 공작 기계의 구조물에 배치되고, 상기 구조물의 경사 각도를 검출하여 경사량 데이터를 출력하는 경사 각도 검출기와,

- [0020] 상기 경사 각도 검출기로부터 상기 경사량 데이터를 입력하는 경사량 데이터 입력부와, 상기 경사량 데이터 입력부에서 입력한 상기 경사량 데이터에 근거하여 상기 구조물의 기계 변위량을 산출하는 기계 변위량 산출부와, 상기 기계 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물의 기계 변위량에 근거하여 상기 공작 기계의 이동축의 보정량을 산출하는 보정량 산출부를 갖는 보정 장치를 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 제 2 발명의 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템은, 공작 기계의 기계 변위를 보정하는 기계 변위 보정 시스템으로서,
- [0022] 상기 공작 기계의 구조물에 설치되고, 상기 구조물의 경사 각도를 검출하여 경사량 데이터를 출력하는 경사 각도 검출기와
- [0023] 상기 공작 기계의 구조물 또는 워크에 설치되고, 상기 구조물 또는 상기 워크의 온도를 검출하여 온도 데이터를 출력하는 온도 센서와,
- [0024] 상기 경사 각도 검출기로부터 상기 경사량 데이터를 입력하는 경사량 데이터 입력부와, 상기 경사량 데이터 입력부에서 입력한 상기 경사량 데이터에 근거하여 상기 구조물의 기계 변위량을 산출하는 기계 변위량 산출부와, 상기 기계 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물의 기계 변위량에 근거하여 상기 공작 기계의 이동축의 제 1 보정량을 산출하는 제 1 보정량 산출부와, 상기 온도 센서로부터 상기 온도 데이터를 입력하는 온도 데이터 입력부와, 상기 온도 데이터 입력부에서 입력한 상기 온도 데이터에 근거하여 상기 구조물 또는 상기 워크의 열 변위량을 산출하는 열 변위량 산출부와, 상기 열 변위량 산출부에서 산출한 상기 구조물 또는 상기 워크의 열 변위량에 근거하여 상기 이동축의 제 2 보정량을 산출하는 제 2 보정량 산출부와, 상기 제 1 보정량 산출부에서 산출한 상기 제 1 보정량과 상기 제 2 보정량 산출부에서 산출한 상기 제 2 보정량을 가산하는 보정량 가산부를 갖는 보정 장치를 구비한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0025] 제 1 발명의 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템에 의하면, 휨, 쓰러짐 등의 기계 변위(열 변위, 자중 변위 또는 레벨 변위, 혹은, 열 변위, 자중 변위, 레벨 변위의 혼성)에 의해서 공작 기계의 구조물이 경사졌을 때, 이 구조물의 경사량(경사 각도)을 직접, 경사 각도 검출기(예를 들면 수준기)에 의해서 파악할 수 있다. 이 때문에, 이 경사 각도 검출기에서 직접 파악한 구조물의 경사량 데이터에 근거하여 구조물의 기계 변위량을 산출하는 것에 의해, 해당 기계 변위량을 정밀도 양호하게 추정할 수 있어, 해당 기계 변위량에 근거하여 정밀도가 좋은 이동축의 보정량을 얻을 수 있다. 따라서, 고정밀도의 보상 시스템을 실현 가능하다.
- [0026] 제 2 발명의 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템에 의하면, 상기 제 1 발명과 마찬가지로, 휨, 쓰러짐 등의 기계 변위(열 변위, 자중 변위 또는 레벨 변위, 혹은, 열 변위, 자중 변위, 레벨 변위의 혼성)에 의해서 공작 기계의 구조물이 경사졌을 때, 이 구조물의 경사량(경사 각도)을 직접, 경사 각도 검출기(예를 들면 수준기)에 의해서 파악할 수 있기 때문에, 이 경사 각도 검출기로 직접 파악한 구조물의 경사량 데이터에 근거하여 구조물의 기계 변위량을 산출하는 것에 의해, 해당 기계 변위량을 정밀도 양호하게 추정할 수 있어, 해당 기계 변위량에 근거하여 정밀도가 양호한 이동축의 제 1 보정량을 얻을 수 있다.
- [0027] 게다가, 제 2 발명에서는, 이 이동축의 제 1 보정량에 대하여, 온도 센서의 온도 데이터에 근거하여 구한 이동축의 제 2 보정량을 가산하는 것에 의해, 휨 상태나 쓰러짐 등의 기계 변위 뿐만 아니라, 열에 의한 구조물이나 워크의 연장 등의 열 변위에도 대응할 수 있기 때문에, 보다 정밀도 양호한 이동축의 보정량을 얻을 수 있다. 따라서, 보다 고정밀도의 보상 시스템을 실현 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시형태에 1에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 관한 도면으로서, 상기 수준기의 배치를 도시하는 공작 기계(문형상 상 머시닝 센터)의 사시도,
- 도 2는 본 발명의 실시형태에 1에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 관한 도면으로서, 보정 장치측의 구성을 도시하는 도면,
- 도 3은 경사에 의한 기계 변위량의 계산예를 도시하는 도면,
- 도 4는 본 발명의 실시형태에 2에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 관한 도면으로서, 상기 수준기의 배치를 도시하는 공작 기계(문형상 머시닝 센터)의 사시도,

도 5는 본 발명의 실시형태에 2에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 관한 도면으로서, 보정 장치의 구성을 도시하는 도면,

도 6은 온도 변화에 의한 열 변위량의 계산 예를 도시하는 도면,

도 7은 완전 폐쇄 루프의 서보 제어 장치(피드백 제어계)의 구성을 도시하는 블록도,

도 8은 반폐쇄 제어 장치(피드백 제어계)의 구성을 도시하는 블록도,

도 9는 종래의 온도 센서를 이용한 열 변위 보정 시스템의 구성예를 도시하는 도면,

도 10은 종래의 온도 센서를 이용한 열 변위 보정 시스템의 다른 구성예를 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 본 발명의 실시형태예를 도면에 근거하여 상세하게 설명한다.
- [0030] (실시형태예 1)
- [0031] 도 1 내지 도 3에 근거하여, 본 발명의 실시형태에 1에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 대하여 설명한다.
- [0032] 도 1에 도시하는 바와 같이, 공작 기계(도시예에서는 문형상 머시닝 센터)는, 베드(51)와, 테이블(52)과, 칼럼(53)과, 크로스 레일(54)과, 새들(56)과, 주축(58)이 내장되어 있는 램(57)을 갖고 있다.
- [0033] 베드(51)상에는 테이블(52)이 설치되고, 테이블(52)상에는 워크(W)가 탑재되어 있다. 테이블(52)은, 이송 기구(도 1에서는 도시 생략·도 2 참조)에 의해, 수평인 X축방향으로 이동 가능하게 되어 있다. 칼럼(53)은 수평부(53A)와, 수평부(53A)의 양측의 각부(脚部)(53B)를 갖고 이루어지는 문형상인 것이며, 베드(51)를 건너지르도록 배설되어 있다. 크로스 레일(54)은, 칼럼(53)의 전방측에 마련되어 있고, 칼럼(53)의 전면(53a)에 마련된 가이드 레일(55)을 따라서, 이송 기구(도시 생략)에 의해, 연직인 W축방향으로 이동 가능하게 되어 있다. 새들(56)은, 크로스 레일(54)의 전방측에 마련되어 있고, 크로스 레일(54)을 따라서, 이송 기구(도 1에서는 도시 생략·도 2 참조)에 의해, 수평인 Y축방향으로 이동 가능하게 되어 있다. 램(57)은, 새들(56)내에 마련되고, 이송 기구(도 1에서는 도시 생략·도 2 참조)에 의해, 연직인 Z축방향으로 이동 가능하게 되어 있다. 또한, X, Y, Z축은 서로 직교하고 있다.
- [0034] 그리고, 이 공작 기계에는 디지털 수준기(61-1 내지 61-6)가 설치되어 있다. 수준기(61-1, 61-2)는, 칼럼(53)의 표면(53b)의 양단부에 설치되어 있고, 칼럼(53)의 기계 변위에 의해서 생기는 칼럼(53)의 경사의 각도를 검출하여, 경사량 데이터(경사 각도 검출 신호)(c1, c2)를 보정 장치(92)(도 2 참조: 상세 후술)에 출력한다.
- [0035] 상기 기계 변위에는 열 변위, 자중 변위, 레벨 변위 등에 의한 것이 있다. 열 변위는 주축(58)이나 서보 모터(도 1에서는 도시 생략·도 2 참조) 등의 열원이나 외기의 온도 변화에 의해서 칼럼(53) 등 구조물의 전후나 좌우에 온도차가 생기는 것에 의해, 구조물에 생기는 휨 등의 기계 변위이다. 자중 변위는 구조물의 자중에 의해서 생기는 구조물의 휨이나 쓰러짐 등의 기계 변위이다. 레벨 변위는 베드(51)를 부설하고 있는 레벨(기초)의 변화에 의해서 생기는 구조물의 휨이나 쓰러짐 등의 기계 변위이다. 따라서, 기계 변위에 의해서 칼럼(53) 등의 구조물이 경사지는 경우로서는, 열 변위에 의해서 경사지는 경우와, 자중 변위에 의해서 경사지는 경우와, 레벨 변위에 의해서 경사지는 경우와, 열 변위와 자중 변위와 레벨 변위의 혼성에 의해서 경사지는 경우가 있다.
- [0036] 수준기(61-3)는, 칼럼(53)의 측면(53c)의 중간의 높이 위치에 설치되어 있고, 칼럼(53)의 기계 변위에 의해서 생기는 칼럼(53)의 경사의 각도를 검출하여, 경사량 데이터(경사 각도 검출 신호)(c3)를 보정 장치(92)에 출력한다. 수준기(61-4, 61-5)는, 크로스 레일(54)의 표면(54a)의 양단부에 설치되어 있고, 크로스 레일(54)의 기계 변위에 의해서 생기는 크로스 레일(54)의 경사의 각도를 검출하여, 경사량 데이터(경사 각도 검출 신호)(c4, c5)를 보정 장치(92)에 출력한다. 수준기(61-6)는, 새들(56)의 상면(56a)에 설치되어 있고, 새들(56)의 기계 변위에 의해서 생기는 새들(56)의 경사의 각도를 검출하여, 경사량 데이터(경사 각도 검출 신호)(c6)를 보정 장치(92)에 출력한다.
- [0037] 도 2에 도시하는 바와 같이, 보정 장치(92)는 퍼스널 컴퓨터 등을 이용한 것으로서, 경사량 데이터 입력부(93) 기계 변위량 산출부(94)와 보정량 산출부(95)를 갖고 있다.

[0038] 경사량 데이터 입력부(93)에서는, 수준기(61-1 내지 61-6)로부터 출력되는 각 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 경사량 데이터(c1 내지 c6)를 입력한다.

[0039] 기계 변위량 산출부(94)에서는, 경사량 데이터 입력부(93)에서 입력한 각 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 경사량 데이터(경사 각도 검출값)에 근거하여, 경사에 의한 각 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 기계 변위량을 산출한다.

[0040] 도 3에 근거하여, 칼럼(53)의 기계 변위량의 산출 예에 대하여 설명한다. 도 3(a)에 있어서, H는 칼럼(53)의 높이 [m], L은 칼럼(53)의 폭 [m], θ 는 칼럼(53)의 경사 각도 [radian] 이다. 그리고, 칼럼(53)의 기계 변위량(δ)은 하기(1)식에 의해서 산출한다.

[0041] [수 1]

$$\delta = H * \frac{\theta}{2} \quad \dots (1)$$

[0042]

[0043] (1)식의 도출에 대하여 도 3(b)에 도시한다. 휨이나 쓰러짐 등에 의해, 도 3(b)에 도시하는 원호형상의 기계 변위가 칼럼(53)에 생겼을 경우, 원호의 반경을 R로 하면, 이 반경(R)과, 칼럼 변위량(δ)과 칼럼 높이(H)의 관계는 하기의 (2)식과 같이 된다. 그리고, 이 (2)식을 하기의 (3)식, (4)식, (5)식과 같이 변형하는 것에 의해, (1)식이 도출된다.

[0044] [수 2]

$$(R - \delta)^2 + H^2 = R^2 \quad \dots (2)$$

$$R^2 - 2R\delta + \delta^2 + H^2 = R^2 \quad \dots (3)$$

$$2R\delta = \delta^2 + H^2 \approx H^2 \quad \dots (4)$$

$$\delta = \frac{H^2}{2 * R} = \frac{H^2}{2 * \left(\frac{H}{\theta} \right)} = \frac{H * \theta}{2} \quad \dots (5)$$

[0045]

[0046] 또한, (1)식에서 이용하는 칼럼 경사 각도(θ)에는 2개의 수준기(61-1, 61-2)의 경사 각도 검출값[경사량 데이터(c1, c2)]의 평균값을 이용해도 좋고, 어느 한쪽을 이용해도 좋다. 또한, 칼럼(53)의 중간의 높이 위치에 있어서의 칼럼 변위량(δ)을 산출하는 경우에는, 칼럼 경사 각도(θ)로서, 수준기(61-3)의 경사 각도 검출값[경사량 데이터(c3)]을 이용한다. 크로스 레일(54)의 변위량(δ)을 산출하는 경우에는, 크로스 레일 경사 각도(θ)로서, 2개의 수준기(61-4, 61-5)의 경사 각도 검출값[경사량 데이터(c4, c5)]의 평균값을 이용해도 좋고, 어느 한쪽을 이용해도 좋다. 새들(54)의 변위량(δ)을 산출하는 경우에는, 새들 경사 각도로서, 수준기(61-6)의 경사 각도 검출값(경사량 데이터 c6)을 이용한다.

[0047] 도 2에 도시하는 바와 같이, 보정량 산출부(95)에서는, 기계 변위량 산출부(94)에서 산출한 각 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 기계 변위량에 근거하여, 각 이동축(X축, Y축, Z축)에 있어서의 변위량을 산출하고, 이들의 변위량의 역 부호의 값을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량으로 하여, 이들의 보정량을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 서보 제어 장치(81, 82, 83)에 송출한다. 즉, X축의 보정량(="-X의 변위량")은 X축의 서보 제어 장치(81)에 이송하고, Y축의 보정량(="-Y의 변위량")은 Y축의 서보 제어 장치(82)에 이송하며, Z축의 보정량(="-Z의 변위량")은 Z축의 서보 제어 장치(83)에 이송한다. 또한, 구조물의 기계 변위량에 근거하여 이동축의 변위량을 산출하려면, (1)식 등의 이론식을 이용하여 산출해도 좋지만, 예를 들면, 미리 시험이나 시뮬레이션 등에 의해서 구한 구조물의 기계 변위량과 이동축의 변위량의 관계를 나타내는 계산식이나 테이블 데이터 등을 이용해도 좋다.

[0048] 도 2에 도시하는 바와 같이, X축의 이송 기구(71)는 서보 모터(74), 감속 기어(75), 볼 스크류(76)[나사부(76a), 너트부(76b)]등으로 구성되어 있다.

- [0049] 서보 모터(74)는, 감속 기어(75)를 거쳐서 볼 스크류(76)의 나사부(76a)에 연결되어 있다. 볼 스크류(76)의 나사부(76a)와 너트부(76b)는 서로 나사 결합되어 있으며, 너트부(76b)는 이동체인 테이블(52)에 장착되어 있다. 또한, 테이블(52)에는 위치 검출기(77)가 장착되며, 서보 모터(74)에는 펄스 코더(78)가 장착되어 있다.
- [0050] 따라서, 서보 모터(74)의 회전력이 감속 기어(75)를 거쳐서 볼 스크류(76)의 나사부(76a)에 전달되어, 나사부(76a)가 화살표(A)와 같이 회전하면, 너트부(76b)와 함께 테이블(52)이 X축방향으로 이동한다. 이 때 테이블(52)의 이동 위치가 위치 검출기(77)에 의해서 검출되고, 이 위치 검출 신호가 X축의 서보 제어 장치(81)로 이송된다(위치 피드백). 또한, 서보 모터(74)의 회전 각도가 펄스 코더(78)에 의해서 검출되고, 이 회전 각도 검출 신호가 서보 제어 장치(81)의 미분 연산부(91)를 거쳐서, 서보 제어 장치(81)로 이송된다(속도 피드백).
- [0051] 서보 제어 장치(81)는 편차 연산부(84), 곱셈부(85), 편차 연산부(86), 비례 연산부(87), 적분 연산부(88), 가산부(89), 전류 제어부(90), 미분 연산부(91)를 갖고 있다.
- [0052] 편차 연산부(84)에서는, 수치 제어 장치(도시 생략)로부터 이송된 X축의 위치 지령에 대하여, 보정 장치(92) [보정량 산출부(95)]로부터 이송된 X축의 보정량(="X축의 변위량")을 가산하는 것에 의해, 상기 X축의 위치 지령을 보정하고, 이 보정 후의 X축의 위치 지령과, 위치 검출기(77)로부터의 위치 피드백 정보인 테이블(52)의 위치의 차이를 연산하는 것에 의해, 위치 편차(d1)를 구한다.
- [0053] 곱셈부(85)에서는, 위치 편차(d1)에 대하여 위치 루프 게인(Kp)을 곱셈하는 것에 의해, 속도 지령(d2)을 구한다. 미분 연산부(91)에서는, 펄스 코더(78)에 의해서 검출된 서보 모터(74)의 회전 각도를 시간으로 미분하는 것에 의해, 서보 모터(74)의 회전 속도를 구한다. 편차 연산부(86)에서는, 속도 지령(d2)과, 미분 연산부(86)에서 구한 서보 모터(74)의 회전 속도의 차이를 연산하는 것에 의해, 속도 편차(d3)를 구한다. 비례 연산부(87)에서는, 속도 편차(d3)에 대하여 속도 루프 비례 게인(Kv)을 곱셈하는 것에 의해, 비례값(d4)을 구한다. 적분 연산부(88)에서는, 속도 편차(d3)에 대하여 속도 루프 적분 게인(Kvi)을 곱셈하고, 또한, 이 곱셈값을 적분하는 것에 의해, 적분값(d5)을 구한다. 가산부(89)에서는, 비례값(d4)과 적분값(d5)을 가산하여 토크 지령(d6)을 구한다. 전류 제어부(90)에서는, 서보 모터(74)의 토크가 토크 지령(d6)에 추종하도록 서보 모터(74)에 공급하는 전류를 제어한다.
- [0054] 따라서, 이 X축의 서보 제어 장치(81)에서는, X축의 서보 모터(74)의 회전 속도가 속도 지령(d2)에 추종하고, 테이블(52)의 X축방향의 이동 위치가 보정 후의 X축의 위치 지령에 추종하도록 제어한다.
- [0055] 또한, Y 축과 Z축의 이송 기구(72, 73) 및 서보 제어 장치(82, 83)의 구성에 대해서는, X축의 이송 기구(71) 및 서보 제어 장치(81)의 구성과 동일하기 때문에(동일한 구성 부분에 동일한 부호를 부여하고 있음), 상세한 설명은 생략 한다.
- [0056] Y축의 서보 제어 장치(82)에서는, 편차 연산부(84)에 있어서, 수치 제어 장치로부터 이송된 Y축의 위치 지령에 대하여, 보정 장치(92)[보정량 산출부(95)]로부터 이송된 Y축의 보정량(="Y축의 변위량")을 가산하는 것에 의해, 상기 Y축의 위치 지령을 보정하고, 보정 후의 Y축의 위치 지령을 구한다. 그리고, 서보 제어 장치(82)에서는, Y축의 서보 모터(74)의 회전 속도가 속도 지령(d2)에 추종하고, 새들(56)의 Y축방향의 이동 위치가 보정 후의 Y축의 위치 지령에 추종하도록 제어한다.
- [0057] Z축의 서보 제어 장치(83)에서는, 편차 연산부(84)에 있어서, 수치 제어 장치로부터 이송된 Z축의 위치 지령에 대하여, 보정 장치(92)[보정량 산출부(95)]로부터 이송된 Z축의 보정량(="Z축의 변위량")을 가산하는 것에 의해, 상기 Z축의 위치 지령을 보정하고, 보정 후의 Z축의 위치 지령을 구한다. 그리고, 이 서보 제어 장치(83)에서는, Z축의 서보 모터(74)의 회전 속도가, 속도 지령(d2)에 추종하고, 램(57)[주축(58)]의 Z축방향의 이동 위치가, 보정 후의 Z축의 위치 지령에 추종하도록 제어한다.
- [0058] 이상으로부터, 본 실시형태에 1의 공작 기계의 기계 변위 보정 시스템에 의하면, 휨, 쓰러짐 등의 기계 변위(열 변위 또는 자중 변위, 혹은, 열 변위 및 자중 변위)에 의해서 공작 기계의 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]이 경사졌을 때, 이 구조물의 경사량(경사 각도)을 직접, 수준기(61-1 내지 61-6)에 의해서 파악할 수 있다. 이 때문에, 이 수준기(61-1 내지 61-6)에서 직접 파악한 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 경사량 데이터(c1 내지 c6)에 근거하여 구조물[칼럼(53), 크로스 레일(54), 새들(56)]의 기계 변위량을 산출하는 것에 의해, 해당 기계 변위량을 정밀도 양호하게 추정할 수 있어 해당 기계 변위량에 근거하여 정밀도 양호한 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량을 얻을 수 있다. 따라서, 고정밀도의 보상 시스템

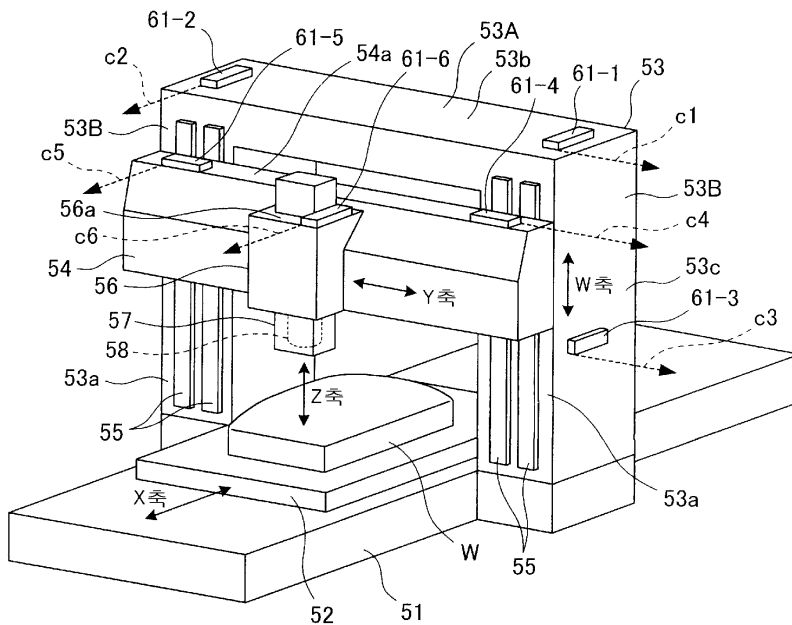
을 실현 가능하다.

- [0059] (실시형태예 2)
- [0060] 도 4 내지 도 6에 근거하여, 본 발명의 실시형태예(2)에 따른 수준기를 이용한 기계 변위 보정 시스템에 대해 설명한다. 또한, 본 실시형태예(2)의 기계 변위 보정 시스템에 있어서, 상기 실시형태예 1의 기계 변위 보정 시스템(도 1, 도 2 참조)과 동일한 부분에 대해서는, 동일 부호를 부여하고, 중복하는 상세한 설명은 생략한다.
- [0061] 도 4에 도시하는 바와 같이, 본 실시형태예(2)에서는, 공작 기계(문형상 머시닝 센터)에 대하여, 상기 실시형태예 1과 마찬가지로 디지털 수준기(61-1 내지 61-6)를 설치할 뿐만 아니라, 온도 센서(101-1 내지 101-8)도 설치하고 있다.
- [0062] 온도 센서(101-1, 101-2)는, 칼럼(53)의 측면(53c)의 상부와 하부에 설치되어 있고, 칼럼(53)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(e1, e2)를 보정 장치(92)(도 5 참조: 상세 후술)에 출력한다. 온도 센서(101-3, 101-4)는, 램(57)의 상부와 하부에 설치되어 있고, 램(57)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(e3, e4)를 보정 장치(92)에 출력한다. 온도 센서(101-5)는, 테이블(52)에 설치되어 있고, 테이블(52)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(e5)를 보정 장치(92)에 출력한다. 온도 센서(101-6)는, 워크(W)에 설치되어 있고, 워크(W)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(e6)를 보정 장치(92)에 출력한다. 온도 센서(101-7, 101-8)는, 베드(51)의 전방부와 후방부에 설치되어 있고, 베드(51)의 온도를 검출하여, 온도 데이터(온도 검출 신호)(e7, e8)를 보정 장치(92)에 출력한다.
- [0063] 도 5에 도시하는 바와 같이, 본 실시형태예(2)의 보정 장치(92)는, 상기 실시형태예 1과 마찬가지로 경사량 데이터 입력부(93)와 기계 변위량 산출부(94)와 보정량 산출부(95)(제 1 보정량 산출부)를 갖고 있을 뿐만 아니라, 온도 데이터 입력부(103)와 열 변위량 산출부(104)와 보정량 산출부(105)(제 2 보정량 산출부)와 보정량 가산부(106)도 갖고 있다.
- [0064] 온도 데이터 입력부(103)에서는, 온도 센서(101-1 내지 101-8)로부터 출력되는 각 구조물[칼럼(53), 램(57), 테이블(52), 베드(51)] 및 워크(W)의 온도 데이터(e1 내지 e8)를 입력한다.
- [0065] 열 변위량 산출부(104)에서는, 온도 데이터 입력부(103)에서 입력한 각 구조물[칼럼(53), 램(57), 테이블(52), 베드(51)] 및 워크(W)의 온도 데이터(온도 검출값)에 근거하여, 각 구조물[칼럼(53), 램(57), 테이블(52), 베드(51)]이나 워크(W)의 열 변위량을 산출한다.
- [0066] 도 6에 근거하여, 칼럼(53), 램(57) 등에 상당하는 물체(107)의 열 변위량의 산출예에 대하여 설명하면, 물체(107)의 열 변위량(열에 의한 연장량) δ 은 하기의 (6)식에 의해서 산출한다. 도 6 및 (6)식에 있어서, L은 물체(107)의 유효 길이 [m], ΔT 는 물체(107)의 온도 변화[$^{\circ}\text{C}$]($=T-T_0$), β 는 물체(107)의 선팽창 계수[m/ $^{\circ}\text{C}$ *m] [물체(107)의 1[m] 당의 1[$^{\circ}\text{C}$] 변화시의 변위량]이다. 또한, T는 물체(107)의 온도[$^{\circ}\text{C}$], T_0 는 물체(107)의 기준 온도[$^{\circ}\text{C}$]이다.
- [0067]
$$\delta = \Delta T * L * \beta \quad \dots (6)$$
- [0068] 물체(107)의 온도(T)에는, 온도 센서(101-1 내지 101-8)로부터 입력한 온도 데이터(e1 내지 e8)를 이용한다. 물체(107)의 기준 온도는 열 변위량 산출부(104)에 미리 설정해 둔다. 또한, 칼럼(53)의 열 변위량을 산출하기 위한 온도 데이터에는, 2개의 온도 센서(101-1, 101-2)의 온도 검출값[온도 데이터(e1, e2)]의 평균값을 이용해도 좋고, 어느 한쪽을 이용해도 좋다. 램(57)의 열 변위량을 산출하기 위한 온도 데이터에는, 2개의 온도 센서(101-3, 101-4)의 온도 검출값(온도 데이터 e3, e4)의 평균값을 이용해도 좋고, 어느 한쪽을 이용해도 좋다. 테이블(52)의 열 변위량을 산출하기 위한 온도 데이터에는, 온도 센서(101-5)의 온도 검출값(온도 데이터 e5)을 이용한다. 워크(W)의 열 변위량을 산출을 위한 온도 데이터에는, 온도 센서(101-6)의 온도 검출값[온도 데이터 (e6)]을 이용한다. 베드(51)의 열 변위량을 산출을 위한 온도 데이터에는, 2개의 온도 센서(101-7, 101-8)의 온도 검출값(온도 데이터 e7, e8)의 평균값을 이용해도 좋고, 어느 한쪽을 이용해도 좋다.
- [0069] 도 5에 도시하는 바와 같이, 보정량 산출부(105)에서는, 열 변위량 산출부(104)에서 산출한 각 구조물[칼럼(53), 램(57), 테이블(52), 베드(51)]이나 워크(W)의 열 변위량에 근거하여, 각 이동축(X축, Y축, Z축)에 있어서의 변위량을 산출하고, 이들의 변위량의 역 부호의 값을 각 이동축(X축, Y축, Z축)의 보정량으로 한다. 즉, X축의 보정량(="-X축의 변위량")과 Y축의 보정량(="-Y축의 변위량")과 Z축의 보정량(="-Z축의 변위량")을

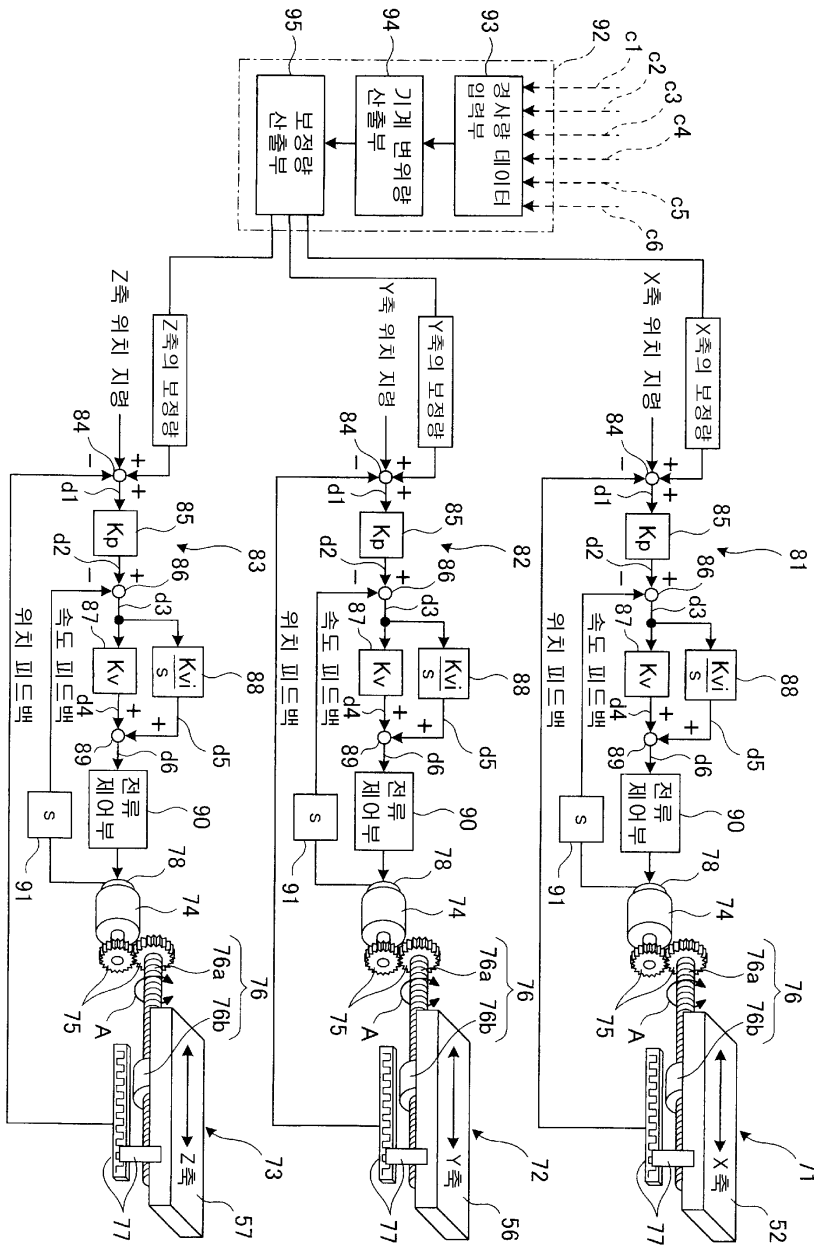
- 53b : 상면
- 54 : 크로스 레일
- 55 : 가이드 레일
- 56a : 상면
- 58 : 주축
- 71, 72, 73 : 이송 기구
- 75 : 감속 기어
- 76a : 나사부
- 77 : 위치 검출기
- 81, 82, 83 : 서보 제어 장치
- 85 : 곱셈부
- 87 : 비례 연산부
- 89 : 가산부
- 91 : 미분 연산부
- 93 : 경사량 데이터 입력부
- 95 : 보정량 산출부
- 103 : 온도 데이터 입력부,
- 105 : 보정량 산출부
- c1 내지 c6 : 경사량 데이터(경사 각도 검출 신호)
- e1 내지 e8 : 온도 데이터(온도 검출 신호)
- W : 워크
- 53c : 측면
- 54a : 상면
- 56 : 새들
- 57 : 램
- 61-1 내지 61-6 : 수준기
- 74 : 서보 모터
- 76 : 볼 스크류
- 76b : 너트부
- 78 : 펄스 코더
- 84 : 편차 연산부
- 86 : 편차 연산부
- 88 : 적분 연산부
- 90 : 전류 제어부
- 92 : 보정 장치
- 94 : 기계 변위량 산출부
- 101-1 내지 101-8 : 온도 센서
- 104 : 열 변위량 산출부
- 106 : 보정량 가산부

도면

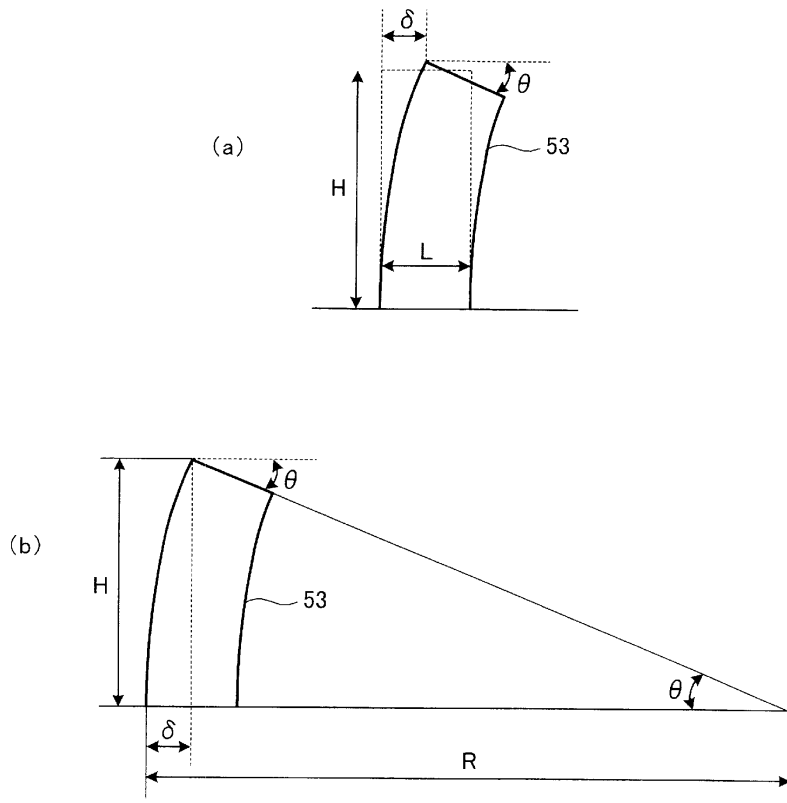
도면1



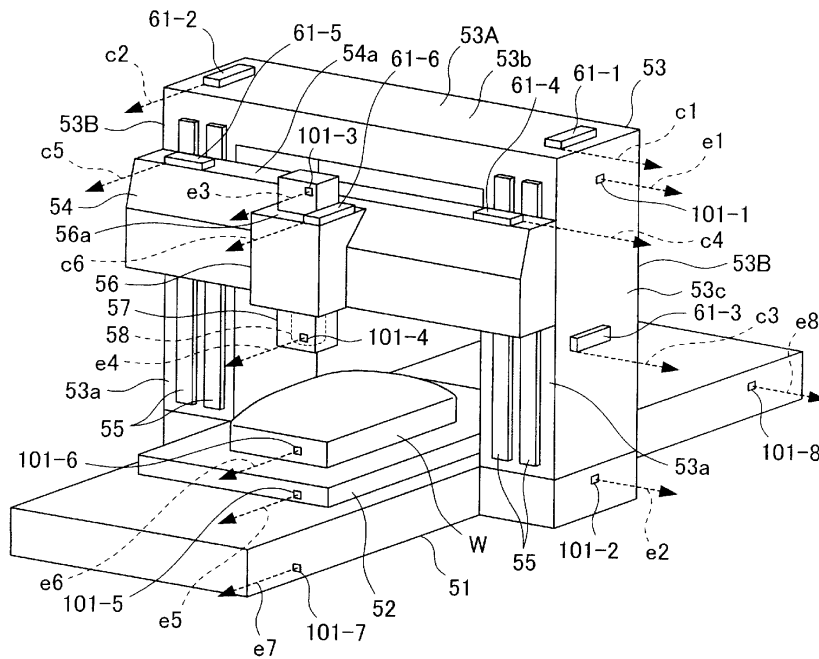
도면2



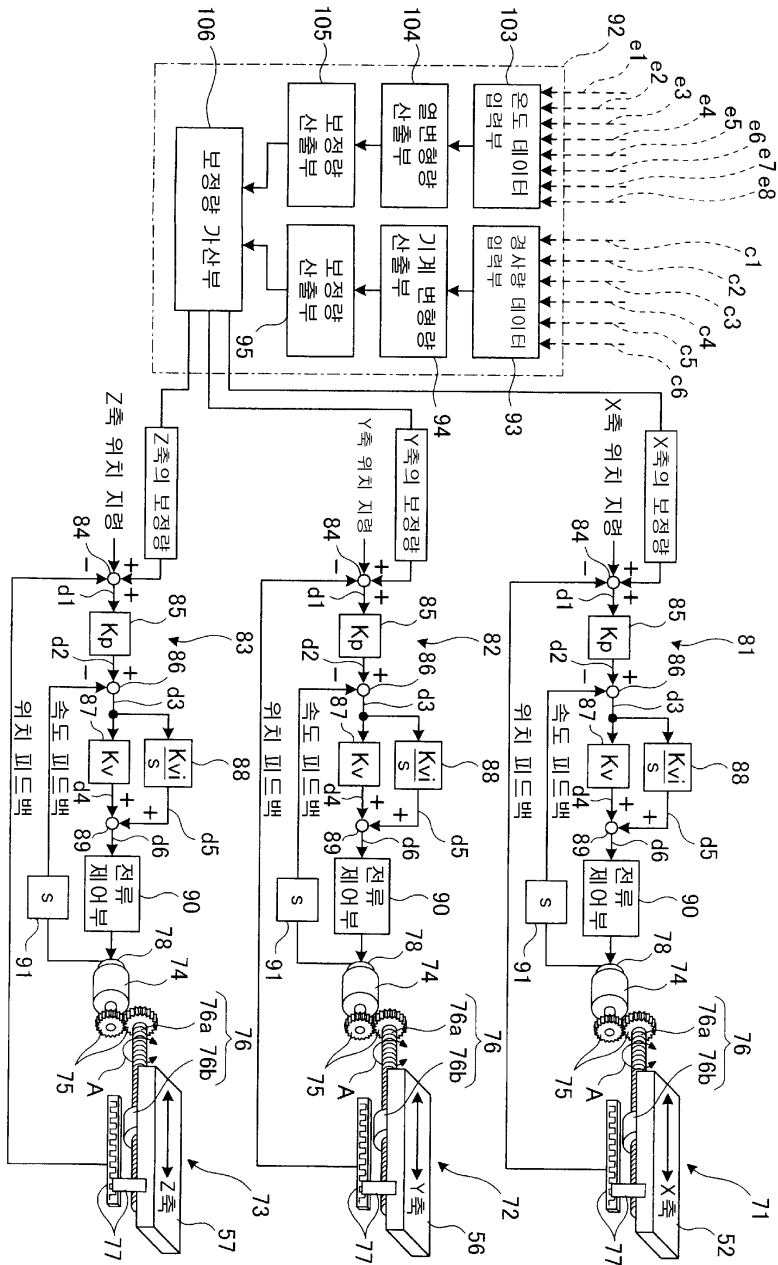
도면3



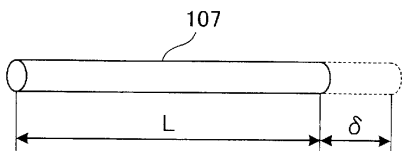
도면4



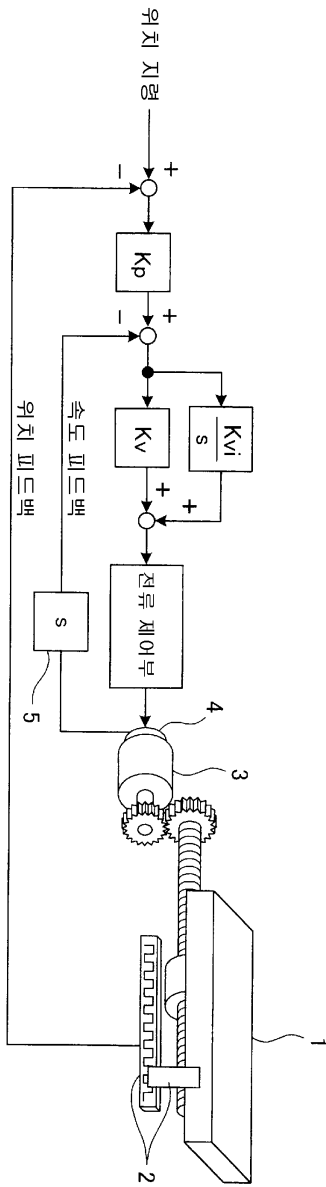
도면5



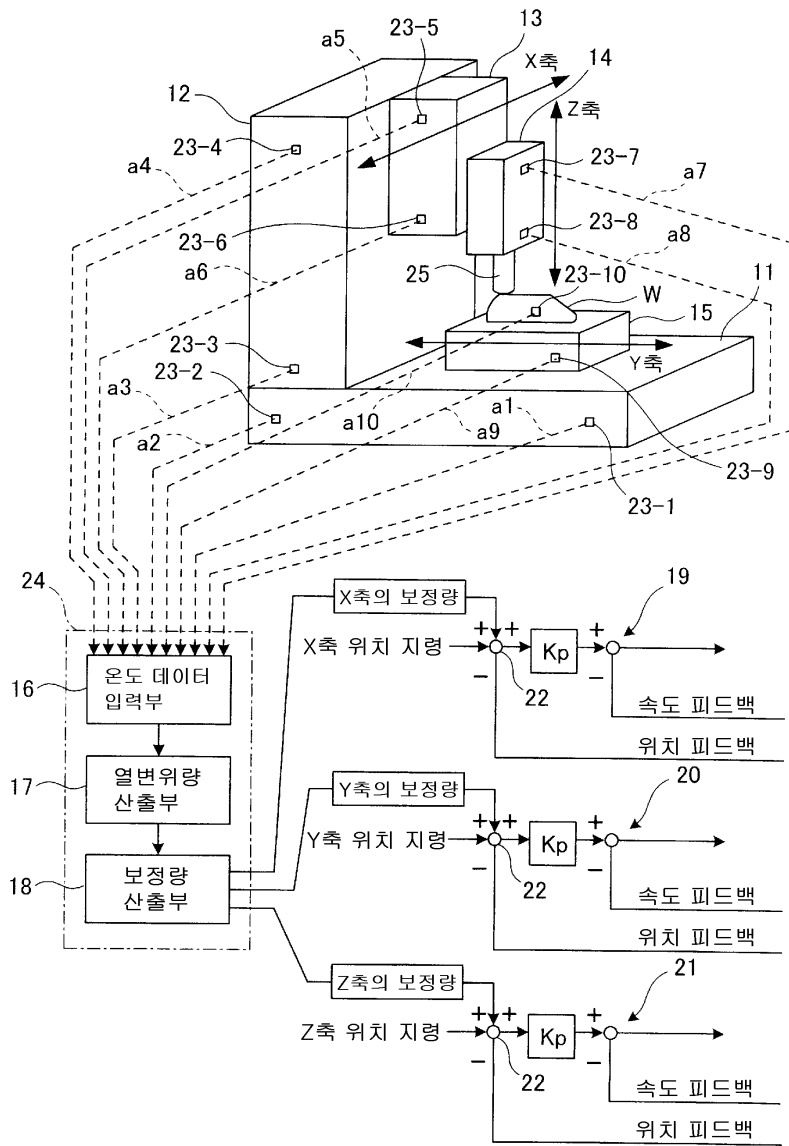
도면6



도면7



도면9



도면10

