



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월07일  
(11) 등록번호 10-1391499  
(24) 등록일자 2014년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23Q 15/00 (2006.01) B23C 5/20 (2006.01)  
B23C 5/22 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-7027308  
(22) 출원일자(국제) 2007년04월23일  
심사청구일자 2012년04월19일  
(85) 번역문제출일자 2008년11월07일  
(65) 공개번호 10-2009-0024672  
(43) 공개일자 2009년03월09일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/067201  
(87) 국제공개번호 WO 2007/133897  
국제공개일자 2007년11월22일  
(30) 우선권주장  
11/431,811 2006년05월10일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US05663802 A\*  
US3293727 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
가디너 마크 이.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427쓰리엠 센터  
캠프벨 앨란 비.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427쓰리엠 센터  
에인즈 테일 엘.  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427쓰리엠 센터  
(74) 대리인  
김영, 안국찬, 양영준

전체 청구항 수 : 총 2 항

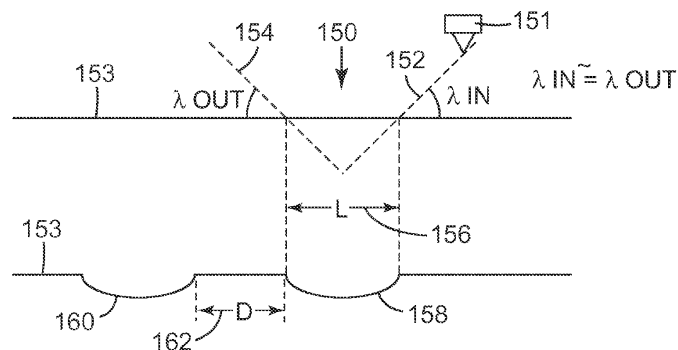
심사관 : 정아람

(54) 발명의 명칭 연속 또는 단속 절삭 고속 공구 서보의 하나 이상의 기계가공된 공구 팁을 사용하는 절삭 공구 조립체

(57) 요약

절삭 공구 조립체는 절삭될 공작물을 따라 측방향으로 이동할 수 있는 공구대와, 적어도 하나의 기계가공된 공구 팁 및 가능하게는 다른 공구 팁을 갖는 액추에이터를 포함한다. 액추에이터는 공작물 내에 연속적인 또는 불연속적인 미세 구조체들을 제조하기 위해 공작물 내외로 x 방향으로의 공구 팁의 이동을 제어한다. 기계가공된 공구 팁은 미세 구조체 내에 미세 구조체를 제공한다. 기계가공된 공작물은 붙어있지 않은 렌즈릿(lenslet)들을 갖는 필름과 같은 미세 구조화 물품을 제조하는 데 사용될 수 있다.

대표도 - 도7A



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

회전 이동을 위해 장착된 원통형인 공작물과;

상기 공작물의 회전을 위해 상기 공작물과 연결된 구동 유닛과;

기계 가공될 상기 공작물의 표면에 평행하게 이동하기 위해 트랙 상에 장착된 공구대와;

상기 공구대에 장착된 액추에이터로서,

개구부를 갖는 본체;

상기 본체의 개구부에 고정되어 미리 장착되는 PZT 스택 (piezoelectric stack);

상기 PZT 스택과 연결된 공구 팁 캐리어; 및

상기 공구 팁 캐리어에 장착된 하나 이상의 미세 구조체를 갖는 공구 팁을 포함하는 액추에이터와;

상기 구동 유닛을 통해 상기 공구 팁에 대한 상기 공작물의 이동을 제어하기 위해, 그리고 상기 PZT 스택을 통한 상기 공구 팁의 이동을 제어하기 위해, 상기 구동 유닛과 상기 액추에이터에 연결된 제어기;

를 포함하는 절삭 공구 조립체이며,

상기 PZT 스택은 상기 공구 팁을 기계 가공될 공작물의 표면에 수직인 x 방향으로 이동시키고,

상기 PZT 스택을 통해 제어기는 상기 공구 팁을 표면 절삭 동안 기계 가공될 공작물의 표면 내외로 이동시키며,

상기 공구 팁은, 상기 공작물과 불연속적으로 접촉하여 상기 공작물의 연속적인 절삭 패스(cutting pass) 동안 상기 공작물에 불연속적인 형상체를 생성하고,

상기 연속적인 절삭 패스의 일부분 또는 전체 동안 상기 공구 팁 상의 미세 구조체는 상기 공작물과 접촉하여 상기 불연속적인 형상체 내에 미세 구조화된 형상체를 생성하는, 절삭 공구 조립체.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 공구 팁의 상기 미세 구조체는 홈을 포함하는, 절삭 공구 조립체.

### 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

### 배경 기술

[0001] 기계가공 기술은 미세복제 공구와 같은 아주 다양한 공작물을 생성하는 데 사용될 수 있다. 미세복제 공구는 통상적으로 미세복제 구조체의 형성을 위해 압출 공정, 사출 성형 공정, 엠보싱 공정, 주조 공정 등에 사용된다. 미세복제 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 미세복제 형상체를 구비한 임의의 성형 혹은 압출 부품을 포함할 수 있다.

[0002] 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 미세복제 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. 다른 기술로는 화학적 에칭, 비드 블래스팅(bead blasting) 또는 다른 확률적 표면 개질(stochastic

surface modification) 기술이 있다.

## 발명의 상세한 설명

- [0003] 본 발명에 따른 제1 절삭 공구 조립체는 공구대(tool post)와, 공구대에 부착되고 제어기와 전기 통신하도록 구성된 액추에이터를 포함한다. 적어도 하나의 미세 구조체를 갖는 공구 팁은 액추에이터에 부착되고 절삭될 공작물에 대해 이동하도록 장착되고, 액추에이터는 공작물 내외로 x 방향으로의 공구 팁의 이동을 제공한다. 공구 팁은 공작물의 절삭 동안에 공작물과 불연속적으로 접촉하고, 상기 절삭 중의 적어도 일부 동안에 공구 팁 상의 미세 구조체는 공작물과 접촉한다.
- [0004] 본 발명에 따른 제2 절삭 공구 조립체는 공구대와, 공구대에 부착되고 제어기와 전기 통신하도록 구성된 액추에이터를 포함한다. 적어도 하나의 미세 구조체를 갖는 공구 팁은 액추에이터에 부착되고 절삭될 공작물에 대해 이동하도록 장착되고, 액추에이터는 공작물 내외로 x 방향으로의 공구 팁의 이동을 제공한다. 공구 팁은 공작물의 절삭 동안에 공작물과 연속적으로 접촉하고, 상기 절삭 중의 적어도 일부 동안에 공구 팁 상의 미세 구조체는 공작물과 접촉한다.
- [0005] 제1 및 제2 조립체는 대안적으로 서로 근접하여 위치되고 공작물을 동시에 절삭하는 다수의 공구 팁을 포함할 수 있다. 다수의 공구 팁은 각각 선택적으로 적어도 하나의 미세 구조체를 가질 수 있다.

## 실시예

- [0037] 절삭 공구 시스템
- [0038] 마치 완전히 설명된 것처럼 본 명세서에 참고로 포함되어 있는 PCT 출원 공개 WO 00/48037호에 일반적인 다이아몬드 선삭 기술이 기재되어 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 스택으로 불리며, 이는 PZT 스택에 부착된 절삭 공구의 위치를 신속하게 조절한다. FTS는 절삭 공구가 추가로 후술되는 바와 같은 좌표계 내에서 여러 방향으로 매우 정밀하면서도 고속으로 이동할 수 있도록 한다.
- [0039] 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. 대안적으로, 다른 실시예들에서, 미세 구조체에 대한 피치는 미세 구조체의 절삭 방법과는 무관하게 1000 마이크로미터 초과일 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.
- [0040] 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(14) 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).
- [0041] 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 실시예에서, 공작물(54)은 롤 형태로 도시되어 있지만 이는 평면 형태로 구현될 수 있다. 임의의 가공가능한 재료가 사용될 수 있으며, 예를 들어 공작물은 알루미늄, 니켈, 구리, 황동, 강 또는 플라스틱(예컨대, 아크릴)으로 구현될 수 있다. 사용되는 특정 재료는 예를 들어 기계가공된 공작물을 사용하여 제조된 다양한 필름들과 같은 특정의 요구되는 응용에 좌우될 수 있다. 액추에이터(38)와 이하에 기술되는 액추에이터는 예를 들어 스테인레스강 또는 기타 재료들로 구현될 수 있다.
- [0042] 액추에이터(38)는 공구대(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-방향 둘 모두로 이동하도록 트랙(32) 상에 구성된다. 컴퓨터(12)는 하나 이상의 증폭기(30)를 통해 공구대(36)와 액추에이터(38)에 전

기 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 스택들을 구비하면, 액추에이터는 그 스택들에 부착된 공구 팁의 이동을 독립적으로 제어하는 데 사용되는 각각의 PZT 스택을 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.

[0043] 공작물(54)의 기계가공은 다양한 구성요소들의 조화된 이동에 의해 달성된다. 특히, 시스템은 c-방향(53)으로의 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.

[0044] 공작물의 절삭은 연속 및 불연속 절삭 운동을 포함할 수 있다. 물 형태의 공작물의 경우, 절삭은 물 주위로 또는 물을 중심으로 하여 (때로 나사 절삭(thread cutting)으로 불리는) 나선형(helix-type) 절삭 또는 개별 원들을 포함할 수 있다. 평면 형태의 공작물의 경우, 절삭은 공작물 상에 또는 공작물을 중심으로 하여 소용돌이형(spiral-type) 절삭 또는 개별 원들을 포함할 수 있다. 또한, X자형 절삭이 이용될 수 있으며, 이는 다이아몬드 공구 팁이 공작물 내외로 횡단할 수 있지만 공구대의 전체 운동은 직선 운동인 거의 직선형의 절삭 방식을 포함한다. 또한, 절삭은 이러한 유형의 운동들의 조합을 포함할 수 있다.

[0045] 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 필름은 전형적으로 점성 상태의 중합체 재료를 공작물에 도포하여 적어도 부분적으로 경화시키고 이어서 제거하는 코팅 공정을 이용하여 제조된다. 경화된 중합체 재료로 구성된 필름은 공작물의 구조체에 실질적으로 상반되는 구조체를 구비하게 된다. 예를 들어, 공작물의 만입부(indentation)는 제조한 필름에서 돌출부로 된다. 기계가공된 후, 공작물(54)은 공구의 개별 요소들 또는 미세 구조체들에 대응하는 개별 요소들 또는 미세 구조체들을 갖는 다른 물품을 제조하는 데 또한 사용될 수 있다.

[0046] 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 저장조는 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.

[0047] 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 수직한 방향으로의 이동을 지칭한다. y-방향(68)은 공작물(64)의 회전축에 실질적으로 수직한 방향으로와 같이 공작물(64)을 가로질러 횡단하는 방향으로의 이동을 지칭한다. z 방향(70)은 공작물(64)의 회전축에 실질적으로 평행한 방향과 같이 공작물(64)을 따른 축방향으로의 이동을 지칭한다. 공작물의 회전은 도 1 및 도 2에 도시된 화살표(53)에 의해 나타낸 바와 같이 c-방향으로 지칭된다. 공작물이 물 형태와는 달리 평평한 형태로 구현되면, 이때 y-방향 및 z-방향은 x-방향에 실질적으로 수직한 방향으로 공작물을 가로지르는 상호 직교 방향들로의 이동을 지칭한다. 평면 형태의 공작물은 예컨대 회전 디스크 또는 평면 재료의 임의의 다른 구성을 포함할 수 있다.

[0048] 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 열안



정성 및 특성과 더불어 기계가공될 금속의 주어진 체적에 대한 비에너지(specific energy)를 고려하여야 한다. 기계가공에 관한 절삭 파라미터는 이하의 참조 문헌에 기재되어 있고, 이들 문헌의 모두는 마치 완전히 설명된 것처럼 본 명세서에 참고로 포함되어 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].

[0049] PZT 스택, 공구 팁 캐리어 및 공구 팁

[0050] 도 3은 절삭 공구에 사용되는 예시적인 PZT 스택(72)의 도면이다. PZT 스택은 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 스택은 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 점착되어 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. 또한, 디스크는 예컨대 자왜 재료(magnetostrictive material)로 구현될 수 있다.

[0051] 라인(80, 82)으로 나타낸 바와 같이, 디스크(74, 76, 78)에 대한 전기 접촉은 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 스택(72)의 단부는 PZT 스택의 예비 하중 인가(preloading)를 제공하는 하나 이상의 접시 스프링 와셔(Belleville washer)에 맞닿아 장착될 수 있다. 접시 스프링 와셔는 기둥(88) 및 이에 부착된 공구 팁의 이동을 허용하도록 약간의 가요성을 갖는다.

[0052] 도 4A 내지 도 4D는 후술되는 바와 같이 액추에이터에 의한 제어를 위해 PZT 스택의 기둥(88)에 장착될 예시적인 공구 팁 캐리어(90)의 도면이다. 도 4A는 공구 팁 캐리어(90)의 사시도이다. 도 4B는 공구 팁 캐리어(90)의 정면도이다. 도 4C는 공구 팁 캐리어(90)의 측면도이다. 도 4D는 공구 팁 캐리어(90)의 평면도이다.

[0053] 도 4A 내지 도 4D에 도시된 바와 같이, 공구 팁 캐리어(90)는, 평평한 후방 표면(92)과, 테이퍼진 전방 표면(94)과, 각진 또는 테이퍼진 측면들을 구비한 돌출 표면(98)을 포함한다. 개구(96)는 PZT 스택의 기둥 상으로의 공구 팁 캐리어(90)의 장착을 제공한다. 테이퍼진 표면(98)은 공작물의 기계가공을 위한 공구 팁의 장착에 사용될 수 있다. 본 예시적인 실시예에서, 공구 팁 캐리어(90)는 PZT 스택에 장착될 때 보다 큰 표면적의 접촉을 제공함으로써 그 장착 안정성을 향상시키기 위한 평평한 표면을 포함하며, 공구 팁 캐리어의 질량을 줄이기 위하여 테이퍼진 전방 표면을 포함한다. 공구 팁 캐리어(90)는 접착제, 경납땜, 연납땜, 볼트와 같은 체결구의 사용에 의해 또는 다른 방식으로 PZT 스택의 기둥(88)에 장착될 것이다.

[0054] 예를 들어 특정 실시예의 요건에 근거하여 공구 팁 캐리어의 다른 구성이 가능하다. "공구 팁 캐리어"라는 용어는 공작물을 기계가공하기 위한 공구 팁을 보유하는 데 사용되는 임의의 유형의 구조물을 포함하고자 한다. 공구 팁 캐리어(90)는 예를 들어 하기의 재료들 중 하나 이상의 재료로 구현될 수 있다: 즉 초경합금(sintered carbide), 질화규소, 탄화규소, 강, 티타늄, 다이아몬드, 또는 합성 다이아몬드 재료로 구현될 수 있다. 공구 팁 캐리어(90)용 재료는 바람직하게는 강성이고 질량이 낮다.

[0055] 도 5A 내지 도 5D는 접착제, 경납땜, 연납땜의 사용에 의해 또는 다른 방식으로 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)에 고정될 예시적인 공구 팁(100)의 도면이다. 도 5A는 공구 팁(100)의 사시도이다. 도 5B는 공구 팁(100)의 정면도이다. 도 5C는 공구 팁(100)의 저면도이다. 도 5D는 공구 팁(100)의 측면도이다. 도 5A 내지 도 5D에 도시된 바와 같이, 공구 팁(100)은 측면(104)과, 테이퍼지고 각진 전방 표면(106)과, 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)에 공구 팁을 고정하는 하부 표면(102)을 포함한다. 공구 팁(100)의 전방 부분(105)은 액추에이터의 제어 하에서 공작물을 기계가공하는 데 사용된다. 공구 팁(100)은 예를 들어 다이아몬드 슬래브(diamond slab)로 구현될 수 있다.

- [0056] 단속 절삭 FTS 액추에이터
- [0057] 단속 절삭 FTS 액추에이터는 절삭 동안 공구 팁이 공작물과 불연속적으로 접촉할 때 소형 미세 구조체들을 제조하여 붙어있지 않은 미세 구조체들을 형성시키는 데 사용될 수 있다. 이러한 형상체들은 필름 도광체(film light guide), 미세 유체 구조체(micro-fluidic structure), 분할 접착제(segmented adhesive), 연마 용품(abrasive article), 광 확산체, 고콘트라스트 광학 스크린, 광 방향전환 필름, 반사 방지 구조체, 광 혼합 및 장식 필름을 제조하는 데 사용될 수 있다.
- [0058] 액추에이터는 다른 이점들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 형상체는 육안으로 볼 수 없도록 아주 작게 제조될 수 있다. 이러한 유형의 형상체는 예컨대 액정 디스플레이에서 확산 시트가 광 추출 형상체를 가릴 필요성을 저감시킨다. 또한, 도광체 위에 교차 BEF (회도 향상) 필름을 사용하면 혼합 효과가 생성되며, 이는 상기의 소형 형상체와 조합되어 확산층을 필요로 하지 않을 것이다. 다른 이점은 추출 형상체가 선형 또는 원형으로 제조될 수 있다는 점이다. 선형의 경우에, 추출 형상체는 예컨대 종래의 냉음극 형광 램프(CCFL) 광원과 함께 사용될 수 있다. 원형의 경우에, 형상체는 통상 LED가 위치하는 곳에 중심점이 위치하는 원호 상에 제조될 수 있다. 또 다른 이점은 모든 형상체가 연속 홈에서와 같이 하나의 라인을 따라 배치될 필요가 없는 프로그래밍 및 구조 배치에 관한 것이다. 광 추출 형상체의 면적 밀도는 형상체들을 따른 간격, 형상체들에 직교하는 간격 및 깊이를 조정함으로써 확정적으로 조절될 수 있다. 더욱이, 광 추출 각도는 절삭면의 각도 및 반각(half angle)을 선택함으로써 우선적으로 얻어질 수 있다.
- [0059] 형상체의 깊이는 예컨대 0 내지 35 마이크로미터의 범위, 보다 전형적으로는 0 내지 15 마이크로미터의 범위일 수 있다. 물 공작물의 경우, 임의의 개별 형상체의 깊이는 c 축을 따른 회전 공작물의 분당 회전수(RPM)와 FTS의 응답 시간 및 FTS에 대한 파형 입력에 의해 제어된다. 형상체 깊이는 예컨대 1 내지 200 마이크로미터로 제어될 수 있다. 나선형 절삭의 경우, 홈들에 직교하는 간격(피치)은 또한 1 내지 1000 마이크로미터로 프로그램될 수 있다. 이하에서 설명되는 바와 같이, 형상체의 제조를 위한 공구 팁은 재료 내외로 진입 및 이탈되어 구조체를 생성할 것이며, 이 구조체의 형상은 RPM, FTS의 응답 시간 및 FTS에 대한 파장 입력, 스핀들 인코더의 분해능 및 다이아몬드 공구 팁의 여유각(clearance angle)(예컨대, 최대 45도)에 의해 제어된다. 여유각은 공구 팁의 경사각(rake angle)을 포함할 수 있다. 형상체는 예컨대 대칭형, 비대칭형, 준반구형(semi-hemispherical), 프리즘형 및 반타원형(semi-ellipsoidal)과 같은 임의 유형의 3차원 형상을 가질 수 있다.
- [0060] 도 6A 내지 도 6H는 단속 절삭 미세복제 시스템 및 방법을 구현하는 데 사용되는 하나의 예시적인 액추에이터(110)의 도면들이다. "액추에이터"라는 용어는 공구 팁을 공작물의 가공에 사용하기 위해 실질적으로 x 방향으로 이동시키는 임의 유형의 액추에이터 또는 다른 장치를 말한다. 도 6A는 액추에이터(110)의 평단면도이다. 도 6B는 PZT 스택을 액추에이터(110)에 배치시킨 상태를 도시한 정단면도이다. 도 6C는 액추에이터(110)의 정면도이다. 도 6D는 액추에이터(110)의 배면도이다. 도 6E는 액추에이터(110)의 평면도이다. 도 6F 및 도 6G는 액추에이터(110)의 측면도이다. 도 6H는 액추에이터(110)의 사시도이다. 도 6C 내지 도 6H에서 액추에이터(110)에 대한 일부 상세(details)는 명료함을 위해 생략하였다.
- [0061] 도 6A 내지 도 6H에 도시된 바와 같이, 액추에이터(110)는 x 방향의 PZT 스택(118)을 유지할 수 있는 본체(112)를 포함한다. PZT 스택(118)은 화살표(138)로 도시된 바와 같이 공구 팁을 x 방향으로 이동시키는 데 사용하기 위해서 공구 팁(135)을 갖는 공구 팁 캐리어(136)에 부착된다. PZT 스택(118)은 도 3에 도시된 예시적인 PZT 스택(72)으로 구현될 수 있다. 캐리어(136) 상의 공구 팁(135)은 도 4A 내지 도 4D에 도시된 공구 팁 캐리어 및 도 5A 내지 도 5D에 도시된 공구 팁으로 구현될 수 있다. 본체(112)는 또한 컴퓨터(12)의 제어 하에서 공작물(54)을 기계가공하기 위해 볼트를 통해서와 같이 공구대(36)로의 분리가능한 장착에 사용되는 2개의 개구(114, 115)를 포함한다.
- [0062] PZT 스택(118)은 공구 팁(135)의 정밀 제어된 이동을 위해 요구되는 안정성을 위해 본체(112)에 고정되게 장착된다. 본 예에서는 공구 팁(135) 상의 다이아몬드가 수직면과 45도의 오프셋을 갖는 다이아몬드이지만, 다른 유형의 다이아몬드도 사용될 수도 있다. 예를 들어, 공구 팁은 V자형(대칭 또는 비대칭), 둥근 노우즈형(round-nosed), 평탄형 또는 곡면형 면을 갖는 공구일 수 있다. 불연속적(붙어있지 않은) 형상체들이 다이아몬드 선삭기 상에서 절삭되기 때문에, 이들은 선형 또는 원형일 수 있다. 더욱이, 형상체들은 연속하지 않기 때문에, 이들이 하나의 라인 또는 원을 따라 위치될 필요가 없다. 형상체들은 의사 무작위(pseudorandomness)적으로 산재될 수 있다.
- [0063] PZT 스택(118)은 레일(120, 122)과 같은 레일에 의해 본체(112)에 고정된다. PZT 스택(118)은 바람직하게는 레일을 따라 활주시킴으로써 본체(112)로부터 분리될 수 있으며, 볼트 또는 다른 체결구들에 의해 본체(112)의 적

소에 고정될 수 있다. PZT 스택(118)은 컴퓨터(12)로부터 신호를 수신하는 전기 접속부(130)를 포함한다. PZT 스택(118)의 단부 캡은 PZT 스택의 온도 제어 유지를 위해 오일과 같은 냉각 유체를 저장소(46)로부터 받아 이를 PZT 스택 주위로 순환시키고 포트(132)를 통해 저장소(46)로 다시 복귀시키는 포트(128)를 포함한다. 본체(112)는 냉각 유체를 PZT 스택(118) 주위로 향하게 하는 적절한 채널을 포함할 수 있으며, 냉각 유체는 온도 제어 유닛(52)의 펌프 또는 다른 장치에 의해 순환될 수 있다.

[0064] 도 6B는 PZT 스택(118)을 본체(112)에 배치한 상태를 도시한 정단면도이며, 여기서 PZT 스택(118)의 단부 캡은 도시되어 있지 않다. 본체(112)는 PZT 스택을 제위치에 고정되게 보유하기 위해 PZT 스택을 위한 각각의 개구에서 복수의 레일을 포함할 수 있다. 예를 들어, PZT 스택(118)은 본체(112)에 장착된 때 PZT 스택을 제위치에 고정되게 보유하기 위하여 레일(120, 122, 142, 144)에 의해 둘러싸인다. PZT 스택(118)에 부착된 단부 캡은 PZT 스택을 레일(120, 122, 142, 144)들 중 하나 이상의 레일에 고정시키는 볼트 또는 다른 체결구를 수용할 수 있으며, 단부 캡은 또한 냉각 유체를 PZT 스택 주위로 순환시키는 데 사용되는, 본체(112)에서의 PZT 스택(118)의 밀봉을 제공할 수 있다. PZT 스택(118)은 그에 대한 예비 부하 인가를 위해 스택과 공구 팁 캐리어(136) 사이에 위치되는 하나 이상의 접시 스프링 와셔를 포함할 수 있다.

[0065] 도 7A 내지 도 7C는 전술한 예시적인 액추에이터 및 시스템을 사용하는 공작물의 단속 절삭 가공에 대해서 도시하고 있다. 특히, 도 7A 내지 도 7C는 공구 팁의 가변적인 진입각 및 이탈각의 사용에 대해서 도시하고 있으며, 이러한 각도들은 예컨대 전술한 파라미터들을 사용하여 제어될 수 있다. 도 7A 내지 도 7C의 각각은 가변적인 진입각 및 이탈각으로 공작물이 절삭되는 전후에 공작물의 예를 도시하고 있다. 진입각은  $\lambda_{IN}$ 으로 불리며, 이탈각은  $\lambda_{OUT}$ 으로 불린다. 진입각 및 이탈각이라는 용어들은 각각 기계가공 중에 공구 팁이 공작물로 진입하는 각도 및 공작물로부터 이탈하는 각도를 의미한다. 진입각 및 이탈각은 공구 팁이 공작물을 통해 이동될 때 공구 팁의 각도와 반드시 일치하는 것은 아니며, 오히려 공구 팁이 공작물과 접촉하는 각도 및 공작물로부터 이탈하는 각도를 말한다. 도 7A 내지 도 7C에서, 공구 팁과 공작물은 예컨대 전술한 시스템 및 구성 요소들로 구현될 수 있다.

[0066] 도 7A는 공작물(153) 내외로의 진입각 및 이탈각이 실질적으로 동일한 단속 절삭(150)을 도시하는 도면이다. 도 7A에 도시된 바와 같이, 공작물(153) 내부로의 공구 팁(151)의 진입각(152)은 이탈각(154)과 실질적으로 동일하다( $\lambda_{IN} \approx \lambda_{OUT}$ ). 공구 팁(151)이 공작물(153) 내에 있는 지속 기간(duration)은 생성된 미세 구조체의 길이 L(156)을 결정한다. 실질적으로 동일한 진입각 및 이탈각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는 실질적으로 대칭의 미세 구조체(158)가 초래된다. 간격 D(162)만큼 이격된 미세 구조체(160)와 같은 추가 미세 구조체를 제조하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0067] 도 7B는 공작물(167) 내부로의 진입각이 공작물 외부로의 이탈각보다 작은 단속 절삭을 도시하는 도면이다. 도 7B에 도시된 바와 같이, 공작물(167) 내부로의 공구 팁(165)의 진입각(166)은 이탈각(168)보다 작다( $\lambda_{IN} < \lambda_{OUT}$ ). 공구 팁(165)의 공작물(167) 내의 체류 시간(dwell time)은 생성된 미세 구조체의 길이(170)를 결정한다. 이탈각보다 작은 진입각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는, 예컨대, 미세 구조체(172)와 같은 비대칭 미세 구조체가 초래된다. 간격(176)만큼 이격된 미세 구조체(174)와 같은 추가 미세 구조체를 제조하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0068] 도 7C는 공작물(181) 내부로의 진입각이 공작물 외부로의 이탈각보다 큰 단속 절삭을 도시하는 도면이다. 도 7C에 도시된 바와 같이, 공작물(181) 내부로의 공구 팁(179)의 진입각(180)은 이탈각(182)보다 크다( $\lambda_{IN} > \lambda_{OUT}$ ). 공구 팁(179)의 공작물(181) 내의 체류 시간은 생성된 미세 구조체의 길이(184)를 결정한다. 이탈각보다 큰 진입각을 사용하면, 공구 팁에 의해 공작물로부터 재료를 제거함으로써 생성되는, 예컨대, 미세 구조체(186)와 같은 비대칭 미세 구조체가 초래된다. 간격(190)만큼 이격된 미세 구조체(188)와 같은 추가 미세 구조체를 제조하기 위해 이러한 공정은 반복될 수 있다.

[0069] 도 7A 내지 도 7C에서, 진입각 및 이탈각에 대한 점선(152, 154, 166, 168, 180, 182)은 공구 팁이 공작물로 진입하는 각도 및 공구 팁이 공작물로부터 이탈하는 각도의 예를 개념적으로 설명하기 위한 것이다. 공작물의 절삭 중에, 공구 팁은 예컨대 직선 경로, 곡선 경로, 직선 운동 및 곡선 운동의 조합을 포함하는 경로, 또는 특정 함수에 의해 정의되는 경로와 같은 임의의 특정 유형의 경로로 이동될 수 있다. 공구 팁의 경로는 공작물의 절삭을 완료하기 위한 총 시간과 같은 절삭 파라미터를 최적화하도록 선택될 수 있다.

[0070] 도 8은 단속 절삭 FTS 액추에이터를 갖는 절삭 공구 시스템을 사용하여 기계가공된 공작물을 제조하고 기계가공



된 공작물을 사용하여 구조화 필름을 제조함으로써 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시한 도면이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 물품(200)은 상면(202) 및 하면(204)을 포함한다. 상면(202)은 구조체(206, 208, 210)와 같은 단속 절삭된 돌출 미세 구조체를 포함하며, 전술한 액추에이터 및 시스템을 사용하여 공작물을 기계가공하고 이어서 기계가공된 공작물을 사용하여 코팅 기술로 필름 또는 물품을 제조함으로써 이러한 미세 구조체는 제조될 수 있다. 본 예에서, 각각의 미세 구조체는 길이 L을 가지며, 순차적으로 절삭된 미세 구조체들은 간격 D만큼 이격되고, 인접 미세 구조체들은 피치 P만큼 이격된다. 이들 파라미터들의 구현예들이 위에 제시되어 있다.

[0071] 기계가공된 공구 팁

[0072] 도 9A 내지 도 9D는 접착제, 경납땜, 연납땜의 사용에 의해 또는 다른 방식으로와 같이 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)에 고정될 예시적인 기계가공된 공구 팁(220)의 도면이다. 도 9A는 공구 팁(220)의 사시도이다. 도 9B는 공구 팁(220)의 정면도이다. 도 9C는 공구 팁(220)의 저면도이다. 도 9D는 공구 팁(220)의 측면도이다. 도 9A 내지 도 9D에 도시된 바와 같이, 공구 팁(220)은 측면(224)과, 테이퍼지고 각진 전방 표면(226)과, 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)에 공구 팁을 고정하는 하부 표면(222)을 포함한다. 공구 팁(220)의 전방부(225)는 예를 들어 전술한 시스템을 사용함으로써 액추에이터의 제어 하에 공작물을 기계가공하기 위해 사용된다. 공구 팁(220)은 기계가공되는데, 공구 팁은 또한 전방부(225)에 미세 구조체(예를 들어, 홈)(221, 223)를 갖고, 미세 구조체(221, 223)는 또한 공작물의 기계가공에 사용된다. 기계가공된 공구 팁의 미세 구조체는 전술한 예시적인 형상들 및 치수들 중 하나 이상을 가질 수 있다.

[0073] 공구 팁(220)은 예를 들어 다이아몬드 슬래브로 구현될 수 있다. 미세 구조체(221, 223) 뿐만 아니라 기계가공된 공구 팁 상의 다른 미세 구조체는 바람직하게는 이온 밀링(ion milling)을 통해 제조될 수 있다. 공구 팁 상에 미세 구조체를 제조하는 다른 기술에는 미세 방전 가공(micro electrical discharge machining), 연삭, 래핑(lapping), 어블레이션(ablation), 또는 공구 팁에 스크래치 또는 형상체를 부여하는 다른 방법이 포함된다. 대안적으로, 다이아몬드는 전통적인 방식으로 래핑되고 함께 정밀하게 접합되어 미세 구조화된 형상체를 갖는 거시적 공구 조립체를 제조할 수 있다. 단지 하나의 미세 구조체만이 설명의 목적만으로 공구 팁의 각 측면에 도시되어 있는데, 공구 팁은 임의의 개수의 미세 구조체와, 미세 구조체의 임의의 형상, 치수 및 구성을 가질 수 있다. 만일 미세 구조체의 대안으로서, 기계가공된 공구 팁은 돌출 미세 구조체, 또는 만입 및 돌출 미세 구조체의 조합을 가질 수 있다.

[0074] 공작물의 기계가공을 위해 공구 팁 캐리어, 예를 들어 캐리어(90)에 하나 초과와 공구 팁을 장착하는 것이 가능하다. 이들 실시예에서, 다수의 공구 팁이 공작물을 기계가공하여 평행한 미세 구조화된 홈 또는 다른 형상체와 같은 미세 구조체를 그 내부에 본질적으로 동시에 제조한다. 도 10A는 기계가공된 공구 팁 및 기계가공되지 않은 공구 팁을 갖는 예시적인 다중-팁 공구(230)의 측면도이다. 다중-팁 공구(230)는 기계가공되지 않은 공구 팁(234)과, 미세 구조체(238)를 갖는 기계가공된 공구 팁(236)을 갖는다. 공구 팁(234, 236)은 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)과 같은 기부(232)에 장착되고, 이들은 예컨대 접착제, 경납땜, 연납땜을 사용하여 또는 다른 방식으로 장착될 수 있다. 공구 팁(234, 236)들 사이의 거리(240)는 그 내부에 기계가공된 추가 미세 구조체를 갖는 공구 팁(236)에 대응하는 미세 구조체를 갖는 다중-팁 공구(230)로 기계가공된 대응하는 미세 구조체의 피치를 결정한다.

[0075] 도 10B는 다수의 기계가공된 공구 팁을 갖는 다중-팁 공구(242)의 측면도이다. 다중-팁 공구(242)는 미세 구조체(248)를 갖는 기계가공된 공구 팁(246)과 미세 구조체(252)를 갖는 다른 기계가공된 공구 팁(250)을 갖는다. 공구 팁(246, 250)은 공구 팁 캐리어(90)의 표면(98)과 같은 기부(244)에 장착되고, 이들은 예컨대 접착제, 경납땜, 연납땜을 사용하여 또는 다른 방식으로 장착될 수 있다. 공구 팁(246, 250)들 사이의 거리(254)는 미세 구조체(248, 252) 각각과 대응하여 그 내부에 기계가공된 추가 미세 구조체를 각각 갖는 공구 팁(246, 250)에 대응하는 미세 구조체를 갖는 다중-팁 공구(242)로 기계가공된 대응하는 미세 구조체의 피치를 결정한다.

[0076] 도 10A 및 도 10B에는, 단지 2개의 공구 팁만이 설명의 목적만으로 도시되었는데, 다중-팁 공구는 임의의 개수의 공구 팁을 가질 수 있다. 다수의 공구 팁은 기계가공될 때 동일한 또는 상이한 미세 구조체를 가질 수 있고, 이들 개별 미세 구조체는 전술한 예시적인 형상들 및 치수들 중 하나 이상을 가질 수 있다. 다중-팁 공구의 공구 팁들 사이의 거리(피치(240, 254))는 1000 마이크로미터의 피치, 100 마이크로미터의 피치, 1 마이크로미터의 피치, 또는 심지어 약 200 nm의 광파장 이하의 피치(sub-optical wavelength pitch)를 포함할 수 있다. 대안적으로, 다른 실시예에서, 다중-팁 공구의 공구 팁들 사이의 피치는 1000 마이크로미터보다 클 수 있다. 2개 초과와 공구 팁을 갖는 다중-팁 공구에서, 인접한 공구 팁들 사이의 피치는 동일하거나 상이할 수 있다.

다. 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.

[0077] 공작물(54)은 기계가공된 공구 팁들 또는 다중-팁 공구들 중 임의의 것을 사용하여 기계가공될 수 있고, 기계가공된 공작물은 전술한 바와 같이 필름을 제조하는 데 사용될 수 있다. 공작물은 예를 들어 전술한 시스템 및 공정을 사용하여 연속 절삭 또는 단속 절삭으로 기계가공될 수 있다. 도 11A 및 도 11B는 각각 적어도 하나의 기계가공된 공구 팁을 갖는 FTS 액추에이터를 구비하는 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시하는 측면도 및 사시도이다. 도 11A 및 도 11B에 도시된 바와 같이, 공작물(260)은 대응하는 기계가공된 공구 팁 내의 미세 구조체에 의해 생성된 바와 같은 기계가공된 미세 구조체(263, 264)(예를 들어, 릿지)를 그 내부에 갖는 연속적인 기계가공된 미세 구조체(262)(예를 들어, 홈)를 갖는다.

[0078] 도 12A 및 도 12B는 각각 적어도 하나의 기계가공된 공구 팁을 갖는 단속 절삭 FTS 액추에이터를 구비하는 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시하는 측면도 및 사시도이다. 도 12A 및 도 12B에 도시된 바와 같이, 공작물(270)은 대응하는 기계가공된 공구 팁 내의 미세 구조체에 의해 생성된 바와 같은 기계가공된 미세 구조체(273, 274)(예를 들어, 릿지)를 그 내부에 갖는 불연속적인(단속 절삭) 기계가공된 미세 구조체(272)(예를 들어, 다른 기계가공된 형상체에 연속적이지 않는 형상체)를 갖는다. 하나 이상의 기계가공된 공구 팁을 사용하는 단속 절삭은 도 7A 내지 도 7C에 도시되고 전술된 바와 같이 공작물 내외로의 공구 팁의 진입각 및 이탈각을 변경시킬 수 있다.

[0079] 공작물(260, 270)은 이어서 전술한 바와 같이 코팅 기술에 사용되어 공작물(260, 270) 내의 미세 구조체에 대응하는 대향 미세 구조체를 갖는 필름 또는 다른 용품을 제조할 수 있다.

[0080] 필름과 같은 미세복제된 용품을 제조하기 위해 전술된 바와 같이 기계가공된 공구를 사용하는 것은 많은 유리하거나 또는 바람직한 특징들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이것들은 광 지향(light direction), 컷오프각의 감소, 의사 벌크 웨지 추출(pseudo bulk wedge extraction), 또는 단속 절삭 렌즈릿(lenslet) 상의 무지개 효과와 같은 현존하는 특징에 대한 장식 효과를 위한 광 관리 용도로 사용될 수 있다. 또한, 보다 큰 거시적 구조체 상의 미세 구조체가 광을 방향 전환하기 위한 추가 자유도를 제공한다.

[0081] 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

[0006] 첨부 도면은 본 명세서에 포함되고 본 명세서의 일부를 구성하며, 상세한 설명과 더불어 본 발명의 이점 및 원리를 설명한다.

[0007] 도 1은 공작물에 미세 구조체를 제조하는 절삭 공구 시스템의 도면.

[0008] 도 2는 절삭 공구에 대한 좌표계를 도시한 도면.

[0009] 도 3은 절삭 공구에 사용되는 예시적인 PZT 스택의 도면.

[0010] 도 4A는 공구 팁 캐리어(tool tip carrier)의 사시도.

[0011] 도 4B는 공구 팁을 보유하기 위한 공구 팁 캐리어의 정면도.

[0012] 도 4C는 공구 팁 캐리어의 측면도.

[0013] 도 4D는 공구 팁 캐리어의 평면도.

[0014] 도 5A는 공구 팁의 사시도.

[0015] 도 5B는 공구 팁의 정면도.

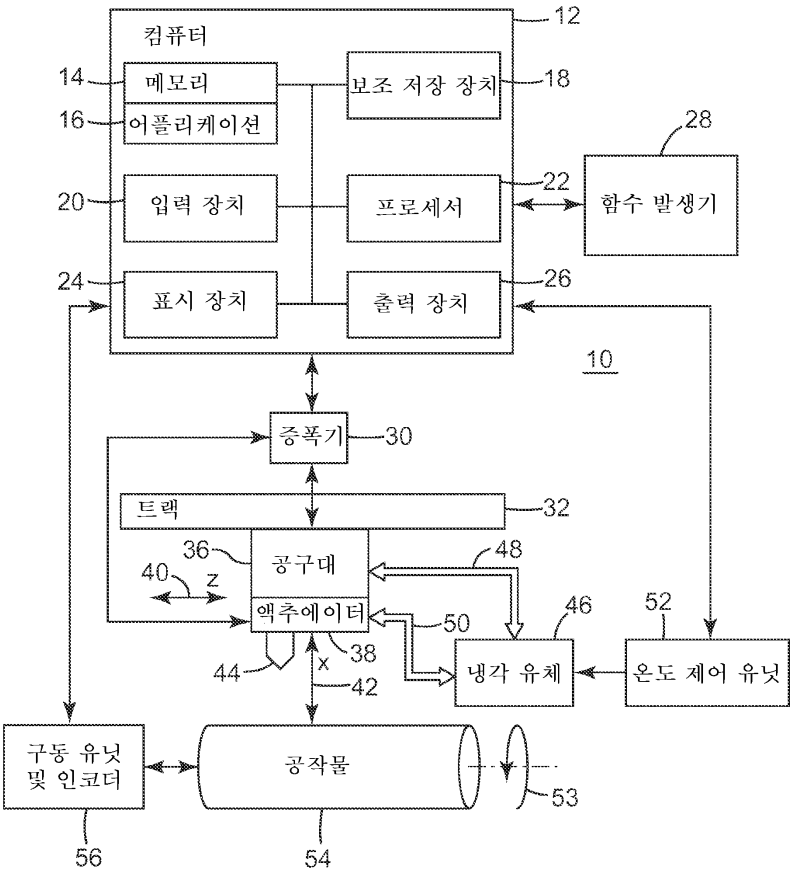
[0016] 도 5C는 공구 팁의 저면도.

[0017] 도 5D는 공구 팁의 측면도.

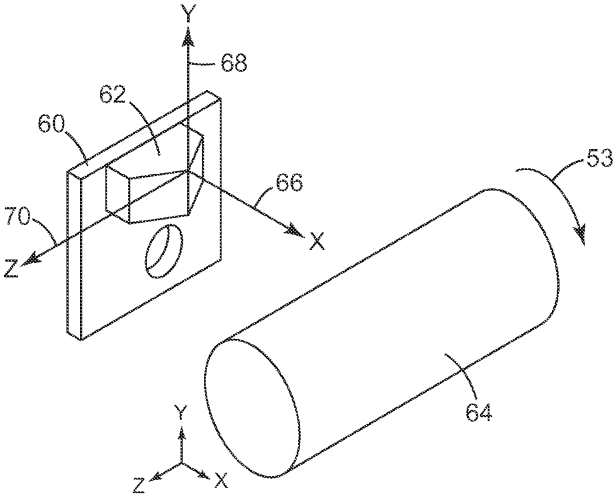
- [0018] 도 6A는 단속 절삭 FTS 액추에이터(interrupted cut FTS actuator)의 평단면도.
- [0019] 도 6B는 액추에이터에 PZT 스택을 배치시킨 상태를 도시한 정단면도.
- [0020] 도 6C는 액추에이터의 정면도.
- [0021] 도 6D는 액추에이터의 배면도.
- [0022] 도 6E는 액추에이터의 평면도.
- [0023] 도 6F 및 도 6G는 액추에이터의 측면도.
- [0024] 도 6H는 액추에이터의 사시도.
- [0025] 도 7A는 공작물 내외로의 진입각과 이탈각이 실질적으로 동일한 단속 절삭을 도시한 도면.
- [0026] 도 7B는 공작물 내부로의 진입각이 공작물 외부로의 이탈각보다 작은 단속 절삭을 도시한 도면.
- [0027] 도 7C는 공작물 내부로의 진입각이 공작물 외부로의 이탈각보다 큰 단속 절삭을 도시한 도면.
- [0028] 도 8은 단속 절삭 FTS 액추에이터를 갖는 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시한 도면.
- [0029] 도 9A는 기계가공된 공구 팁의 사시도.
- [0030] 도 9B는 기계가공된 공구 팁의 정면도.
- [0031] 도 9C는 기계가공된 공구 팁의 저면도.
- [0032] 도 9D는 기계가공된 공구 팁의 측면도.
- [0033] 도 10A는 기계가공된 공구 팁 및 기계가공되지 않은 공구 팁을 갖는 다중-팁 공구의 측면도.
- [0034] 도 10B는 다수의 기계가공된 공구 팁을 갖는 다중-팁 공구의 측면도.
- [0035] 도 11A 및 도 11B는 각각 적어도 하나의 기계가공된 공구 팁을 갖는 FTS 액추에이터를 구비하는 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시하는 측면도 및 사시도.
- [0036] 도 12A 및 도 12B는 각각 적어도 하나의 기계가공된 공구 팁을 갖는 단속 절삭 FTS 액추에이터를 구비하는 절삭 공구 시스템을 사용하여 제조될 수 있는 미세 구조체를 개념적으로 도시하는 측면도 및 사시도.

도면

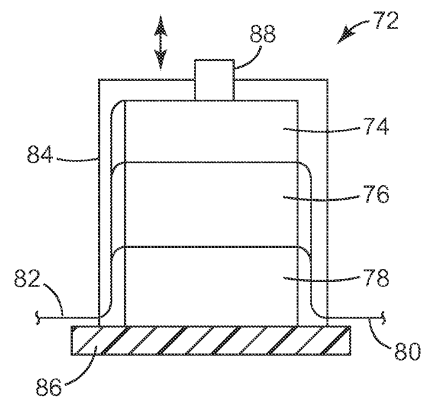
도면1



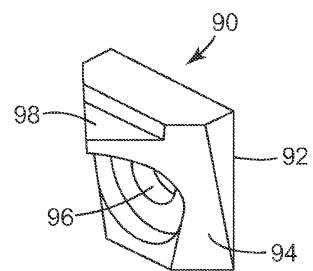
도면2



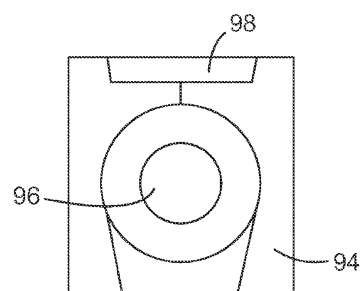
도면3



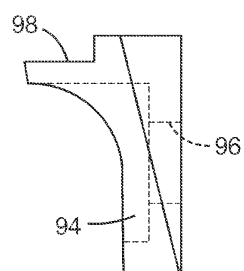
도면4A



도면4B

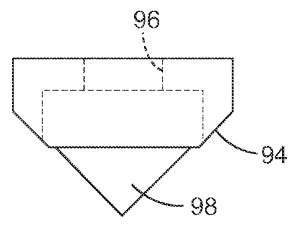


도면4C

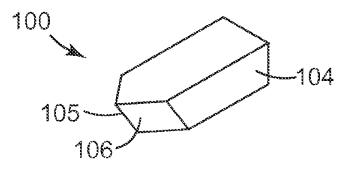




도면4D



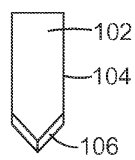
도면5A



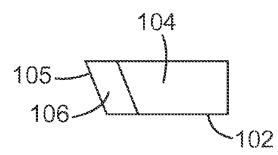
도면5B



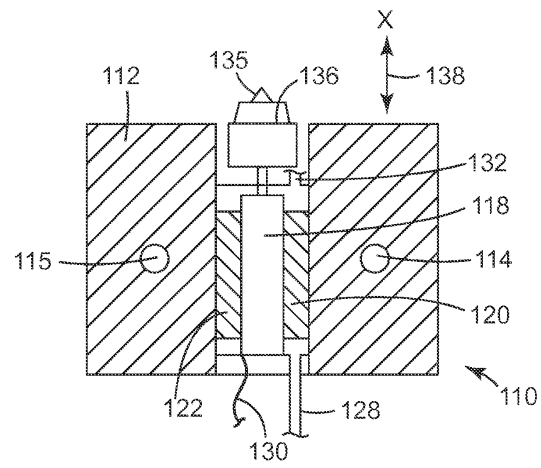
도면5C



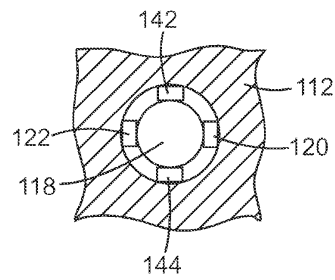
도면5D



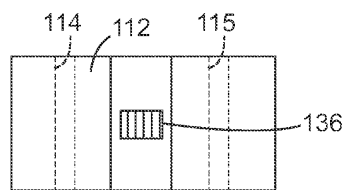
도면6A



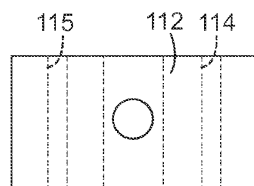
도면6B



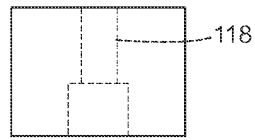
도면6C



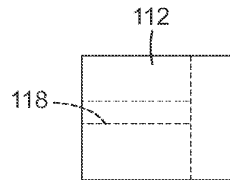
도면6D



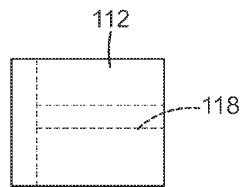
도면6E



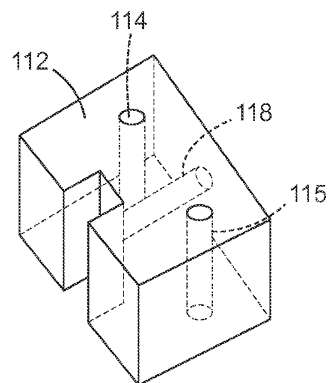
도면6F



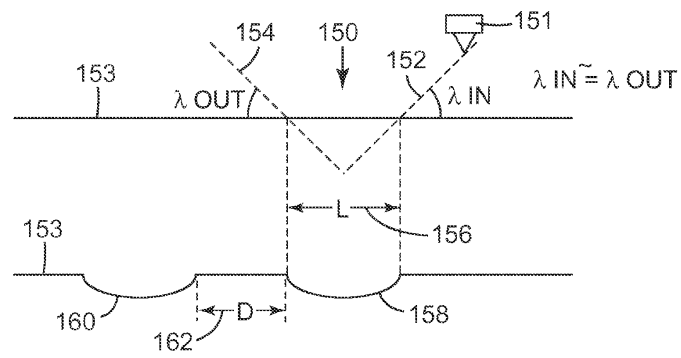
도면6G



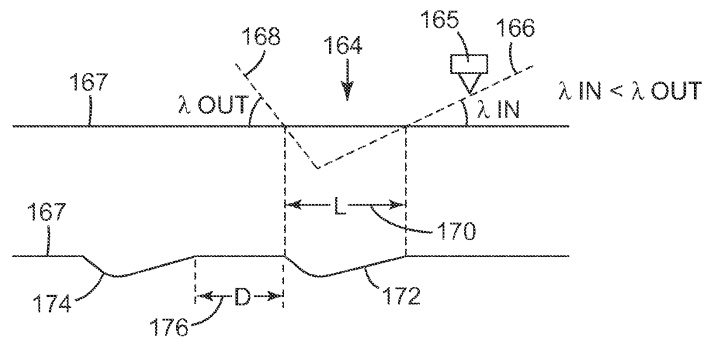
도면6H



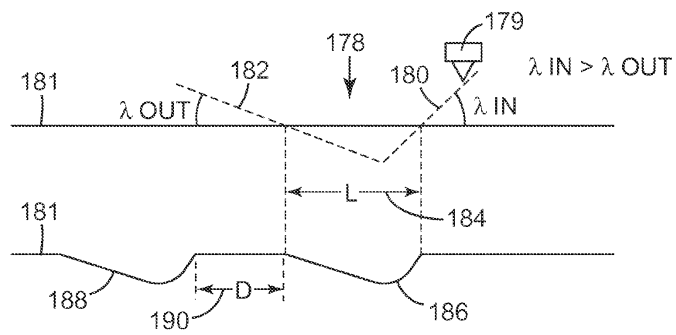
도면7A



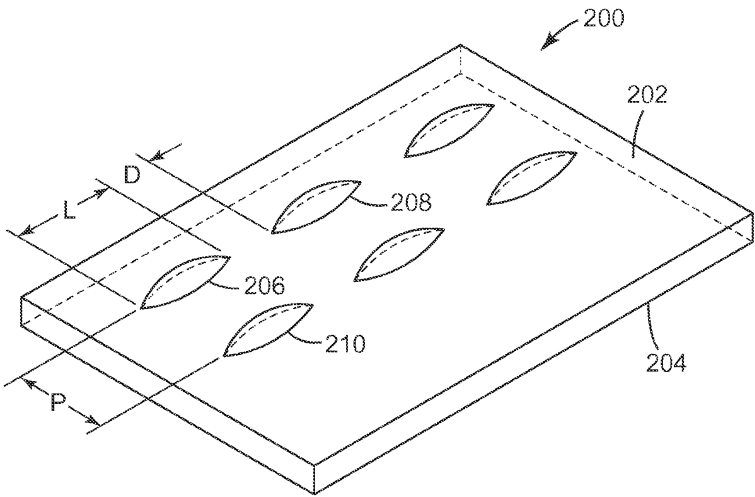
도면7B



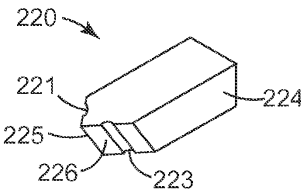
도면7C



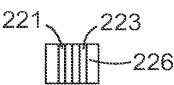
도면8



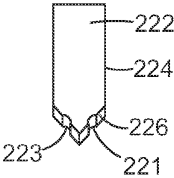
도면9A



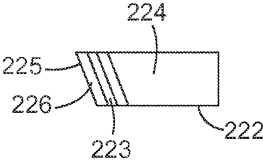
도면9B



도면9C

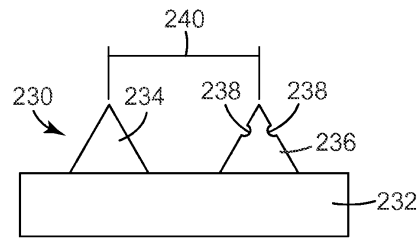


도면9D

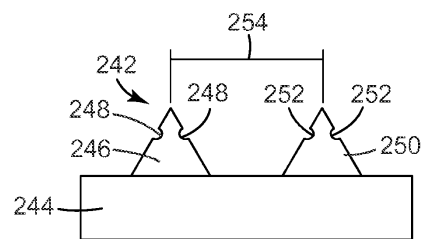




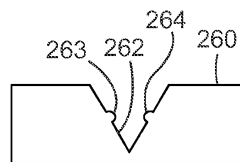
도면10A



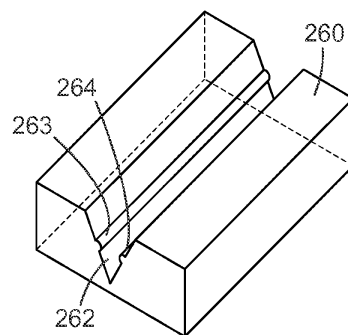
도면10B



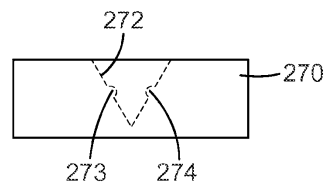
도면11A



도면11B



도면12A



도면12B

