



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0040469  
(43) 공개일자 2013년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23B 19/02 (2006.01) B23Q 5/04 (2006.01)  
F16C 25/06 (2006.01) F16C 25/08 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0105256  
(22) 출원일자 2011년10월14일  
심사청구일자 2011년10월14일

(71) 출원인  
창원대학교 산학협력단  
경상남도 창원시 의창구 사림동 9 창원대학교  
(72) 발명자  
김동현  
경상남도 창원시 대원동 대동아파트 203-104  
이춘만  
경상남도 창원시 성주동 일신대동프리빌리지아파트 108-1901  
(74) 대리인  
김대현

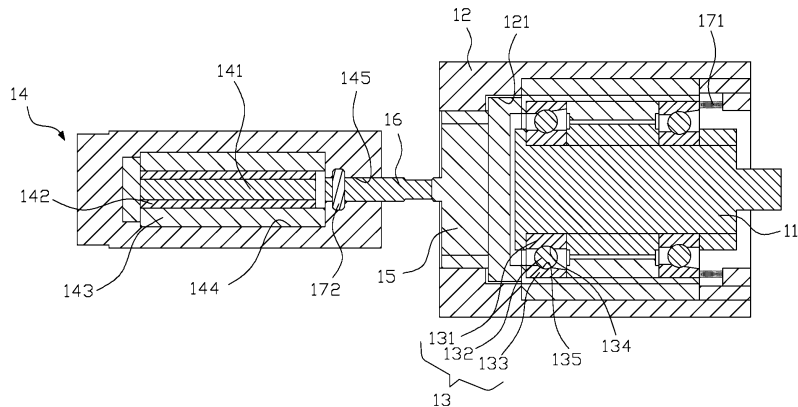
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 스마트소자를 이용한 가변예압장치

### (57) 요약

본 발명은, 터페놀디(Terfenol-D) 소자를 이용하여 베어링의 예압을 조절할 수 있는 스마트소자를 이용한 가변예압장치에 관한 것이다. 따라서, 본 발명에 의하면, 상기 터페놀디 소자의 반응속도가 매우 빨라 즉각적인 예압 조절이 가능하고, 다른 재료에 비하여 발생력이 매우 커 소형으로 큰 발생력을 낼 수 있으며, 에너지 밀도도 높은 편이라 낮은 전력으로도 큰 힘을 낼 수 있는 이점이 있다. 또한, 터페놀디 소자의 특성 상 피로 현상이 나타나지 않고, 재현성이 매우 뛰어나며, 주파수 대역이 넓어 장기간 안정적인 작동이 가능한 이점이 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0027035

부처명 교육과학기술부

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 고속 주축의 신개념 가변예압장치 개발에 관한 연구

주관기관 창원대학교

연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

주축과, 상기 주축이 회전 가능하게 결합되는 축고정부 간의 회전 저항을 최소화하기 위하여, 상기 주축 및 축고정부의 사이에 구비되는 베어링; 및

상기 베어링에 가해지는 예압을 가변하기 위하여, 상기 축고정부의 일측에 설치되는 예압가변부;를 포함하고,

상기 예압가변부는,

상기 베어링에 가해지는 예압을 가변시키기 위한 발생력을 제공할 수 있도록 선택적으로 변형되는 터페놀디(Terfenol-D) 소자; 및

상기 터페놀디 소자의 변형을 위한 자기력을 발생시킬 수 있도록, 상기 터페놀디 소자에 인접한 지점에 위치되는 자기발생부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트소자를 이용한 가변예압장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 주축의 회전 속도가 상대적으로 높은 경우에 상기 베어링에 가해지는 예압이, 상기 주축의 회전 속도가 상대적으로 낮은 경우에 상기 베어링에 가해지는 예압보다 작은 것을 특징으로 하는 스마트소자를 이용한 가변예압장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 베어링은,

상기 주축에 구비되는 내측 접촉부;

상기 축고정부에 구비되는 외측 접촉부; 및

상기 내측 접촉부 및 외측 접촉부의 상대적인 운동에 따라 회전하도록, 상기 내측 접촉부 및 외측 접촉부의 사이에 구비되는 볼;을 포함하는 볼타입 베어링인 것을 특징으로 하는 스마트소자를 이용한 가변예압장치.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 볼의 중심을 기준으로, 상기 터페놀디 소자의 반대 방향에 놓이는 외측 접촉부 및 볼의 접촉면이, 상기 터페놀디 소자를 향한 방향에 놓이는 상기 외측 접촉부 및 볼의 접촉면보다 좁은 것을 특징으로 하는 스마트소자를 이용한 가변예압장치.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 외측 접촉부가 상기 축고정부에 대하여 상기 주축의 길이 방향으로 이동할 수 있도록 하기 위하여, 상기 축고정부의 내부에 설치되는 부시;

상기 터페놀디 소자의 변형력을 상기 부시로 전달하기 위하여, 상기 터페놀디 소자와 부시를 연결하는 푸쉬로드; 및

상기 터페놀디 소자가 수축하는 경우에 상기 푸쉬로드 및 부시를 복귀시키기 위하여, 상기 축고정부 및 예압가변부 중 적어도 하나의 일측에 설치되는 탄성부재;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트소자를 이용한 가변예압장치.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 공작기계용 베어링 예압 조절장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 스마트소자, 에너지변환소자, 초 자기변형소자로 일컬어지는 터페놀디(Terfenol-D) 소자를 이용하여 예압을 가할 수 있는 공작기계용 베어링 가 변예압장치에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 일반적으로, 공작기계용 주축에는 강성과 부하용량이 크고, 취급이 용이하며, 규격화 되어 있는 등의 여러가지 이유로 구름베어링이 가장 많이 채용되고 있다. 구름베어링이 채용된 주축에서는, 축계의 강성을 높이고 진동을 억제하여 회전정밀도 등을 향상시킬 목적으로 베어링에 초기 예압 하중이 가해지는 경우가 많다. 즉, 초기에 베어링의 전동체와 궤도면 사이의 틈새값을 음으로 함으로서 축계의 강성과 회전 정밀도를 향상시키고, 베어링의 과도한 틈새에 의한 축 떨림, 진동 및 소음을 방지하고자 한다. 그러나, 예압 하중이 커지면, 베어링의 강성은 커지지만 볼과 내,외륜 궤도 사이의 큰 접촉 응력으로 인한 유막의 파괴와 늘어붙음이 발생되어 베어링의 수명이 단축되는 문제점이 있다. 특히, 주축은 고속으로 회전할 경우 원심력과 발열에 의한 영향으로 베어링의 내부 하중이 크게 증가하므로 초기 예압 하중이 과도한 경우에는 베어링 수명을 단축시키는 문제점이 초래될 것이다.

[0003] 또한, 공작기계용 주축계에서 강성을 높이기 위하여 큰 예압을 가하게 되면, 고속 회전 성능이 저하되고, 고속 회전을 위하여 경예압을 가하게 되면 강성에 대한 특성이 저하된다.

[0004] 현재의 가공 환경에서는 고속 가공과 함께 고능률 가공을 위하여, 하나의 공작기계에서 저속에서 이루어지는 중 절삭과 고속에서 이루어지는 경절삭이 일련의 작업으로 가능해야 한다. 따라서, 고속, 고능률 가공을 위한 주축 계에서는 저속영역에서는 주축의 강성을 높이기 위하여 베어링에 큰 예압을 가하고, 고속영역에서는 큰 강성 대신 발열을 저하시키고 고속회전이 가능하도록 베어링에 작은 예압을 가할 수 있는 베어링 가변 예압장치가 필요하다.

[0005] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 한국공개특허 제2010-0089272호에서는, 유압을 이용하여 주축의 회전수에 따라 공작기계용 베어링의 예압을 자동으로 조절할 수 있도록 구성하였으나, 유압을 이용한다는 점에서 반응속도가 느리고, 장치 구성이 복잡해져서 설치 및 유지 보수 비용이 증가되는 문제점이 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2010-0089272호(2010.08.12)

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 공작기계용 베어링 예압 조절장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 스마트소자, 에너지변환소자라고 일컬어지는 터페놀디 소자를 이용하여 베어링에 예압을 가할 수 있는 공작기계용 베어링 가변 예압장치에 관한 것이다.

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0009] 상기한 바와 같이 제안되는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치는, 주축과, 상기 주축이 회전 가능하게 결합되는 축고정부 간의 회전 저항을 최소화하기 위하여, 상기 주축 및 축고정부의 사이에 구비되는 베어링; 및 상기 베어링에 가해지는 예압을 가변하기 위하여, 상기 축고정부의 일측에 설치되는 예압가변부;를 포함하고, 상기 예압가변부는, 상기 베어링에 가해지는 예압을 가변시키기 위한 발생력을 제공할 수 있도록

록 선택적으로 변형되는 터페놀디(Terfenol-D) 소자; 및 상기 터페놀디 소자의 변형을 위한 자기력을 발생시킬 수 있도록, 상기 터페놀디 소자에 인접한 지점에 위치되는 자기발생부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트 소자를 이용한 가변예압장치.

### 발명의 효과

- [0010] 상기한 바와 같이 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치에 의하면, 저속 회전시에는 베어링에 비교적 큰 예압을 가하고, 고속 회전시에는 비교적 작은 예압을 가할 수 있다. 따라서, 저속 회전시에 주축의 강성을 높일 수 있고, 고속 회전시에 발생하는 발열량을 최소화할 수 있는 이점이 있다.
- [0011] 또한, 가공 속도에 따라 베어링에 가해지는 예압을 가변함으로써, 가공 품질 및 성능이 더욱 향상될 수 있는 이점이 있다.
- [0012] 그리고, 본 발명에 의하면, 베어링에 예압을 가하기 위한 발생력으로 스마트소자인 터페놀디 소자의 변형력을 이용하는데, 상기 터페놀디 소자는 응답속도가 예를 들면 유압 등과 같은 다른 수단을 이용하는 경우에 비하여 매우 빠르고, 발생하는 발생력의 세기가 다른 수단에 비하여 비교적 크다. 따라서, 베어링의 예압이 적시에 적절히 가변될 수 있고, 베어링에 예압을 가하기에 충분한 발생력을 제공할 수 있는 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치에 적용된 스마트소자의 작동 원리를 도시한 개념도.
- 도 2는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 1 실시예를 보인 단면도.
- 도 3은 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 2 실시예를 보인 단면도.
- 도 4는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 3 실시예를 보인 단면도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하에서는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0015] 도 1은 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 1 실시예를 보인 단면도이고, 도 2는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치에 적용된 스마트소자의 작동 원리를 도시한 개념도이다.
- [0016] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링(13) 가변 예압장치는, 주축(1)과, 상기 주축(1)이 회전 가능하게 결합되는 축고정부(12) 간의 회전 저항을 최소화하기 위하여, 상기 주축(1) 및 축고정부(12)의 사이에 구비되는 베어링(13)과, 상기 베어링(13)에 가해지는 예압을 가변하기 위하여, 상기 축고정부(12)의 일측에 설치되는 예압가변부(14)를 포함한다.
- [0017] 상기 주축(1)은 다양한 목적으로 회전하는 회전체가 될 수 있다. 예를 들면, 상기 주축(1)은 재료를 절삭 가공하기 위한 가공툴이 고정되는 공작기계의 스피들이 될 수도 있다.
- [0018] 상기 축고정부(12)는, 상기 주축(1)이 고정될 수 있는 다양한 구성이 될 수 있다. 예를 들면, 상기 주축(1)의 적어도 일부를 수용하여, 상기 주축(1)이 회전하는 과정에서 이탈하지 않도록 하는 하우징이 될 수 있다. 상기 하우징의 일측에는, 상기 주축(1)이 회전하는 과정에서 길이 방향으로 이탈하지 않도록 제한하기 위하여 후술할 부시(15)가 더 장착될 수 있다.
- [0019] 상기 베어링(13)은, 상기 주축(1)이 상기 축고정부(12)에 대하여 상대적으로 원활하게 회전할 수 있도록 상기 주축(1)과 축고정부(12)의 사이에 구비된다. 상기 베어링(13)은, 상기 주축(1)에 구비되는 내측 접촉부(131)와, 상기 축고정부(12)에 구비되는 외측 접촉부(133)와, 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)의 상대적인 운동에 따라 회전하도록, 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)의 사이에 구비되는 볼(132)을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 내측 접촉부(131)는, 상기 주축(1)의 외면 일측에 설치되어, 상기 주축(1)과 함께 회전할 수 있도록 구비된다. 또한, 상기 외측 접촉부(133)는, 상기 축고정부(12)의 내면 일측에 설치되어, 상기 주축(1)이 상기 축고

정부(12)를 이탈하지 않도록 상기 주축(1)을 지지하는 역할을 한다.

- [0021] 그리고, 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)에는 상기 볼(132)의 적어도 일부가 수용될 수 있는 홈(134,135)이 형성된다. 상기 볼(132)이 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)의 홈(134,135)에 수용될 수 있도록, 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)의 사이에 위치되어, 상기 주축(1)의 회전 시에 상기 볼(132)이 상기 내측 접촉부(131) 및 외측 접촉부(133)의 홈(134,135)을 따라 구름(Rolling) 수 있게 된다.
- [0022] 한편, 상기 예압가변부(14)는, 상기 베어링(13)에 가해지는 예압을 가변시키기 위한 발생력을 제공할 수 있도록 선택적으로 변형되는 터페놀디(Terfenol-D) 소자(141)와, 상기 터페놀디 소자(141)의 변형을 위한 자기력을 발생시킬 수 있도록, 상기 터페놀디 소자(141)에 인접한 지점에 위치되는 자기발생부와, 상기 터페놀디 소자(141) 및 자기발생부를 수용할 수 있는 공간이 형성되는 수용부(144)를 포함한다.
- [0023] 상기 터페놀디 소자(141)는 희토류 금속인 테르븀(Tb)과 디스프로슘(Dy), 철(Fe)을 합금화시킨 재료이다. 또한, 상기 터페놀디 소자(141)는 스마트소자, 에너지변환소자라고 칭해지기도 한다. 자계에 따른 변형량과 에너지 밀도, 그리고 자기기계적 결합계수가 크다. 터페놀디 소자(141)에 전기를 가하면 기계적 변형이 일어난다. 이러한 터페놀디 소자(141)는, 응답속도가 수  $\mu s$ 에 해당할 정도로 빠르고, 주파수 대역이 넓으며, 터페놀디 소자(141)가 변형할 때 발생하는 힘이 다른 재료의 발생력에 비하여 큰 장점을 가진다. 터페놀디 소자(141)의 변형량의 크기는 니켈의 50배, 압전소자의 10배로 알려져 있고, 에너지 밀도가  $14\sim 25 \text{ kJ/m}^3$ 에 이를 정도로 높아 낮은 전력으로도 큰 힘을 낼 수 있는 장점이 있다. 또한, 지름 50mm rod의 경우 약 4,450N에 이를 정도로 충분한 힘을 낼 수 있고, 피로 현상이 나타나지 않으며, 재현성이 매우 뛰어나고 가역적이므로 액츄에이터와 센서에 모두 응용 가능하다는 장점이 있다. 더불어, 터페놀디 소자의 변형량의 크기는 니켈의 50배, 압전소자의 10배에 이를 정도로 크다. 따라서, 소형인 동시에 큰 힘을 요구하는 시스템에 적합하다고 볼 수 있다.
- [0024] 이러한 터페놀디 소자(141)는, 자기변형 메커니즘에 의하여 변형을 일으킨다. 자기변형이란 전기에너지가 기계에너지로 변환되는 에너지 변환 과정이다.
- [0025] 도 2은 상기 터페놀디 소자(141)의 자기변형 현상을 나타내고 있다. 도 2의 (a)와 같이 상기 터페놀디 소자(141)에 전류가 흐르지 않는 상태에서 상기 터페놀디 소자(141)의 길이를  $l$ 이라고 보면, 상기 터페놀디 소자(141)에 전류가 흘러 자기장을 형성한 상태에서는 상기 터페놀디 소자(141)의 길이가  $l+\Delta l$ 이라고 볼 수 있다. 즉, 상기 터페놀디 소자(141)가  $\Delta l$ 만큼 그 길이가 길어지는 방향으로 변형된 것이다. 이때, 상기 터페놀디 소자(141)의 길이가 늘어난 만큼, 상기 터페놀디 소자(141)의 길이 방향으로 힘이 발생될 수 있다.
- [0026] 한편, 상기 자기발생부는, 전류가 흐를 수 있도록 상기 터페놀디 소자(141)를 감는 형태로 구비되는 코일(142)과, 상기 코일(142)의 외측에 둘러싸는 형태로 구비되는 영구자석(143)을 포함한다. 상기 영구자석(143)은 비교적 높은 자속밀도와 낮은 보자력을 가진다. 상기 영구자석(143)은, 상기 코일(142)에 의하여 발생하는 자기력선을 상기 터페놀디 소자(141)로 회귀시킴으로써, 상기 코일(142)에 의하여 발생하는 자기에너지의 손실을 최소화시키는 역할을 한다. 이때, 상기 코일(142)에 의하여 발생하는 자기장의 세기로 상기 영구자석(143)의 자속밀도를 제어할 수 있다. 따라서, 상기 코일(142)에 전류를 가할 때 상기 코일(142)의 자기장의 방향과 세기에 따른 영구자석(143)의 자속밀도의 변화를 이용하여, 상기 터페놀디 소자(141)의 변형 방향과 변형력 크기가 결정될 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 터페놀디 소자(141)의 변형력은, 조절 대상에 압축력을 가하는 데 이용하는 것이 바람직하다. 이는, 상기 터페놀디 소자(141)가 인장강도보다는 압축강도가 상대적으로 큰 특성을 가지기 때문이다. 그리고, 상기 터페놀디 소자(141)에 압축력이 가해지는 경우에는, 상기 터페놀디 소자(141)의 물질 내부에 자구벽(domain wall) 이동을 일으켜 자구 내의 자화 벡터들을 일정한 방향으로 정렬시키기 때문에 자계에 의한 상기 터페놀디 소자(141)의 변형량을 더욱 증가시킬 수 있기 때문이다.
- [0028] 그리고, 상기 수용부(144)는 상기 축고정부(12)와 별개로 형성되어 상기 축고정부(12)의 외부에 설치되며, 상기 수용부(144)의 내부에는 상기 터페놀디 소자(141), 코일(142) 및 영구자석(143)이 수용될 수 있는 공간이 형성된다. 또한, 상기 수용부(144)의 일측에는 후술할 푸쉬로드(16)가 관통 결합되기 위한 홀(145)이 형성된다.
- [0029] 한편, 상기 가변예압장치는, 상기 외측 접촉부(133)가 상기 축고정부(12)에 대하여 상기 주축(1)의 길이 방향으로 이동할 수 있도록 하기 위하여, 상기 축고정부(12)의 내부에 설치되는 부시(15)와, 상기 터페놀디 소자(141)의 변형력을 상기 부시(15)로 전달하기 위하여, 상기 터페놀디 소자(141)와 부시(15)를 연결하는 푸쉬로드(16)와, 상기 터페놀디 소자(141)가 수축하는 경우에 상기 푸쉬로드(16) 및 부시(15)를 복귀시키기 위하여, 상기 축고정부(12) 및 예압가변부(14) 중 적어도 하나의 일측에 설치되는 탄성부재(171,172)를 더 포함할 수

있다.

- [0030] 보다 상세히, 상기 부시(15)는 상기 축고정부(12)의 내측에 수용되어 설치되고, 상기 주축(1)이 상기 부시(15)의 내부에 설치된다. 그리고, 상기 외측 접촉부(133)가 상기 부시(15)에 고정된 상태에서, 상기 부시(15)가 상기 축고정부(12)의 내부에서 상기 주축(1)의 길이 방향으로 이동할 수 있도록, 상기 축고정부(12)의 내부에는 상기 부시(15)가 수용되기 위한 부시수용부(121)가 형성된다.
- [0031] 그리고, 상기 예압가변부(14)는 상기 축고정부(12)의 외부에 설치되고, 상기 터페놀디 소자(141)의 일단부가 상기 부시(15)의 일단에 연결된다. 이때, 상기 터페놀디와 부시(15) 사이에는 상기 푸쉬로드(16)가 개입되어 상기 터페놀디 소자(141)의 변형에 의한 압축력을 상기 부시(15)로 전달하는 역할을 한다. 즉, 상기 푸쉬로드(16)에 의하여, 상기 터페놀디 소자(141)와 부시(15)가 간접적으로 연결되는 것이다. 물론, 상기 푸쉬로드(16) 없이, 상기 터페놀디 또는 부시(15)의 일단부가 연장되는 방식으로 상기 터페놀디 소자(141)와 부시(15)가 직접 연결될 수도 있다.
- [0032] 또한, 상기 탄성부재(171,172)는, 상기 부시(15)를 원상태로 복귀시키기 위한 부시측 탄성부재(171)와, 상기 푸쉬로드(16)를 원상태로 복귀시키기 위한 로드측 탄성부재(172)를 포함할 수 있다. 상기 부시측 탄성부재(171)는, 상기 축고정부(12)의 내부에서 상기 푸쉬로드(16)가 연결되는 상기 부시(15)의 일단에 반대측에 해당하는 타단과 상기 축고정부(12)의 내면 사이에 위치될 수 있다. 그리고, 상기 로드측 탄성부재(172)는, 상기 터페놀디 소자(141)를 향한 방향으로 상기 푸쉬로드(16)에 탄성력을 작용하도록 설치될 수 있다.
- [0033] 따라서, 상기 터페놀디 소자(141)가 팽창하는 경우에는 상기 터페놀디 소자(141)에 의한 압축력에 의하여 상기 푸쉬로드(16) 및 부시(15)가 터페놀디 소자(141)와 멀어지는 방향으로 밀려나게 되고, 동시에 상기 탄성부재(171,172)는 압축되게 된다. 그리고, 상기 터페놀디 소자(141)가 수축하는 경우에는 상기 탄성부재(171,172)의 탄성력에 의하여 상기 푸쉬로드(16) 및 부시(15)가 상기 터페놀디 소자(141)를 향한 방향으로 다시 이동하여 원상태로 복귀할 수 있다.
- [0034] 한편, 상기 볼(132)의 중심을 기준으로, 상기 터페놀디 소자(141)의 반대 방향에 놓이는 외측 접촉부(133) 및 볼(132) 간의 접촉면이, 상기 터페놀디 소자(141)를 향한 방향에 놓이는 상기 외측 접촉부(133) 및 볼(132) 간의 접촉면보다 좁게 형성된다. 즉, 상기 외측 접촉부(133)에 형성되는 홈(135)을, 상기 주축(1)에 수직을 이루고 상기 볼(132)의 중심을 지나는 가상의 면을 기준으로, 상기 터페놀디 소자(141)의 반대 방향에 놓이는 제 1 부분과, 상기 터페놀디 소자(141)를 향한 방향에 놓이는 제 2 부분으로 나누어 볼(132) 때, 상기 제 1 부분이 상기 제 2 부분보다 좁게 형성되는 것이다.
- [0035] 따라서, 상기 내측 접촉부(131), 볼(132) 및 외측 접촉부(133) 사이에 형성되는 응력은 상기 외측 접촉부(133)의 홈(135)에서 제 2 부분을 관통하는 방향으로 형성되게 된다.
- [0036] 한편, 본 발명의 작동에 대하여 설명하면, 상기 주축(1)이 회전함에 따라 상기 가공물이 회전함으로써 재료에 대한 가공이 수행될 수 있다. 이때, 상기 주축(1)의 회전 속도에 따라 상기 베어링(13)에 작용하는 예압이 가변된다.
- [0037] 보다 상세히, 상기 주축(1)이 비교적 저속으로 회전하는 경우에는, 상기 코일(142)을 통하여 강한 전류가 흐르게 됨으로써 상기 터페놀디 소자(141)가 팽창하고, 이에 따라 상기 부시(15)가 밀려남에 따라 내측 접촉부(131), 볼(132) 및 외측 접촉부(133) 사이에 형성되는 응력을 상쇄함으로써, 상기 베어링(13)에 작용하는 예압의 크기가 작아지게 된다.
- [0038] 반대로, 상기 주축(1)이 비교적 고속으로 회전하는 경우에는, 상기 코일(142)을 통하여 흐르는 전류가 약해져 상기 터페놀디 소자(141)가 수축되고, 이에 따라 상기 부시(15)가 원상태로 복귀함에 따라 내측 접촉부(131), 볼(132) 및 외측 접촉부(133) 사이에 형성되는 응력이 증가하게 됨으로써, 상기 베어링(13)에 작용하는 예압의 크기가 커지게 된다.
- [0039] 즉, 상기 주축(1)의 회전 속도가 상대적으로 높은 경우에 베어링(13)에 가해지는 예압이, 상기 주축(1)의 회전 속도가 상대적으로 낮은 경우에 상기 베어링(13)에 가해지는 예압보다 작아지게 되는 것이다.
- [0040] 따라서, 본 발명에 의하면, 저속 회전시에 주축(1)의 강성을 높일 수 있고, 고속 회전시에 발생하는 발열량을 최소화할 수 있는 이점이 있다.
- [0041] 또한, 가공 속도에 따라 베어링(13)에 가해지는 예압을 적절히 가변함으로써, 가공 품질 및 성능이 더욱 향상될

수 있는 이점이 있다.

- [0042] 그리고, 상기 터페놀디 소자(141)는 응답속도가 예를 들면 유압 등과 같은 다른 수단을 이용하는 경우에 비하여 비교적 빠르고, 발생하는 발생력의 세기가 다른 수단에 비하여 비교적 크기 때문에, 베어링(13)의 예압이 적시에 신속하게 적절히 가변될 수 있고, 베어링(13)에 예압을 가하기에 충분한 발생력을 제공할 수 있는 이점이 있다.
- [0043] 이하에서는, 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 2 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 실시예는, 제 1 실시예와 비교하여, 예압가변부가 축고정부의 내부에 위치된다는 점에서 차이가 있다. 본 실시예에서, 제 1 실시예와 중첩되는 구성에 대해서는 제 1 실시예의 설명을 원용한다.
- [0044] 도 3은 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 2 실시예를 보인 단면도이다.
- [0045] 도 3을 참조하면, 본 실시예에서는, 예압가변부(24)가 축고정부(22)의 내부에 위치된다.
- [0046] 보다 상세히, 상기 축고정부(22)의 내부에는 상기 예압가변부(24)와 부시(25)가 수용되기 위한 수용공간(221)이 형성된다. 상기 예압가변부(24)는 상기 수용공간(221)의 일측에 설치되고, 상기 예압가변부(24)로부터 순차적으로 푸쉬로드(26), 부시(25)가 놓이며, 상기 예압가변부(24)의 터페놀디 소자(241)는 상기 푸쉬로드(26)를 향하여 팽창할 수 있도록 설치된다.
- [0047] 상기 부시(25)를 기준으로 상기 예압가변부(24)의 반대측에 해당하는 상기 수용공간(221)의 타측에는, 상기 부시(25)를 원상태로 복귀시키기 위한 탄성부재(271)가 구비된다.
- [0048] 또한, 상기 수용공간(221)의 내측에 해당하는 상기 축고정부(22)의 내부 공간에 수용되는 주축에 내측 접촉부(234)가 구비되고, 상기 부시(25)의 외측 접촉부(235)가 구비되며, 상기 내측 접촉부(234) 및 외측 접촉부(235)의 사이에 볼이 구비됨으로써, 베어링(23)이 설치된다.
- [0049] 본 실시예에 의하면, 상기 가변예압장치의 전체적인 크기 또는 부피가 더욱 컴팩트해질 수 있는 이점이 있다.
- [0050] 이하에서는, 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 3 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 실시예는, 제 2 실시예와 비교하여, 단일 예압가변부가 복수개의 베어링에 가해지는 예압을 조절할 수 있다는 점에서 차이가 있다. 본 실시예에서, 제 1 실시예 및 제 2 실시예와 중첩되는 구성에 대해서는 제 1 실시예 및 제 2 실시예의 설명을 원용한다.
- [0051] 도 4는 본 발명에 의한 스마트소자를 이용한 베어링 가변 예압장치의 제 3 실시예를 보인 단면도이다.
- [0052] 도 4를 참조하면, 본 실시예에서는, 단일 예압가변부(34)가 복수개의 베어링에 가해지는 예압을 조절할 수 있도록 구성된다.
- [0053] 보다 상세히, 상기 축고정부(32)의 내부에는 상기 예압가변부(34)와 2개의 부시(35)가 수용되기 위한 수용공간(321)이 형성된다. 상기 예압가변부(34)는 상기 수용공간(321)의 중심에 설치되고, 상기 예압가변부(34)로부터 멀어지는 양쪽 방향으로 순차적으로 2개의 푸쉬로드(36), 2개의 부시(35)가 각각 놓이며, 상기 예압가변부(34)의 터페놀디 소자(341)는 상기 2개의 푸쉬로드(36)를 향하여 양쪽으로 팽창할 수 있도록 설치된다.
- [0054] 상기 2개의 부시(35)를 기준으로 상기 예압가변부(34)의 반대측에 해당하는 상기 수용공간(321)의 양측에는, 상기 부시(35)를 원상태로 복귀시키기 위한 2개의 탄성부재(371)가 각각 구비된다.
- [0055] 또한, 상기 수용공간(321)의 내측에 해당하는 상기 축고정부(32)의 내부 공간에 수용되는 주축에 2개의 내측 접촉부(331)가 구비되고, 상기 2개의 부시(35)에는 각각 외측 접촉부(332)가 구비되며, 서로 대응되는 상기 내측 접촉부(331) 및 외측 접촉부(332)의 사이에 2개의 볼(332)이 각각 구비됨으로써, 베어링(33)이 설치된다.
- [0056] 본 실시예에 의하면, 상기 터페놀디 소자(341)의 팽창에 의한 압축력을 이용하여 2개의 베어링에 가해지는 예압을 조절할 수 있고, 2개의 베어링(33)을 통하여 예압이 조절될 수 있으므로, 예압이 더욱 정교하게 조절될 수 있는 이점이 있다.
- [0057] 이와 같이 본 발명의 기본적인 기술적 사상의 범주 내에서, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서는 다른 많은 변형이 가능함은 물론이고, 본 발명의 권리범위는 첨부한 특허청구범위에 기초하여 해석되어야 할 것이다.

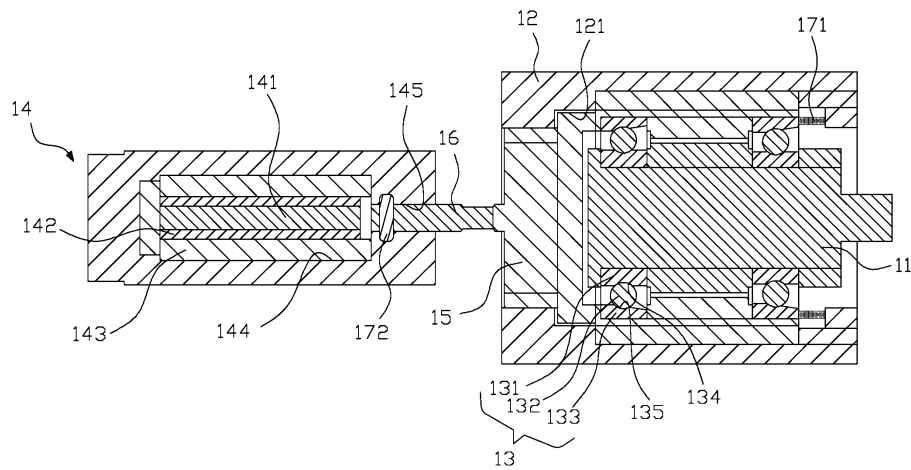
## 부호의 설명

[0058]

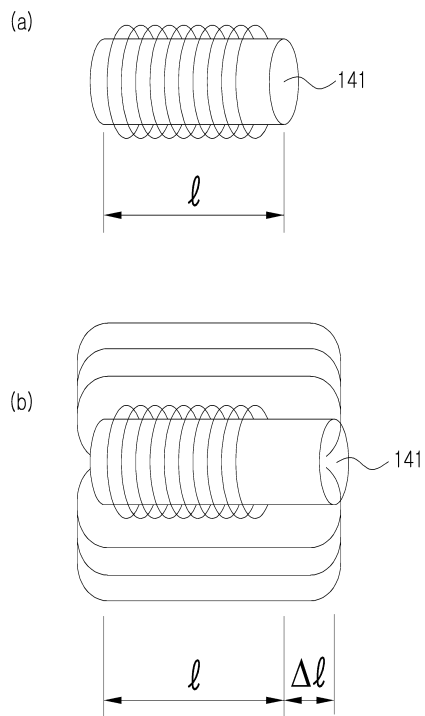
- 11 : 주축
- 12 : 축고정부
- 13 : 베어링
- 14 : 예압가변부
- 15 : 부시
- 16 : 푸쉬로드
- 141 : 터페놀디 소자
- 142 : 코일
- 143 : 영구자석
- 144 : 수용부

도면

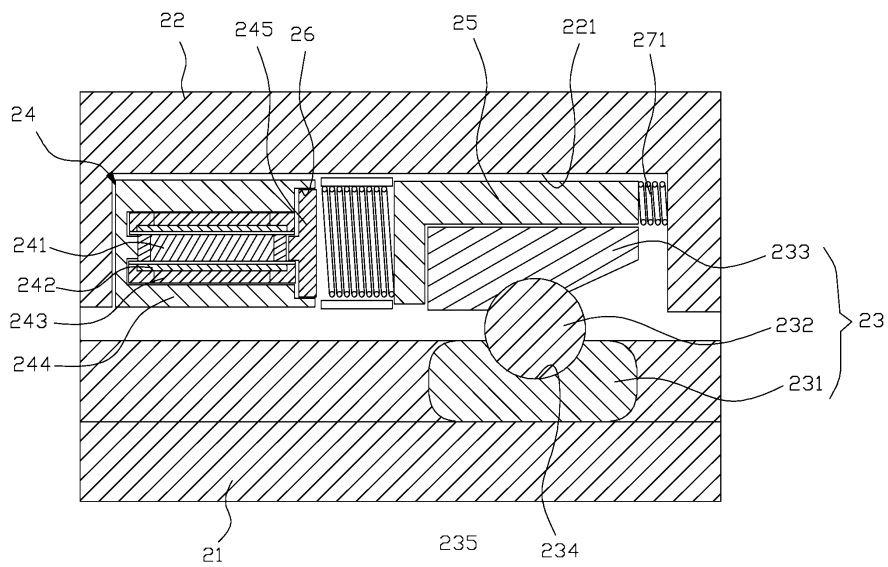
도면1



도면2



도면3



도면4

