

특허청구의 범위

청구항 1

고속으로 회전하는 공작기계의 스핀들인 고속회전체의 에러를 검출하는 시스템에 있어서,

고속으로 회전하는 스핀들의 끝단에 비접촉식 갭센서인 프로브 두 개를 구비하여 스핀들의 변위를 검출하고, 비접촉식 광센서를 구비하여 스핀들의 회전속도를 검출하며, 측정하고자 하는 위치에 열전대를 구비하여 회전속도와 열에 따른 스핀들의 회전정밀도를 파악하여 온도를 검출하고, 검출된 변위와 회전속도 및 온도는 랩뷰를 사용하여 취득하고자 하는 데이터로 변환하여 에러를 검출하는 것을 특징으로 하는 고속회전체의 에러검출 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서, 프로브인 갭센서로 검출하는 변위와 광센서로 검출하는 회전속도 및 열전대로 검출하는 온도의 변화는 하기 식(A)으로 구하는데, 스핀들의 정지상태인 원점(0)에서 스핀들이 회전하여 편심이 발생하면 이동 원점(0')으로 축이 이동하게 되고, 편심된 원은 항상 점(a, 0)과 점(0, b)를 지나게 되므로, 하기 식(A)와 같이 원의 근의 공식을 사용하여 이 두 점을 지나며 원점이 0'인 원을 구할 수 있고, 이렇게 구해진 누적된 0'의 데이터가 스핀들 축의 편심 정도를 나타내므로 이를 데이터 값으로 에러를 검출하는 것을 특징으로 하는 고속회전체의 에러검출 시스템.

$$p = \frac{a^2}{2a} + \frac{b^2}{2a} - \frac{2b}{2a} q \quad \text{-----} \quad (A)$$

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고속회전체의 에러검출 시스템에 관한 것으로, 좀더 상세하게는 X-Y-Z 축의 에러를 검출과 설치가 용이하고 에러검출방법의 재현성이 유용하며 고속 회전체의 에러를 실시간으로 검출하여 제품의 가공정밀도를 향상시키는 검출시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제품의 생산변화가 급변하는 가운데 이를 가공하는 가공기의 성능 또한 빠르게 변하고 있으며, 제품의 형상이나 금형을 좀 더 정확하고 빨리 가공해야 하고, 대상물의 소재 또한 다양해지고 있어 고속고정밀 가공기에 대한 수요와 연구가 활발히 진행되어오고 있으며, 그와 더불어 이러한 고속고정밀 가공기의 성능을 검증하기 위한 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

[0003] 공작기계는 가공기가 고속고정밀이 됨에 따라 가공 및 이송의 유연성을 위해 스핀들은 콤팩트화됨에 따라 모터 내장형 스핀들을 사용하고 있으나, 스핀들 내부에서 발생하는 열을 외부로 방출되는 것이 쉽지 않고, 가공시 발생하는 열은 스핀들의 각 부분에 영향을 주어 최종적으로 제품의 가공정밀도에 영향을 미치게 되는 발열문제가 있었다.

[0004] 이러한 열변형을 근본적으로 차단하기는 상당히 어려운 문제이기 때문에 이러한 열변형을 예측하고 보정하기 위해 많은 선행 연구들로는 첫 번째로, 멀티-오리엔테이션(multi-orientation) 방법을 이용하여 스핀들이 회전할 때의 에러를 쉽고 저렴하게 예측할 수 있는 방법으로는 도 1과 같이 멀티 오리엔테이션 위치에 각각 정지 가능토록 각각의 위치에 대한 값을 수치 제어부에 설정하는 단계(S1)와 원하는 위치로 위치 선택과 스타트 버튼의 누름이 있는지를 확인하는 단계(S2)와 설정위치와 누름 값이 일치하는지 확인하는 단계(S3)와 일치할 경우 선택 위치로 척을 회전후 정지하고 상기 단계(S2)를 수행하게 하는 단계(S4)와 일치하지 않을 경우 경보를 울리는 단계(S5)를 수행하는 메뉴얼 방식의 멀티 오리엔테이션 제어방법이 있었다.

[0005] 두 번째로 실제 가공시의 에러를 검출하기 위해 스핀들에 공구를 부착하여 실험자가 일일이 절삭깊이를 제어하는 여러 가지 실험방법이 있었으며, 세 번째로 FFT 알고리즘과 3개의 비접촉식 센서를 이용하여 스핀들의 에러를 검출하는 방법은 두 개 이상의 센서를 사용하여 측정하는 방법으로 스핀들 오차의 반복성을 필요로 하지 않는 장점이 있었다.

[0006] 상기의 측정을 통한 시스템의 구성과 검증에서는 항상 측정의 용이성, 반복정밀도, 고속에서의 정확성, 에러 검출방법, 에러 보상 등에 대한 고민을 동반하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 그러나 상기의 종래기술들에서 첫 번째의 멀티-오리엔테이션 방법은 저속에서만 가능하며 고속에서는 그 성능을 제대로 발휘하지 못한다는 문제점이 있고, 두 번째의 스핀들에 공구를 부착하여 실험하는 방법은 작업자가 일일이 절삭깊이를 제어해야 하므로 실험의 반복성과 재현성이 어렵다는 문제점이 있고, 세 번째의 FFT 알고리즘과 3개의 비접촉식 센서를 이용하여 스핀들의 에러를 검출하는 방법은 고주파 성분은 정확하게 측정되지 않는 단점과 센서를 이용한 측정 시 마스터볼을 사용하였으므로 측정물이 바뀔 때마다 그에 해당하는 마스터볼을 제작해야 하는 번거로움이 있었다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로, X-Y-Z 축의 에러를 검출과 설치가 용이하며, 에러검출방법의 재현성이 유용하고, 고속 회전체의 에러를 실시간으로 검출하여 제품의 가공정밀도를 향상시키는 검출시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 또한 두 개의 프로브와 속도 측정용 광센서 및 열전대를 이용하여 속도와 온도에 따른 고속 회전체의 반경방향 오차를 효과적으로 평가할 수 있는 방법을 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

효 과

[0010] 본 발명은 상기의 목적과 같이 X-Y-Z 축의 에러를 검출과 설치가 용이한 효과가 있으며, 에러검출방법의 재현성이 유용한 효과와, 고속 회전체의 에러를 실시간으로 검출하여 제품의 가공정밀도를 향상시키는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명은 고속회전체의 에러검출 시스템에 관한 것으로, 상세한 설명은 첨부되는 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

[0012] 도 2는 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템에 대한 개념도이고, 도 3은 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템을 이용한 교정의 개념도이며, 도 4는 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템의 구성도이고, 도 5는 본 발명 에러검출 시스템에서 데이터를 취득하고 분석하는 프로그램이다.

[0013] 스핀들의 회전 정밀도는 공작물의 가공정밀도에 직접적인 영향을 미치며, 스핀들의 회전 정밀도를 구하기 위하여 대부분 스핀들에 마스터볼을 부착하여 이를 시험하는데, 마스터볼을 사용하게 되면 공구의 톨 홀더에 따라 다양한 마스터 볼을 구비해야 한다는 단점이 있다.

[0014] 본 발명은 스핀들의 회전 정밀도를 파악하기 위하여 멀티-오리엔테이션 방법을 이용하여 스핀들이 회전할 때의 에러를 쉽고 저렴하게 예측할 수 있는 방법으로, 종래의 멀티-오리엔테이션 방법은 X와 Y축의 데이터를 취득하기 위하여 4개의 프로브(probe)를 사용하여 데이터를 취득하였지만, 본 발명은 단 2개의 프로브만을 사용한 개선된 멀티-오리엔테이션 방법이며 도 2에서 도시하였다.

[0015] 여기서 프로브는 비접촉식 캡센서이다.

[0016] 그 구성을 상세하게 살펴보면, 스핀들이 정지 상태에서의 원점을 0라고 하면, 스핀들이 회전할 때 편심이 발생하면 원점 0는 0' 로 이동하게 되고, 이렇게 편심 된 원은 항상 점(a, 0)과 점(0, b)를 지나게 되므로, 식 1과 같이 원의 근의 공식을 사용하여 이 두 점을 지나며 원점이 0' 인 원을 구할 수 있고, 이렇게 구해진 누적된 0' 의 데이터가 스핀들 축의 편심의 정도를 나타내는 지표가 된다.

식 1을 살펴보면,

$$(x-p)^2 + (y-q)^2 = R^2 \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$x^2 - 2px + p^2 + y^2 - 2qy + q^2 = R^2 \quad \text{-----} \quad (2)$$

원은 항상 (a, 0), (b, 0)을 지나므로, (2)식에 대입하면,

$$a^2 - 2ap + p^2 + q^2 = R^2 \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$p^2 + b^2 - 2bq + q^2 = R^2 \quad \text{-----} \quad (4)$$

(3)과 (4)식을 연립방정식으로 구하면,

$$a^2 - 2ap - 2bq + b^2 = 0 \quad \text{이고,}$$

$$p = \frac{a^2}{2a} + \frac{b^2}{2a} - \frac{2b}{2a} q$$

따라서 이다.

본 발명은 도 3에서 도시한 바와 같이, 측정하고자 하는 대상물과 센서의 교정(캘리브레이션, Calibration)이 필요하다.

본 발명은 도 4에서 도시한 바와 같이, 고속으로 회전하는 스핀들의 회전정밀도를 측정하기 위하여 측정 시스템을 구성하고, 표 1과 같은 조건이다.

[표 1]

Item	Specifications
Probe	AEC Gap sensor PU-05
Data Acquisition Board	SCXI 1600, 1126, 1125
Speed detector	Optical Reference Sensor P-95
Thermocouple	T Type

스핀들의 변위에 대한 데이터를 취득하기 위해서 프로브인 비접촉식 갭-센서(Gap-sensor)를 사용하는데 측정대상의 변위거리를 캡센서가 측정하여 데이터로 취득하며, AEC 사의 PU-05로 0.3 μ m의 분해능을 가지고, 데이터 취득 시스템을 구성하기 위해 National Instrument 사의 SCXI 시리즈인 1600과 1126 및 1125로 구성하였으며, 프로그램은 도 5와 같이 랩뷰(LabVIEW)를 사용하여 취득하고자 하는 데이터를 쉽게 얻고 원하는 분석을 할 수 있도록 프로그램을 작성한다.

스핀들의 회전속도를 측정하기 위하여 비접촉식 광센서를 사용하였으며, 회전속도와 발생된 열에 따른 스핀들의 회전 정밀도를 파악하기 위하여 관심위치에 열전대를 심어 온도를 검출하고 데이터를 취득한다.

도 4에서 고속회전체의 에러검출 시스템의 구성도를 도시하였는데, 프로브(갭센서)는 스핀들의 끝단에 위치하고 있으며, 프로브의 측정을 방해하지 않는 범위에서 속도를 측정하는 광센서를 설치하고, 열전대는 베어링부와 내장형 모터부 및 실내온도 등을 측정할 수 있도록 구비하며, 측정된 데이터의 실시간 분석을 위해서 도 5와 같이 랩뷰 코드를 사용하여 데이터 취득 프로그램을 작성하였다.

상기에서 살펴본 바와 같이 스핀들의 끝단에 프로브인 갭센서 두 개가 구비되어 변위를 검출하여 데이터를 취득하고, 광센서를 구비하여 속도를 검출하여 데이터를 취득하며, 열전대를 구비하여 온도를 검출하여 데이터를 취득하는 구성으로, 각 센서에서 검출된 값을 도 5의 랩뷰 프로그램을 통하여 데이터로 취득한다.

프로그램의 좌측면은 각 센서에 대한 옵션을 설정할 수 있고, 우측면은 측정된 데이터를 보여주므로, 이 프로그램은 측정과 분석을 동시에 수행할 수 있다.

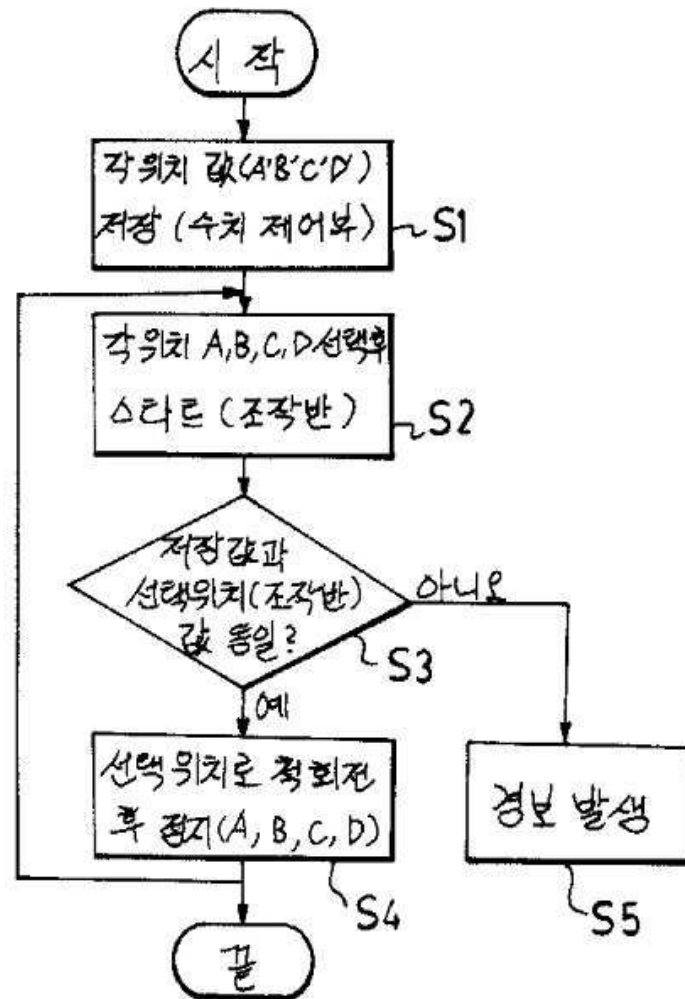
[0035] 우측 상단의 그래프를 통해 X, Y, Z축의 변위의 정도를 알 수 있으며, 하단 가운데 그래프는 주축의 에러 데이터를 누적해서 보여주고, 오른쪽의 그래프는 측정용 센서를 스핀들에 부착할 때 위치 보정용이다.

도면의 간단한 설명

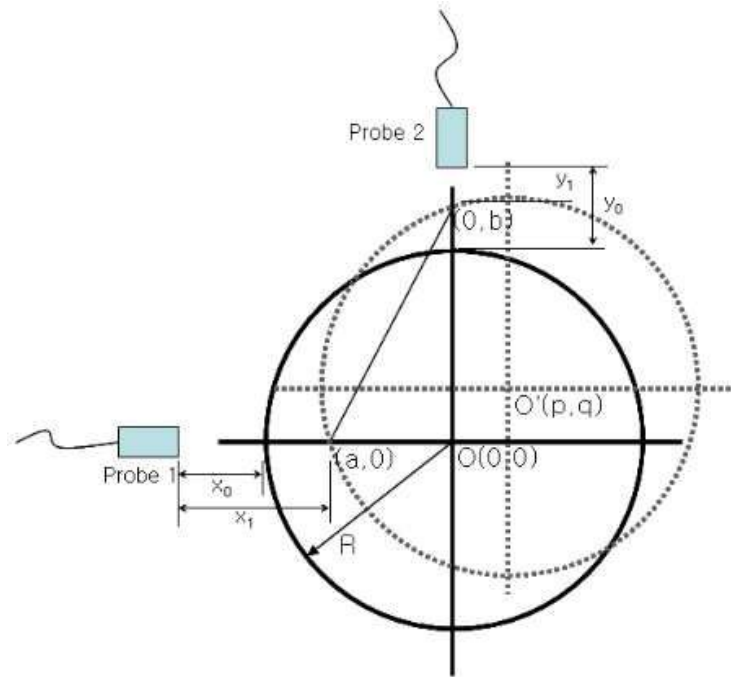
- [0036] 도 1은 종래 스핀들 회전 시 에러를 검출하는 방법의 블록도
- [0037] 도 2는 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템에 대한 개념도
- [0038] 도 3은 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템을 이용한 교정의 개념도
- [0039] 도 4는 본 발명 고속회전체의 에러검출 시스템의 구성도
- [0040] 도 5는 본 발명 에러검출 시스템에서 데이터를 취득하고 분석하는 프로그램

도면

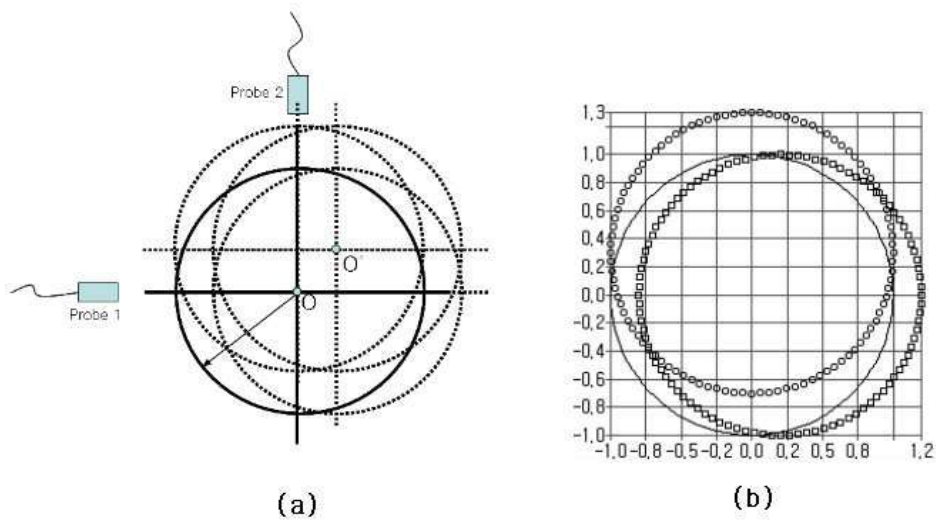
도면1



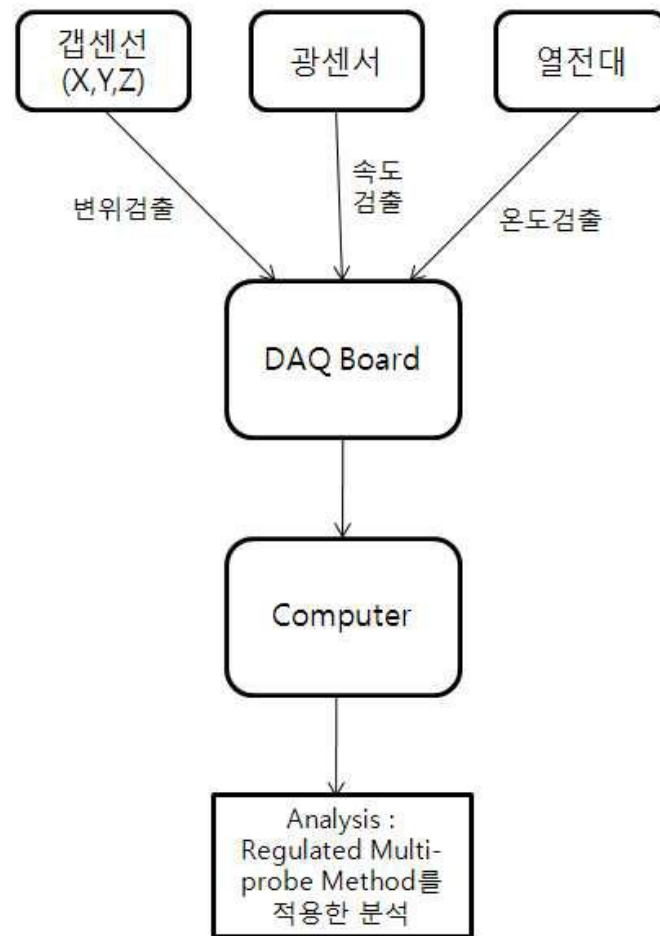
도면2



도면3



도면4



도면5

