



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월27일  
(11) 등록번호 10-1312207  
(24) 등록일자 2013년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23Q 15/013 (2006.01) B23Q 15/007 (2006.01)  
B81B 5/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-7014290  
(22) 출원일자(국제) 2006년11월14일  
심사청구일자 2011년11월04일  
(85) 번역문제출일자 2008년06월13일  
(65) 공개번호 10-2008-0090395  
(43) 공개일자 2008년10월08일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/044056  
(87) 국제공개번호 WO 2007/059063  
국제공개일자 2007년05월24일  
(30) 우선권주장  
11/273,981 2005년11월15일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005014169 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
에인즈 데일 엘.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스33427쓰리엠 센터  
캠프벨 엘란 비.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스33427쓰리엠 센터  
웨르츠 다니엘 에스.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스33427쓰리엠 센터  
(74) 대리인  
안국찬, 김영, 양영준

전체 청구항 수 : 총 2 항

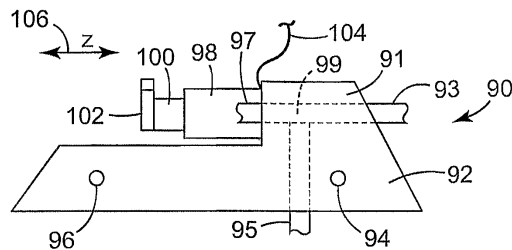
심사관 : 윤기웅

(54) 발명의 명칭 원통형 공작물 기계가공 장치 및 고속 Z 액추에이터를 사용하는 공작물 기계가공 방법

(57) 요약

절삭될 공작물을 따라 축방향으로 이동할 수 있는 공구대와, 공구 팁을 갖는 액추에이터를 구비하는 절삭 공구 조립체가 개시된다. 액추에이터는 공작물에 미세 구조체를 제조하는 데 사용되는, 공작물 내로 x-방향으로 실질적으로 일정한 위치에서 공구 팁을 유지하면서 공작물을 따른 축방향으로 z-방향으로의 공구 팁의 이동의 가변 제어를 제공한다.

대표도 - 도4A



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

원통형 공작물 기계가공 장치이며,  
회전 이동을 위해 장착되는 원통형 공작물과,  
상기 공작물을 회전시키기 위해 공작물에 연결되는 구동 유닛과,  
상기 공작물의 절삭될 표면에 평행하게 이동하기 위해 트랙에 장착되는 공구대와,  
공구대에 부착되는 액추에이터를 포함하고,  
상기 액추에이터는,  
후면, 전면 및 전면 상에 장착부를 갖는 본체와,  
상기 본체의 전면에 평행하게 연장되도록 장착부에 고정되어 예비 하중 인가되는 압전 적층체와,  
상기 압전 적층체에 연결되고 압전 적층체에 수직으로 연장되는 절삭부를 구비하는 공구 팁을 포함하며,  
상기 압전 적층체는 상기 공작물의 절삭될 표면에 평행한 z-방향으로 공구 팁을 이동시키고,  
상기 원통형 공작물 기계가공 장치는, 상기 구동 유닛을 통해 공작물의 회전을 제어하고 상기 압전 적층체를 통해 공구 팁의 이동을 제어하기 위해, 구동 유닛 및 액추에이터에 연결되는 제어를 더 포함하는,  
원통형 공작물 기계가공 장치.

### 청구항 2

고속 Z 액추에이터를 사용하는 공작물 기계가공 방법이며,  
절삭될 표면을 갖는 공작물을 제공하는 단계와,  
고속 Z 액추에이터를 제공하는 단계를 포함하고,  
상기 고속 Z 액추에이터는,  
후면, 전면 및 전면 상에 장착부를 갖는 본체와,  
상기 본체의 전면에 평행하게 연장되도록 장착부에 고정되어 예비 하중 인가되는 압전 적층체와,  
상기 압전 적층체에 연결되고 압전 적층체에 수직으로 연장되는 절삭부를 구비하는 공구 팁을 포함하며,  
상기 압전 적층체는 상기 공작물의 절삭될 표면에 평행한 z-방향으로 공구 팁을 이동시키고,  
상기 고속 Z 액추에이터를 사용하는 공작물 기계가공 방법은, 고속 Z 액추에이터를 사용하여 상기 공작물의 절삭될 표면에 구조체를 생성하는 단계를 더 포함하고,  
상기 구조체는 고속 Z 액추에이터에 의해 제어되는 대로 공구 팁에 의해 생성되는,  
고속 Z 액추에이터를 사용하는 공작물 기계가공 방법.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

**명세서**

[0001] 관련 출원의 참조

[0002] 본 출원은 모두 2005년 11월 15일자로 출원된 하기의 출원들: 발명의 명칭이 "미세 구조체를 제조하기 위해 공작물 내로 그리고 공작물을 따른 측방향으로 X-방향 및 Z-방향으로의 가변 및 독립 이동을 갖는 절삭 공구

(Cutting Tool Having Variable and Independent Movement in an X-Direction and a Z-Direction Into and Laterally Along a Work Piece for Making Microstructures)"인 앨런 캠프벨(Alan Campbell), 데일 어니스(Dale Ehnes) 및 다니엘 워츠(Daniel Wertz)의 미국 특허 출원; 발명의 명칭이 "미세 구조체를 제조하기 위해 공작물 내로 X-방향으로의 2가지 동시 독립 속도로 가변 이동을 갖는 절삭 공구(Cutting Tool Having Variable Movement at Two Simultaneously Independent Speeds in an X-Direction Into a Work Piece for Making Microstructures)"인, 앨런 캠프벨, 데일 어니스 및 다니엘 워츠의 미국 특허 출원; 및 발명의 명칭이 "미세 구조체를 제조하기 위해 공작물을 가로질러 횡단하는 Y-방향을 중심으로 한 가변 회전을 갖는 절삭 공구(Cutting Tool Having Variable Rotation About a Y-Direction Transversely Across a Work Piece for Making Microstructures)"인, 데일 어니스, 앨런 캠프벨 및 다니엘 워츠의 미국 특허 출원과 관련된다.

### 기술분야

[0003] 본 발명은 미세 복제 구조체(microreplicated structure)의 형성에 사용되는 미세 복제 공구(microreplication tool)의 다이아몬드 기계가공에 관한 것이다.

### 배경기술

[0004] 미세 복제 공구와 같은 다양한 공작물들을 형성하는 데 기계가공 기술들이 이용될 수 있다. 미세 복제 공구는 통상적으로 미세 복제 구조체의 형성을 위해 압출 공정, 사출 성형 공정, 엠보싱 공정, 주조 공정 등에 사용된다. 미세 복제 구조체는 광학 필름, 연마 필름, 접착 필름, 자가 정합 프로파일(self-mating profile)을 갖는 기계식 체결구, 또는 대략 1000 마이크로미터 미만의 치수와 같은 비교적 작은 치수의 미세 복제 특징부를 구비한 임의의 성형 혹은 압출 부품을 포함할 수 있다.

[0005] 미세 구조체는 또한 여러 가지 다른 방법들에 의해 제조될 수 있다. 예를 들어, 마스터 공구(master tool)의 구조체가 마스터 공구로부터 주조 및 경화 공정에 의해서 중합체 재료의 벨트 또는 웨브와 같은 다른 매체에 전사되어 제조 공구를 형성할 수 있으며; 이어서 이러한 제조 공구는 미세 복제 구조체를 제조하는 데 사용된다. 전기 주조(electroforming)와 같은 다른 방법들이 마스터 공구를 복제하는 데 사용될 수 있다. 광 지향 필름의 제조를 위한 다른 대안적인 방법은 투명 재료를 직접 절삭하거나 기계가공하여 적절한 구조체를 형성하는 것이다.

[0006] 다른 기술로는 화학 에칭, 비드 블라스팅(bead blasting), 또는 기타 확률적 표면 수정 기술을 들 수 있다. 그러나, 이들 기술은 전형적으로 예리하면서도 정밀한 미세 구조체를 형성할 수 없으며, 본 발명의 방법을 이용하여 절삭 공구로 달성되는 적절한 광 확산 특성의 획득에 요구되는 특징부의 폭을 형성할 수 없다. 특히, 이들 방법은 화학 에칭, 비드 블라스팅 및 기타 확률적 표면 수정 기술과 관련된 고유의 부정확성 및 비반복성으로 인해 매우 정확하면서도 반복적인 구조체를 제조할 수 없다.

[0007] 발명의 개요

[0008] 제1 절삭 공구 조립체는, 공구대와, 공구대에 부착되고 제어기와 전기 통신하도록 구성되는 액추에이터를 포함한다. 액추에이터에 부착되는 공구 팁은 절삭될 공작물에 대해 이동하도록 장착된다. 액추에이터는 공작물을 선택적으로 절삭하는 데 사용되는, 공작물 내로 x-방향으로 실질적으로 일정한 위치에서 공구 팁을 유지하면서 공작물을 따른 측방향으로 z-방향으로의 공구 팁의 이동의 가변 제어를 제공한다.

[0009] 제2 절삭 공구 조립체는, 절삭될 공작물을 따라 측방향으로 이동할 수 있는 공구대와, 공구대에 부착되고 제어기와 전기 통신하도록 구성되며 압전 적층체(piezoelectric stack)를 구비하는 액추에이터를 포함한다. 압전 적층체에 부착되는 공구 팁은 절삭될 공작물에 대해 이동하도록 장착된다. 액추에이터는 공작물에 미세 구조체를 제조하기 위해 공작물을 선택적으로 절삭하는 데 사용되는, 공작물 내로 x-방향으로 실질적으로 일정한 위치에서 공구 팁을 유지하면서 공작물을 따른 측방향으로 z-방향으로의 공구 팁의 이동의 가변 제어를 제공한다.

### 발명의 상세한 설명

[0024] 절삭 공구 시스템

[0025] 일반적인 다이아몬드 선삭 기술이 국제특허 공개 WO 00/48037호에 개시되어 있다. 광학 필름 또는 기타 필름들의 제조 방법에 사용되는 장치는 고속 서보 공구(fast servo tool)를 포함할 수 있다. 국제특허 공개 WO 00/48037호에 개시된 바와 같이, 고속 공구 서보(fast tool servo, FTS)는 고상 압전 장치(solid state piezoelectric(PZT) device)로서, PZT 적층체로 불리우며, 이는 PZT 적층체에 부착된 절삭 공구의 위치를 신속

하게 조절한다. FTS는 절삭 공구가 추가로 후술되는 바와 같은 좌표계 내에서 여러 방향으로 매우 정밀하면서도 고속으로 이동할 수 있도록 한다.

[0026] 도 1은 공작물에 미세 구조체를 제조하는 절삭 공구 시스템(10)의 도면이다. 미세 구조체는, 용품의 표면 상에 형성되거나 용품의 표면 내로 만입되거나 용품의 표면으로부터 돌출되는 임의의 유형, 형상 및 치수의 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기술된 액추에이터 및 시스템을 사용하여 형성된 미세 구조체는 1000 마이크로미터의 피치, 100 마이크로미터의 피치, 1 마이크로미터의 피치, 또는 심지어 약 200 나노미터(nm)의 광과장 이하의 피치(sub-optical wavelength pitch)를 가질 수 있다. 이들 치수는 단지 예시적인 목적으로 제공되고, 본 명세서에 기술된 액추에이터 및 시스템을 사용하여 제조된 미세 구조체는 그 시스템을 사용하여 가공될 수 있는 범위 내에서 임의의 치수를 가질 수 있다.

[0027] 시스템(10)은 컴퓨터(12)에 의해 제어된다. 컴퓨터(12)는 예를 들어 하기의 구성요소들을 갖는다: 하나 이상의 어플리케이션(16)을 저장하는 메모리(14), 정보의 비휘발성 저장을 제공하는 보조 저장 장치(18), 정보 또는 명령을 수신하는 입력 장치(20), 메모리(16) 또는 보조 저장 장치(18)에 저장되거나 다른 소스로부터 수신된 어플리케이션을 실행하는 프로세서(22), 정보의 시각적 표시를 출력하는 표시 장치(24), 및 음성 정보용 스피커 또는 정보의 하드카피용 프린터와 같이 정보를 다른 형태로 출력하는 출력 장치(26).

[0028] 공작물(54)의 절삭은 공구 팁(44)에 의해 수행된다. 액추에이터(38)는, 컴퓨터(12)에 의해 제어되는 전기 모터와 같은 구동 유닛 및 인코더(56)에 의해 공작물(54)이 회전될 때, 공구 팁(44)의 이동을 제어한다. 본 예에서, 공작물(54)은 경질 구리 롤(hard copper roll)과 같은 롤 형태로 도시되어 있지만, 공작물은 평평한 형태로 구현될 수 있으며 기계가공을 위한 기타 재료들을 사용할 수 있다. 예를 들어, 공작물은 대안적으로 알루미늄, 니켈, 강철 또는 플라스틱(예컨대, 아크릴)으로 구현될 수 있다. 사용되는 특정 재료는 예를 들어 기계가공된 공작물을 사용하여 제조된 다양한 필름들과 같은 특성의 요구되는 응용에 좌우될 수 있다. 액추에이터(38)와 이하에 기술되는 액추에이터는 예를 들어 스테인레스강 또는 기타 재료들로 구현될 수 있다.

[0029] 액추에이터(38)는 공구대(tool post, 36)에 제거가능하게 연결되며, 이러한 공구대는 이어서 트랙(track)(32) 상에 위치된다. 공구대(36)와 액추에이터(38)는 화살표(40, 42)로 도시한 바와 같이 x-방향 및 z-방향으로 모두 이동하도록 트랙(32) 상에 구성된다. 컴퓨터(12)는 하나 이상의 증폭기(30)를 통해 공구대(36)와 액추에이터(38)에 전기 접속된다. 제어기로서 기능할 때, 컴퓨터(12)는 공작물(54)의 기계가공을 위해 트랙(32)을 따른 공구대(36)의 이동과 액추에이터(38)를 통한 공구 팁(44)의 이동을 제어한다. 액추에이터가 다수의 PZT 적층체들을 구비하면, 액추에이터는 그 적층체들에 부착된 공구 팁의 이동을 독립적으로 제어하는 데 사용되는 각각의 PZT 적층체를 독립적으로 제어하기 위해서 별개의 증폭기들을 사용할 수 있다. 컴퓨터(12)는 추가로 후술되는 바와 같이 공작물(54)에 여러 가지 미세 구조체들을 기계가공하기 위해서 액추에이터(38)에 파형들을 제공하도록 함수 발생기(28)를 사용할 수 있다.

[0030] 공작물(54)의 기계가공은 다양한 구성요소들의 조화된 이동에 의해 달성된다. 특히, 시스템은 c-방향으로의 공작물의 이동과 x-방향, y-방향 및 z-방향 중 하나 이상의 방향으로의 공구 팁(44)의 이동과 함께, 컴퓨터(12)의 제어 하에서, 공구대(36)의 이동을 통해 액추에이터(38)의 이동을 조화시켜 제어할 수 있는데, 이들 좌표는 이하에서 설명된다. 시스템은 전형적으로 공구대(36)를 일정한 속도로 z-방향으로 이동시키지만, 가변 속도가 사용될 수도 있다. 공구대(36)의 이동과 공구 팁(44)의 이동은 전형적으로 c-방향으로의 공작물(54)의 이동(선(53)으로 나타낸 바와 같은 회전 이동)과 동시에 행해진다. 이들 이동들 모두는 예를 들어 컴퓨터(12)에서 소프트웨어, 펌웨어 또는 조합으로 구현된 수치 제어기(numerical controller: NC) 또는 수치 제어 기술을 이용하여 제어될 수 있다.

[0031] 기계가공된 후에, 공작물(54)은 다양한 응용들에 사용되는 해당 미세 구조체를 구비한 필름을 제조하는 데 사용될 수 있다. 이들 필름의 예로는 광학 필름, 마찰 제어 필름, 및 미세 체결구 또는 기타 기계적인 미세 구조화된 구성요소들을 들 수 있다. 이 필름들은 전형적으로 점성 상태의 재료를 공작물에 도포하여 적어도 부분적으로 경화시키고 나서 제거하는 코팅 공정을 이용하여 제조된다. 경화된 재료로 구성된 필름은 실질적으로 공작물의 구조체라기 보다는 상반되는 구조체를 구비할 것이다. 예를 들어, 공작물의 만입부(indentation)는 제조한 필름에서 돌출부로 된다.

[0032] 냉각 유체(46)는 라인(48, 50)을 통해 공구대(36)와 액추에이터(38)의 온도를 제어하는 데 사용된다. 온도 제어 유닛(52)은 냉각 유체가 공구대(36)와 액추에이터(38)를 통해 순환될 때 냉각 유체의 실질적으로 일정한 온도를 유지시킬 수 있다. 온도 제어 유닛(52)은 유체의 온도 제어를 제공하는 임의의 장치로 구현될 수 있다. 냉각 유체는 오일 제품, 예를 들어 저점도 오일로 구현될 수 있다. 온도 제어 유닛(52)과 냉각 유체(46)용 저

장조는 유체를 공구대(36)와 액추에이터(38)를 통해 순환시키는 펌프를 포함할 수 있으며, 이들은 또한 유체를 실질적으로 일정한 온도에서 유지하도록 유체로부터 열을 제거하는 냉동 시스템을 전형적으로 포함할 수 있다. 유체를 순환시키고 유체의 온도 제어를 제공하기 위한 냉동 및 펌프 시스템은 당업계에 공지되어 있다. 소정 실시예들에서, 냉각 유체는 또한 공작물에서 기계가공되는 재료의 실질적으로 일정한 표면 온도를 유지하기 위해 공작물(54)에 인가될 수 있다.

[0033] 도 2는 시스템(10)과 같은 절삭 공구에 대한 좌표계를 도시한 도면이다. 좌표계는 공작물(64)에 대한 공구 팁(62)의 이동으로서 도시되어 있다. 공구 팁(62)은 공구 팁(44)에 대응할 수 있으며, 전형적으로 액추에이터에 부착되는 캐리어(60)에 부착된다. 본 예시적인 실시예에서, 좌표계는 x-방향(66), y-방향(68) 및 z-방향(70)을 포함한다. x-방향(66)은 공작물(64)에 실질적으로 수직인 방향으로의 이동을 지칭한다. y-방향(68)은 공작물(64)의 회전 평면에 실질적으로 평행한 방향과 같이 공작물(64)을 가로질러 횡단하는 방향으로의 이동을 지칭한다. z-방향(70)은 공작물(64)의 회전 평면에 실질적으로 수직인 방향과 같이 공작물(64)을 따른 축방향으로의 이동을 지칭한다. 공작물의 회전은 도 1에 또한 도시된 바와 같이 c-방향으로 불리운다. 공작물이 롤 형태와는 달리 평평한 형태로 구현되면, 이때 y-방향 및 z-방향은 x-방향에 실질적으로 수직인 방향으로 공작물을 가로지르는 상호 직교 방향들로의 이동을 지칭한다.

[0034] 시스템(10)은 고정밀도의 고속 기계가공에 사용될 수 있다. 이러한 유형의 기계가공은 공작물 재료 및 구성요소들의 조화된 속도와 같은 다양한 파라미터들을 고려하여야 한다. 전형적으로, 예를 들어 공작물 재료의 열안정성 및 특성과 더불어 기계가공될 금속의 주어진 체적에 대한 비에너지(specific energy)를 고려하여야 한다. 기계가공에 관련된 절삭 파라미터가 하기의 문헌들에 기술되어 있다: 문헌[Machining Data Handbook, Library of Congress Catalog Card No. 66-60051, Second Edition (1972)]; 문헌[Edward Trent and Paul Wright, Metal Cutting, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-7069-X (2000)]; 문헌[Zhang Jin-Hua, Theory and Technique of Precision Cutting, Pergamon Press, ISBN 0-08-035891-8 (1991)]; 및 문헌[M. K. Krueger et al., New Technology in Metalworking Fluids and Grinding Wheels Achieves Tenfold Improvement in Grinding Performance, Coolant/Lubricants for Metal Cutting and Grinding Conference, Chicago, Illinois, U.S.A., June 7, 2000].

[0035] PZT 적층체

[0036] 도 3은 절삭 공구에 사용되는 예시적인 PZT 적층체(72)의 도면이다. PZT 적층체는 이에 연결된 공구 팁의 이동을 제공하는 데 사용되며, 당업계에 공지된 PZT 효과에 따라 작동된다. PZT 효과에 따르면, 소정 유형의 재료에 인가된 전기장은 하나의 축을 따른 재료의 팽창과 다른 축을 따른 수축을 야기한다. PZT 적층체는 전형적으로, 케이싱(84) 내에 내장되고 기부판(base plate, 86) 상에 장착되는 복수의 재료(74, 76, 78)들을 포함한다. 본 예시적인 실시예에서의 재료들은 PZT 효과를 받는 세라믹 재료로 구현된다. 단지 예시적인 목적으로 3개의 디스크(74, 76, 78)가 도시되어 있으며, 예를 들어 특정 실시예의 요건에 근거하여 임의의 개수의 디스크들 또는 다른 재료들과 임의의 유형의 형상의 디스크들 또는 다른 재료들이 사용될 수 있다. 기둥(post)(88)이 디스크에 접촉되어 케이싱(84)으로부터 돌출한다. 디스크는 예를 들어 티탄산바륨, 지르콘산납 또는 티탄산납 재료 - 혼합된, 가압된, 상기 물질 기재의, 그리고 소결된 것 - 와 같은 임의의 PZT 재료로 구현될 수 있다. 하나의 그러한 PZT 재료는 미국 94545 캘리포니아주 헤이워드 인더스트리얼 볼러바드 26240 소재의 키네틱 세라믹스, 인크.(Kinetic Ceramics, Inc.)로부터 입수가능하다. 디스크는 또한 예를 들어 자기 변형 재료(magnetostrictive material)로 구현될 수 있다.

[0037] 라인(80, 82)으로 나타낸 바와 같이, 디스크(74, 76, 78)에 대한 전기 접속은 기둥(88)의 이동을 제공하기 위하여 디스크들에 전기장을 제공한다. PZT 효과로 인해, 그리고 인가된 전기장의 유형에 근거하여, 수 마이크로미터 내의 이동과 같은 기둥(88)의 정밀하면서도 작은 이동이 달성될 수 있다. 또한, 기둥(88)을 구비한 PZT 적층체(72)의 단부는 PZT 적층체의 예비 하중 인가(preloading)를 제공하는 하나 이상의 벨빌 와셔(Belleville washer)에 맞닿아 장착될 수 있다. 벨빌 와서는 기둥(88) 및 이에 부착된 공구 팁의 이동을 허용하도록 약간의 가요성을 갖는다. 후술되는 액추에이터의 각각의 PZT 적층체는 또한 예비 하중 인가를 위한 벨빌 와셔, 또는 대안적으로 각각의 PZT 적층체의 예비 하중 인가를 위해 각각의 PZT 적층체에 맞닿아 장착된 임의의 장치를 포함할 수 있다.

[0038] 고속 Z 액추에이터

[0039] 도 4A 내지 도 4F는 예시적인 고속 Z 액추에이터(90)의 도면이다. "고속 Z 액추에이터"라는 용어는 공작물을 기계가공하는 데 사용하기 위해 공구 팁을 실질적으로 z-방향으로 이동시키는 임의의 유형의 액추에이터 또는

다른 장치를 말한다. 도 4A는 고속 Z 액추에이터(90)의 평면도이다. 도 4B는 고속 Z 액추에이터(90)의 배면도이다. 도 4C는 고속 Z 액추에이터(90)의 정면도이다. 도 4D 및 도 4E는 고속 Z 액추에이터(90)의 측면도이다. 도 4F는 고속 Z 액추에이터(90)의 사시도이다. 도 4B 내지 도 4F에서 고속 Z 액추에이터(90)에 대한 일부 상세부가 명료함을 위해 제거되어 있다.

[0040] 도 4A 내지 도 4F에 도시된 바와 같이, 고속 Z 액추에이터(90)는 장착부(91)를 갖는 본체(92)를 포함한다. PZT 적층체(98)는 예를 들어 체결구를 사용하여 장착부(91)와 플레이트(100) 사이에 고정된다. 플레이트(100)는 PZT 적층체(98)에 횡방향으로 연결된 공구 팁(102)에 부착되어, PZT 적층체(98)의 활성화가 화살표(106)으로 나타낸 바와 같이 z-방향으로의 공구 팁(102)의 이동을 야기하도록 한다. PZT 적층체(98)는 도 3에 도시된 예시적인 PZT 적층체(72)로 구현될 수 있다. 플레이트(100)는 예를 들어 PZT 적층체(98)에 예비 하중을 인가하는데 사용되는 하나 이상의 벨빌 와셔로 구현될 수 있다.

[0041] 본체(92)는 또한 컴퓨터(12)의 제어 하에서 공작물(54)을 기계가공하기 위해, 볼트에 의한 것과 같이 본체를 공구대(36)에 장착하는 데 사용되는 2쌍의 개구(94, 96)를 포함한다. 전기 접속부(104)는 PZT 적층체(98)의 제어를 위해 이에 대한 신호의 전송을 제공한다. 도 4A에 도시된 바와 같이, 본체(92)는 전술한 바와 같이 개구(99)를 통해 포트(93, 95, 97)들 중 적어도 하나의 내부로 그리고 (입력 포트로서 사용되지 않는) 포트(93, 95, 97)들 중 적어도 하나의 외부로 냉각 유체를 전달함으로써 온도 제어될 수 있다. 본체(92)를 통해 냉각 유체를 전달하는 개구(99)는 임의의 특정 형상 또는 구성을 포함할 수 있으며, 임의의 개수의 입력 및 출력 포트들이 또한 사용될 수 있다.

[0042] 도 5A 내지 도 5D는 공구 팁(102)의 보다 상세한 사항을 제공하는 도면이다. 도 5A는 공구 팁(102)의 측면도이다. 도 5B는 공구 팁(102)의 평면도이다. 도 5C는 공구 팁(102)의 저면도이다. 도 5D는 공구 팁(102)의 정면도이다. 도 5A 내지 도 5D에 도시된 바와 같이, 공구 팁(102)은 이를 플레이트(100)에 장착하는 데 사용되는 개구(110)를 갖는 부분(108)을 포함한다. 공구 팁(102)은 또한 절삭부(114)를 보유하는 전방 테이퍼부(112)를 갖는다. 상기 부분(108)은 예를 들어 하기의 재료들 중 하나 이상의 재료로 구현될 수 있다: 소결된 탄화물, 질화규소, 탄화규소, 강철, 또는 티타늄. 상기 부분(108)용 재료는 바람직하게는 강성이고 질량이 낮다. 절삭부(114)는 예를 들어 다이아몬드 슬래브(slab)로 구현될 수 있으며, 접착제, 경납땜, 연납땜의 사용에 의한 것과 같이 또는 다른 방식으로 부분(108)에 고정될 수 있다.

[0043] 도 6은 고속 Z 액추에이터를 구비한 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시한 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 용품(120)은 상부 표면(122) 및 하부 표면(124)을 포함한다. 상부 표면(122)은 선(126)으로 나타낸 바와 같은 미세 구조체를 포함하며, 이들 미세 구조체는 전술된 액추에이터를 사용하여 공작물을 기계가공한 다음에 그 공작물을 사용하여 코팅 기술을 이용해 필름 또는 용품을 제조함으로써 제조될 수 있다. 일부 실시예에서, 액추에이터(98)는 미세 구조체를 제조하기 위해 20 내지 30 kHz로 작동할 수 있지만, 다른 주파수가 가능하다.

[0044] 본 발명이 예시적인 실시예와 관련하여 설명되었지만, 많은 변형예들이 당업자에게 용이하게 명백하게 될 것이며, 본 출원이 본 발명의 임의의 개작 또는 변형을 포괄하고자 한다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 본 발명의 범주로부터 벗어남이 없이 공구대, 액추에이터 및 공구 팁을 위한 여러 가지 유형의 재료들과 이들 구성요소들의 여러 가지 유형의 구성들이 사용될 수 있다. 본 발명은 청구의 범위와 그 균등물에 의해서만 한정되어야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 첨부 도면은 본 명세서에 포함되고 본 명세서의 일부를 구성하며, 상세한 설명과 더불어 본 발명의 이점 및 원리를 설명한다.

[0011] 도 1은 공작물에 미세 구조체를 제조하는 절삭 공구 시스템의 도면.

[0012] 도 2는 절삭 공구에 대한 좌표계를 도시한 도면.

[0013] 도 3은 절삭 공구에 사용되는 예시적인 PZT 적층체의 도면.

[0014] 도 4A는 절삭 공구에 사용되는 고속 Z 액추에이터의 평면도.

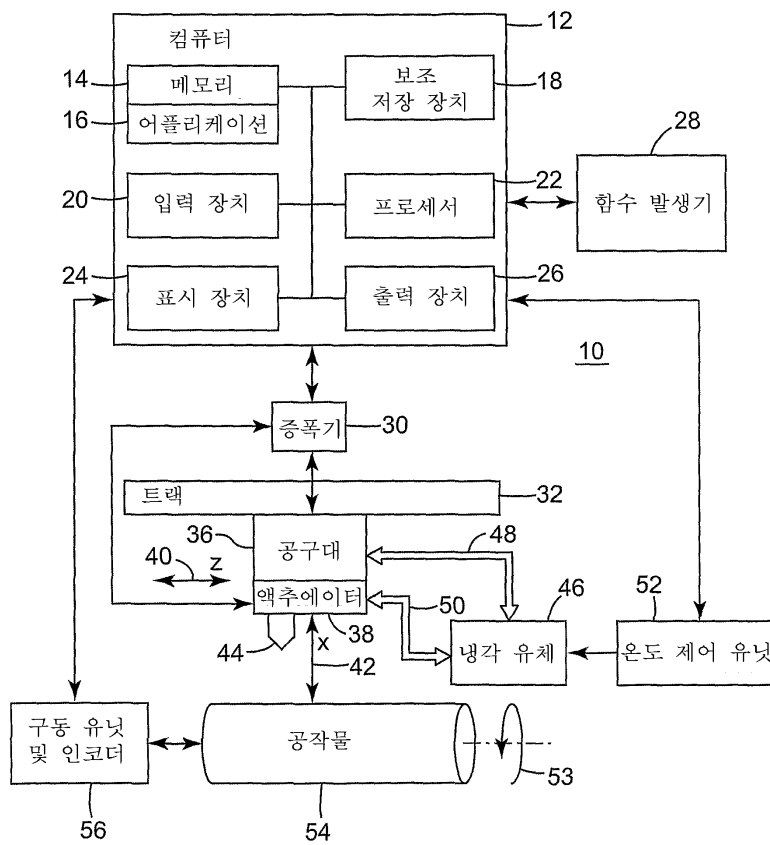
[0015] 도 4B는 고속 Z 액추에이터의 배면도.

[0016] 도 4C는 고속 Z 액추에이터의 정면도.

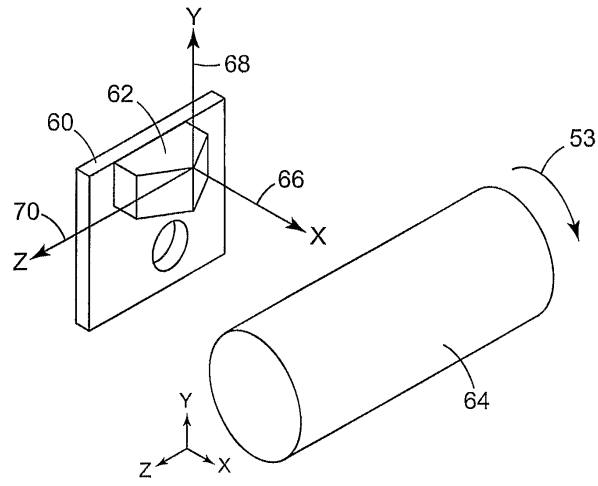
- [0017] 도 4D 및 도 4E는 고속 Z 액추에이터의 측면도.
- [0018] 도 4F는 고속 Z 액추에이터의 사시도.
- [0019] 도 5A는 고속 Z 액추에이터에 함께 사용되는 공구 팁의 측면도.
- [0020] 도 5B는 공구 팁의 평면도.
- [0021] 도 5C는 공구 팁의 저면도.
- [0022] 도 5D는 공구 팁의 정면도.
- [0023] 도 6은 고속 Z 액추에이터를 구비한 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시한 도면.

**도면**

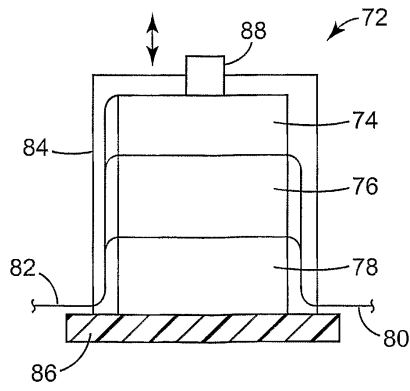
**도면1**



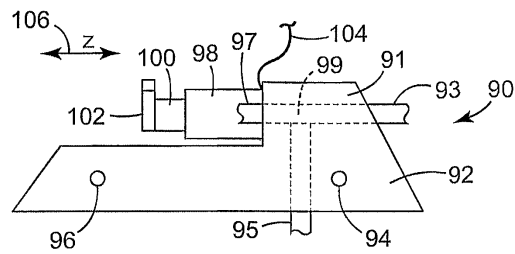
도면2



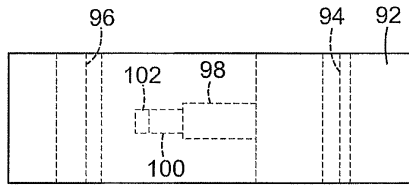
도면3



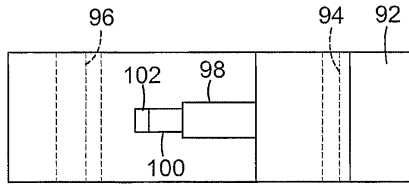
도면4A



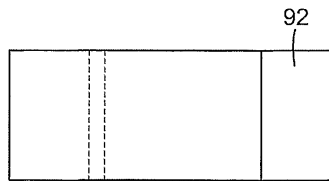
도면4B



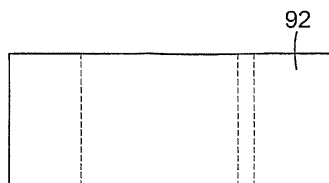
도면4C



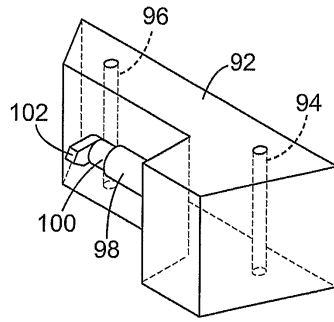
도면4D



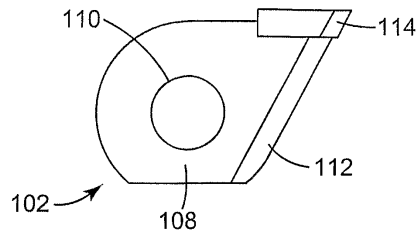
도면4E



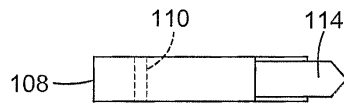
도면4F



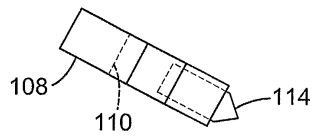
도면5A



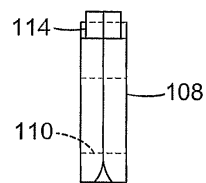
도면5B



도면5C



도면5D



도면6

