



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098626  
(43) 공개일자 2008년11월11일

(51) Int. Cl.

B23Q 1/34 (2006.01) B23B 29/12 (2006.01)

B23Q 11/00 (2006.01) B23Q 17/09 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7021034

(22) 출원일자 2008년08월27일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년08월27일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2007/051024

국제출원일자 2007년02월02일

(87) 국제공개번호 WO 2007/088197

국제공개일자 2007년08월09일

(30) 우선권주장

10 2006 005 483.0 2006년02월03일 독일(DE)

(뒷면에 계속)

(71) 출원인

세람텍 아게

독일, 테-73207 플로히엔, 파브릭스트라쎄 23-29

(72) 발명자

츠첸, 콘라드

독일 91224 폼멜스브룬 에첸바흐 317

슈라이너, 한스-위르겐

독일 91233 노이키르헨 암 잔트-몰호펜 양어슈트라쎄 13

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선

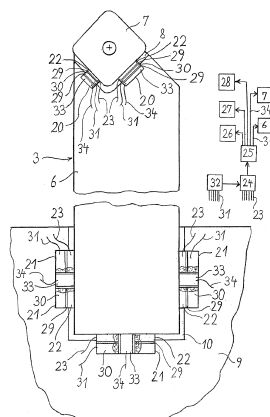
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 압전세라믹 변환기를 이용하여 공작물의 가공을 제어하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

공작물의 가공 중에, 정적인 로드(3)에 더하여 특히 동적인 로드(22)가 절삭 공구(3)에 작용한다. 이는, 절삭 부재의 절삭 엣지에서의 칩핑을 초래하고, 그에 따라 절삭 부재의 파괴를 초래하며, 결과적으로 공작물의 손상 및 폐기를 초래할 수 있다. 또한, 굽힘력 및 비틀림력이 절삭 공구(3)에 작용하며, 이들 굽힘력 및 비틀림력은 기계 공구에 로딩을 가하고 절삭 공구(3)의 위치 변화를 초래하며, 그에 따라 공작물의 잘못된 가공을 초래할 수 있다. 또한, 진동 및 채터링 현상이 공작물의 가공에 부정적인 영향을 미친다. 따라서, 본 발명에 따라, 압전세라믹 변환기(22, 30)가 절삭력의 힘 성분들이 변환기에 작용하는 지점에서 절삭 공구(3)의 영역 내에 정렬된다. 변환기에 작용하는 힘들에 의해 생성된 신호들이 기계 공구의 제어 장치로 지향되고, 공작물의 가공이 이들 신호와 관련하여 제어된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

**한트슈우, 쿠르트**

독일 90542 에켄탈 암 바인베르크

**벤 아모르, 라오우프**

독일 73547 로르히 팔켄베르크 5

**프리판, 미하엘**

독일 71522 바크낭 쥐트슈트라쎄 19

(30) 우선권주장

10 2006 031 843.9 2006년07월07일 독일(DE)

10 2007 005 221.0 2007년01월29일 독일(DE)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

하나 이상의 절삭 부재(7; 47)를 지지하는 캐리어(6; 46)로 이루어진 물질-제거 절삭 공구(3; 40)로서, 상기 절삭 공구는 공구 홀더(9) 또는 기계 공구의 베어링 내에 장착되고, 상기 기계 공구는 공작물의 가공을 제어하기 위한 제어 장치(25)를 구비하는, 물질-제거 절삭 공구에 있어서:

압전세라믹 변환기(22, 30, 33; 48, 49)가 제공되며,

상기 변환기들이 절삭 공구(3; 40) 상의 또는 베어링 장치 상의 하나 이상의 위치에 정렬되며, 가공 중에 발생하는 절삭력(-F)의 하나 이상의 성분(-F<sub>c</sub>, -F<sub>f</sub>, -F<sub>p</sub>)이 상기 위치에서 절삭 공구(3; 40)에 작용하며,

상기 변환기(22, 30, 33; 48, 49)들이 기계 공구의 상기 제어 장치(25)에 연결되며, 그리고

힘의 작용의 결과로서 상기 변환기(22, 30, 33; 48, 49)에서 발생되고 제어 장치(25)에 의해서 평가되는 신호(23, 31, 34; 50, 53)가 상기 공작물(41)의 가공을 제어하기 위해서 이용될 수 있는 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기들은 상기 절삭 공구(3; 40)에 작용하는 절삭력(-F)의 하나 이상의 성분(-F<sub>c</sub>, -F<sub>f</sub>, -F<sub>p</sub>)을 결정하기 위한 센서(22; 48)들인 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기들이 전압 발생기(30; 49)인 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 압전세라믹 센서들이 절삭력(-F)에 의해서 유발되는 절삭 부재(7) 및/또는 절삭 공구(3)의 위치 변화를 고정하기 위한, 그리고 진동을 감쇠 또는 보상하기 위한 액추에이터(33)인 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 액추에이터(33)가 다층 압전 부재인 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기(22, 30, 33; 48, 49)들이 상기 절삭 공구(3; 40)의 상기 캐리어(6; 46)와 상기 절삭 부재(7; 47) 사이에 정렬되는 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

### 청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기(22, 30, 33; 48, 49)들이 공구 홀더(9)와 절삭 공구(3)의 캐리어(6) 사이에, 또는 상기 기계 공구내의 베어링 또는 베어링들과 상기 절삭 부재(40)의 샤프트(43) 사이에 정렬되는 것을 특징으로 하는 물질-제거 절삭 공구.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기(22, 30, 33; 48, 49)가 상기 절삭 공구(3; 40)의 캐리어(6; 46)와 상기 절삭 부재(7; 47) 사이에 그리고 상기 공구 홀더(9)와 상기 절삭 공구(3)의 캐리어(6) 사이에, 또는 상기 기계 공구내의 베어링 또는 베어링들과 상기 절삭 부재(40)의 샤프트(43) 사이에 정렬되는 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액추에이터(33)들이 전압 발생을 위한(30) 그리고 힘을 결정하기 위한(22) 압전세라믹 변환기들에 의해서 동심적으로 둘러싸이는 것을 특징으로 하는

물질-제거 절삭 공구.

#### 청구항 10

캐리어 상에서 하나 이상의 절삭 부재를 지지하고 기계 공구의 베어링 또는 공구 홀더 내에 장착되는 절삭 공구를 구비한 기계 공구 상에서의 공작물 가공을 제어하기 위한 방법으로서, 상기 공작물 가공이 제어 장치에 의해서 제어되는, 공작물 가공을 제어하기 위한 방법에 있어서:

압전세라믹 변환기들이 절삭 공구 상의 또는 베어링 장치 상의 하나 이상의 위치에 정렬되며, 가공 중에 발생하는 절삭력의 하나 이상의 성분이 상기 위치에서 절삭 공구에 작용하며,

상기 절삭력의 힘 성분들이 상기 변환기에 작용하고,

상기 변환기들에 대한 힘의 작용에 의해서 발생된 신호가 상기 제어 장치로 전송되고, 그리고

상기 신호들을 고려하여 상기 공작물의 가공이 이루어지는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기들이 센서이고,

상기 절삭 공구에 작용하는 절삭력의 성분들 중 하나 이상이 상기 센서를 이용하여 결정되며,

상기 절삭 부재 및/또는 기계 공구의 로딩 정도(degree)가 신호의 크기로부터 추정되는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 센서들에 의해서 결정되는 신호들이 미리 규정된 한계값과 비교되고,

한계값 보다 과다하거나 또는 과소한 경우에, 상기 신호가 상기 기계 공구의 제어 장치로 전송되며,

발생된 편차의 제거를 위해서, 상기 제어 장치는 공작물의 또는 절삭 공구의 회전 속도 및/또는 진행 결함을 변화시키는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 압전세라믹 센서들이 전압 발생기이고,

상기 전압 발생기를 이용하여 발생된 전압이 전자 회로로의 공급을 위해서 이용되는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 압전세라믹 변환기가 액츄에이터이고,

상기 센서들에 의해서 발생된 신호의 결과로서, 상기 액츄에이터가 변형되어 절삭력에 의해서 유발되는 절삭 부재 및/또는 절삭 공구의 위치 변화를 교정할 수 있도록 그리고 발생하는 진동을 감쇠 또는 보상할 수 있도록, 전압이 제어 장치에 의해서 상기 액츄에이터로 공급되는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

### 청구항 15

제 10 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

회전형 절삭 공구의 경우에, 절삭 공구 상의 압전세라믹 센서와 기계 공구 상의 제어 장치 사이의 통신이 무선 신호에 의해서 이루어지고,

상기 변환기의 신호가 상기 절삭 공구 상의 전송 및 수신 장치로 전송되고 그리고 상기 전송 및 수신 장치로부터 기계 공구 상의 수신기로 전송되는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

회전 절삭 공구 상의 액츄에이터의 경우에, 상기 액츄에이터를 활성화시키는 신호가 기계 공구의 제어 장치로부터 절삭 공구 상의 수신기로 그리고 상기 수신기로부터 액츄에이터를 향해 전달되는 것을 특징으로 하는

공작물 가공을 제어하기 위한 방법.

## 명세서

### 기술 분야

<1> 본 발명은 공작물의 가공을 제어하기 위한 압전세라믹 변환기의 이용에 관한 것이다.

### 배경 기술

<2> 선반 끌(lathe chisels) 또는 플래닝 공구(planing tools)와 같은 물질-제거용 절삭 공구는 절삭 플레이트 형태의 절삭 부재가 체결되는 캐리어 또는 샤프트로 일반적으로 구성된다. 밀링 공구의 경우에, 이들 공구의 회전으로 인해서, 캐리어, 즉 밀링 헤드가 둥근 형태를 가지고(round) 또 주위에 다양한 절삭 부재가 장착된다. 공작물의 가공 중에, 특히 동적 하중이 정적 하중에 더하여 절삭 공구에 작용하게 된다. 결과적으로, 시간이 경과하면, 절삭 공구의 절삭 �지(edge) 상의 물질이 미시적으로(microscopically) 작은 영역에서 손상된다(shattered). 만약 이들 영역들이 더해져서 거시적으로 큰 영역을 함께 형성하게 된다면, 이는 절삭 �지에서 칩핑(chipping)을 초래하게 되고 심지어는 절삭 부재의 파괴까지 초래하게 되며, 결과적으로 공작물을 손상시켜 사용될 수 없게 할 수 있다.

<3> 가공 프로세스 중에 공작물과 절삭 공구 사이에서 작용하는 절삭력은 작업 평면에서의 힘과 작업 평면에 수직인

힘으로 나누어질 수 있을 것이다. 양 평면에서, 압축력으로서 캐리어로 전달되는 압축력은 절삭 부재의 절삭 엣지에 작용한다. 선반 끝 및 플래닝 공구의 경우에, 절삭 부재의 캐리어에서 굽힘력 및 비틀림력(bending and torsional forces)이 생성되어, 소정 값을 넘어설 때, 절삭 부재를 이상적인 작업 위치에서 이탈시킬 수 있다. 이는, 작업 프로세스에서의 오작동을 초래하며, 그러한 오작동은 절삭 부재의 마모 증대 및 선반 스피들 또는 평면 슬라이드의 불규칙적인 진행(running)으로 반영될 수 있다. 밀링 기계의 경우에도, 밀링 헤드의 드라이브 샤프트에 벤딩력이 가해지는 경우에도 이러한 현상이 발생된다. 가장 바람직하지 못한 경우에, 채터링(chatter) 현상이 발생되어, 공작물 표면의 불규칙적인 진동(undulating)을 초래할 수 있고, 특히 공진이 발생하는 경우에, 기계의 공구에 심각한 응력을 가할 수 있다.

- <4> 그에 따라, 절삭력은 복잡한 부하(load)를 초래할 수 있고, 그러한 부하가 한계값을 초과하는 경우에, 기계의 공구 및 공작물의 변형이 절삭 부재의 마모 증대를 초래할 수 있으며, 가장 바람직하지 못한 경우에는 파괴까지 초래할 수 있다. 또한, 기계 공구에 대한 손상 및 공작물의 가공 에러가 과다 부하로부터 초래될 수 있다.
- <5> 그에 따라, 최적의 작업 결과를 얻기 위해서, 절삭 부재의 재료에 따라서, 가공될 물질과 함께 특히 절삭 속도, 진행 속도 및 진행 결합(feed engagement)의 파라미터들을 조화시킬 필요가 있다. 허용가능한 부하의 한계값을 초과하지 않도록 하기 위해서, 발생하는 힘을 측정하고 모니터링할 수 있는 것이 바람직할 것이다.
- <6> 기계 특히 기계 공구의 위치 제어에 대한 에러를 보상하기 위한 방법이 DE 103 12 025 A1에 개시되어 있다. 기계의 여러 위치에서의 응력 상태가 스트레인 게이지(strain gauges)에 의해서 측정되고, 가공과 관련한 힘이나 이동에 따른 관성력, 또는 공구의 그리고 크로스 슬라이드의 하중에 기인한 변형이 위치 제어 시스템에서 계산되고 보상된다. 그러나, 스트레인 게이지는 밀링 헤드와 같이 본질적으로 회전하는 부분을 측정하기에 적합하지 않다. 또한, 그들의 관성으로 인해서, 스트레인 게이지는 공작물의 가공 중에 발생하는 종류의 고주파 진동에 기인한 변형을 측정하는데 있어서 적합하지 못하다.
- <7> 본 발명의 목적은, 공작물의 가공 중에 발생하는 힘이 측정될 수 있도록 그리고 한계값과 비교될 수 있도록 하는 방식으로 공작물 가공을 위한 기계의 절삭 공구에 센서들을 제공함으로써, 가공 프로세스가 최적화될 수 있게 하는 것이고, 그러한 한계값이 초과되는 경우에, 손상 방지를 위해서 제어 장치에 의해서 그리고 액츄에이터(actuators)에 의해서 작업 프로세스가 중단될 수 있게 하는 것이다.
- <8> 이러한 목적은 특허청구범위 제1항의 구성요소들을 특징으로 하는 본 발명에 따른 장치에 의해서 달성될 수 있고, 제10항의 구성요소들을 특징으로 하는 본 발명에 따른 방법에 의해서 달성될 수 있다. 본 발명의 바람직한 구성들이 종속항들에 기재되어 있다.

### 발명의 상세한 설명

- <9> 본 발명에 따라, 물질을 제거하기 위한 절삭 공구가 순수 전압 발생기 및/또는 액츄에이터(actuators) 및/또는 센서 형태의 압전세라믹 변환기를 구비한다. 이들 변환기의 구조 및 작동은 종래 기술로서 공지되어 있고, 그에 따라 본 명세서에서 구체적으로 설명하지는 않는다. 본 발명에 따라, 각각의 경우에 압전세라믹 변환기가 실행하여야 하는 기능이 최적으로 실시될 수 있도록 압전세라믹 변환기들이 배치된다. 센서, 액츄에이터 및 전압 발생기는 캐리어 또는 밀링 헤드내에서 절삭 부재와 직접적으로 접촉되어 사용될 수 있다. 선반 끝 및 플래닝 공구의 경우에, 센서, 액츄에이터 및 전압 발생기 역시 공구 홀더와 절삭 공구 사이에서 각 캐리어가 기계 공구에 부착되는 위치에 정렬될 수 있을 것이다. 밀링 기계의 경우에, 변환기들은 밀링 커터의 샤프트가 베어링 내에 장착되는 위치에 정렬될 수 있을 것이다. 두 가지 정렬의 조합도 가능하다.
- <10> 절삭 부재를 고정하는 것 및 절삭 공구의 캐리어를 공구 홀더에 클램핑하는 것의 결과로서, 압전세라믹 변환기들은 이미 특정 압력을 받는다. 변환기로부터 재생가능한 신호를 획득하기 위해서, 절삭 부재 또는 캐리어의 각각의 변화 후에 변환기에 대한 예비하중(preload)을 체크하고 그에 따라 측정 장치를 조정할 필요가 있다.
- <11> 압전세라믹 센서들에서, 절삭 부재 또는 그 홀더에 가해지는 압축력, 인장력 및 전단력이 확인된다. 생성된 압전-전압을 이용하여 각 경우의 하중의 정도를 결정할 수 있을 것이다. 압전 액츄에이터들은 인가되는 전압에 의해서 변형되며 그에 따라 절삭 부재 또는 캐리어에 능동적으로 영향을 미칠 수 있으며 위치 변화를 유발할 수 있다. 전압 발생기에 작용하는 힘의 결과로서 이들 전압 발생기가 변형되고, 그에 따라 전압을 생성한다. 이러한 전압은, 예를 들어 밀링 중에, 절삭 공구와 기계 공구 사이의 무접촉 신호 전송을 위해서 사용되는 전자 회로로 공급될 수 있을 것이다.

- <12> 절삭 공구와 기계 공구에 대한 응력을 결정할 수 있도록 하기 위해서, 절삭력을 성분들(components)로 분해한다. 이러한 목적을 위해서 3-차원 좌표 시스템이 만들어지며, 이때 그 영점(zero point)은 공작물과 절삭 부재의 절삭 엿지 사이의 접촉 지점에 위치하며, 축들은 작업 평면 및 그에 수직인 평면에 놓인다. 도 1 및 도 2에서 확인할 수 있는 바와 같이, 절삭력은 이들 두 평면 상의 성분들로 분해된다. 이들 도면에서, 힘들은 절삭 부재 또는 캐리어에 대해 작용하는 것으로 도시되어 있다. 절삭력( $F$ )은 방향( $-F$ )을 따라 선반 끝 또는 밀링 커터에 작용한다. 캐리어 방향으로 작용하는 수동적인 힘(passive force;  $-F_p$ )이 절삭 부재에, 그리고 그에 따른 캐리어 및 공구 홀더에 압축 하중을 인가한다. 능동적인 힘(active force;  $-F_a$ )은 진행력(feeding force;  $-F_f$ ) 및 절삭력( $-F_c$ )으로 분해될 수 있다. 공작물의 길이방향으로 배치되는 진행력( $-F_f$ ) 및 공작물의 길이방향에 수직으로 배치되는 절삭력( $-F_c$ )은 각각 캐리어에 굽힘력을 인가하고, 이들 힘의 합은 회전 기계(turning machine)에서 캐리어의 비틀림을 유도하고 밀링 기계에서 밀링 커터의 드라이브 샤프트의 굽힘을 유도한다. 그에 따라, 힘 성분들을 캡처링(capture)하기 위해서, 3 이상의 센서 형태의 변환기가 요구된다. 회전 기계에서 힘들을 캡처링하기 위해서, 센서들은 절삭 부재 또는 캐리어의 아래쪽에, 그리고 진행 방향( $V_f$ )에서 볼 때 공구 홀더 내의 캐리어 또는 절삭 부재의 전방에, 그리고 공작물을 향하는 방향에서 볼 때 절삭 부재 또는 캐리어의 전방에 정렬되어야 한다. 밀링 기계의 경우에, 샤프트에 대한 굽힘력을 캡처링하기 위해서 센서들은 밀링 헤드 내에서 절삭 부재의 아래쪽과 그 뒷쪽에, 그리고 밀링 헤드의 드라이브 샤프트의 베어링 내에 정렬된다.
- <13> 공작물의 가공 중에 발생하는 힘들을 캡처링하기 위해서 이용되는 변환기들은 전압을 생성하는데, 그들 변환기에 작용하는 힘 값의 지속적인(constant) 변화로 인해서, 그러한 전압은 컴퓨터의 평가 유닛 내의 미리 규정된 한계값과 기계 공구에서 계속적으로 비교된다. 절삭 부재의 공지된 마모 거동을 이용할 때, 공작물 또는 절삭 공구의 회전 속도, 진행 속도 및 진행 결합(feed engagement), 즉 절삭 깊이와 같은 파라미터들을 조정함으로써, 최적의 마모 거동을 가능하게 하는 값으로 절삭 부재에 작용하는 힘들을 제한할 수 있다. 허용되지 않는 편차가 발생된다면, 작업 프로세스에 개입하여 오작동을 교정할 수 있을 것이다. 회전의 경우에, 공작물의 회전 속도 그리고 및 절삭 공구의 진행 결합 및 진행율(feed rate)이 변화될 수 있을 것이며, 플래닝의 경우에, 진행율 및 진행 결합이 변화될 수 있을 것이다. 밀링의 경우에, 일반적으로 밀링 헤드의 회전 속도 및/또는, 기계 타입에 따라서, 공작물 또는 밀링 헤드의 진행율이 변화된다. 공작물 또는 밀링 헤드의 회전 속도의 주기적인 변화를 나타내는 그리고 캐리어의 주기적인 진동 및 심지어는 공작물의 주기적인 진동을 나타내는 채터링 현상의 발생은 진행율 및/또는 회전 속도의 변경에 의해서 방지된다. 이들 수단은 절삭 공구의 내구성에 대한 상당한 개선에 기여하고, 그에 따라 수명의 연장에 기여하며, 가공 표면의 품질 개선에 기여한다.
- <14> 본 발명은 또한 절삭 부재의 마모를 모니터링할 수 있게 한다. 마모가 진행되면, 그리고 공작물의 일정한 진행율 및 일정한 회전 속도에서, 절삭력은 계속적으로 변화된다. 절삭 부재의 미리 결정된 한계값 특성에 도달한다면, 절삭 부재의 가용 부분이 소모되었고 교환을 실시하여야 한다는 것을 알 수 있게 될 것이다. 그에 따라, 본 발명은 절삭 부재의 최적의 이용을 가능하게 한다. 절삭 부재의 수명이 먼저 계산될 수 있기 때문에, 시기 적절한 교환 계획을 세울 수 있고, 이는 예를 들어 공작물의 교환 시간에서 프로세스 시퀀스에 최적으로 통합될 수 있을 것이다.
- <15> 절삭 엿지가 손상되었다면 또는 절삭 부재가 절단되었다면, 이는 절삭력의 급격한 변화로서 나타날 것이다. 그러한 신호를 이용하여, 기계 공구를 중단시킴으로써 공작물에 대한 손상을 방지할 수도 있을 것이다.
- <16> 절삭 부재상의 및/또는 공구 홀더 또는 베어링 내의 힘을 측정하기 위한 센서들에 더하여, 액추에이터들이 동일한 위치에 정렬될 수 있을 것이다. 이들 액추에이터는 능동형 압전 부재이다. 전압이 그들에게 인가되면, 그것들은 인가되는 전압의 극성에 따라서 수축 또는 팽창한다. 이러한 액추에이터를 이용하여, 기계 제어 시스템의 조정(intervention) 없이도, 작용하는 힘에 직접적으로 반응할 수 있게 된다. 작용하는 힘의 한계값이 초과된다면, 레지스터링 센서(registering sensor)에 의해서 변형이 보상되도록, 한계값의 초과를 레지스터링하는 센서에 병렬로 연결된 액추에이터에 전압이 공급될 수 있을 것이다. 그에 따라, 캐리어의 또는 절삭 부재의 위치 변화 및 진동의 발생이 방지된다.
- <17> 실행될 변형으로 인해서, 절삭 부재 또는 캐리어의 위치 변화를 초래하는 액추에이터들은 다수-층 부재이다. 세라믹 물질, 층들의 수 그리고 형상 및 크기는 각각의 경우에 요구되는 변형과 그리고 상기 목적을 위해 실행되어야 하는 힘과 매칭(match)되어야 한다.
- <18> 특히 밀링 기계의 경우에, 회전하는 밀링 헤드로부터 기계 공구의 제어 시스템으로의 신호 전달, 및 그 반대 방향으로의 신호 전달이 곤란하며, 신호의 무선 전달이 바람직하다. 전송기의 전압 공급 및, 적용가능한 경우의



밀링 헤드상의 수신기의 전압 공급은 압전 부재에 의해서 생성될 수 있으며, 현존하는 센서에 부가되는 그러한 압전 부재는 동일한 위치에서 그 센서들의 아래쪽에 또는 그 옆에 정렬될 수 있다.

<19> 절삭 부재의 상태에 대한 데이터 그리고 절삭 부재 및 그들의 캐리어에 작용하는 힘 및 그에 따른 기계 공구에 작용하는 힘에 대한 데이터를 모니터링하여, 과부하 및 진동, 특히 채터링 현상을 방지할 수 있게 된다. 이는, 보다 안정한 가공 프로세스를 가능하게 하며, 이는 다시 보다 우수한 공작물 품질 및 절삭 부재의 보다 긴 수명을 가능하게 한다.

<20> 이하에서는 예시적인 실시예를 참조하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

## 실시예

<26> 도 1은 길이방향 회전 중에 발생하는 힘 및 속도를 나타내는 도면이다. 가공을 위해서, 절삭 공구(3)가 화살표 (2) 방향으로 회전하는 공작물(1)을 따라 화살표(4) 방향으로 안내된다. 3차원 좌표 시스템의 영점(5)이 절삭 부재의 절삭 모서리에 위치된다. 진행 방향은 시스템의 평면 내에 놓이며, 상기 평면 내에는 공작물(1)이 놓이고 절삭 공구(3)의 결합이 상기 평면에 수직인 평면 내에서 이루어진다. 가공 프로세스 중의 이동은, 회전, 플래닝 및 밀링의 경우에, 공작물과 절삭 부재의 절삭 엣지 사이의 상대적인 이동이다. 그러한 이동은 인가 지점에서, 여기에서는 지점(5)에서 가공 공구에 의해서 생성되며 정지 상태의 공작물과 관련된다. 주요(main) 절삭 엣지가 공작물(1)을 따라서 작업 속도( $V_c$ )로 이동하는 동안, 절삭 부재 상으로 그리고 그에 따라 캐리어 상으로 그리고 최종적으로 기계 공구 상으로 절삭력( $-F$ )이 작용하게 된다.

<27> 진술한 바와 같이, 절삭력( $-F$ )은 작업 평면 내의 힘들과 작업 평면에 수직인 힘들로 분해될 수 있다. 물질-제거 용량(material-removing capacity)을 계산하기 위한 인자(factor)를 결정하는 능동적인 힘( $-F_a$ )은 작업 평면 내에 놓이고, 물질-제거 용량에는 기여하지 않지만 절삭 부재를, 그리고 그에 따라 절삭 공구(3)를 및 최종적으로 기계 공구를 압축방향으로 로딩(loading)하는 수동적인 힘( $-F_p$ )이 상기 작업 평면에 수직으로 배치된다. 상기 능동적인 힘( $-F_a$ )은, 작업 평면 내의 진행 방향 및 절삭 방향에 따라서, 진행력( $-F_f$ ) 및 절삭력( $-F_c$ )으로 분해될 수 있으며, 그러한 힘들은 절삭 공구(3)에 대한 굽힘력 또는 비틀림력으로서 작용한다.

<28> 종래의 밀링에서의 가공 프로세스가 도 2에 도시되어 있으며, 플래닝 중에 그리고 도 1에 도시된 길이방향 회전에서 동일한 힘들이 발생된다. 그러나, 밀링 커터의 절삭 부재가 밀링 커터의 둘레의 절반에 걸쳐 공작물과 결합한다는 점에서, 그리고 여기에 도시된 좌표 시스템은 단지 하나의 결합 지점에서의 힘의 분배를 나타낸다는 점에서 차이가 있다. 종래의 밀링에서, 공작물(11)은 위치가 고정된 절삭 공구 아래쪽에서 화살표(12) 방향으로 이동하고, 원통형 커터(13)는 화살표(14) 방향으로 회전한다. 이러한 지점에서 절삭력( $-F$ )을 분해하기 위한 좌표 시스템의 중심(15)은 절삭 부재의 절삭 엣지의 결합 지점들 중 하나에 놓인다.

<29> 적절한 센서 배치를 통해서, 힘( $-F_c$ ,  $-F_f$ ,  $-F_p$ )을 결정할 수 있으며, 그에 따라, 가공 프로세스에 대한 그리고 절삭 부재 및 기계 공구에 대한 정보를 얻을 수 있다. 밀링 커터의 경우에, 각 절삭 부재의 뒤쪽에서 그리고, 방사상 방향으로 볼 때, 그 아래쪽에서 센서들을 밀링 헤드 상에 배치할 수 있다. 이때, 절삭 부재들은 각 결합(engagement)에서 주기적으로 로딩된다.

<30> 가공 프로세스 동안에 센서들에서 발생된 전압은 절삭 부재 및 기계 공구에서의 즉각적인(instantaneous) 로딩을 나타내는 측정치이다. 미리 규정된 한계값들을 초과한다면, 기계 공구의 제어 시스템에서의 조정이 이루어질 수 있으며, 예를 들어 진행을 및/또는 회전 속도를 변경할 수 있다.

<31> 액츄에이터의 유사한 구성(comparable arrangement)에 의해서, 가공 프로세스 중에 발생하는 힘에 반작용(counteract)할 수 있으며, 그에 따라 변형을 보상할 수 있다. 센서에 의해서 변형이 탐지된다면, 이러한 위치에서 작용하는 액츄에이터로 전압이 인가되며, 이때 그러한 전압은 센서의 변형에 대응하는 반대-방향의 변형이 생성될 수 있는 전위(level)를 가진다. 이는 가공 프로세스 중에 발생하는 힘에 반대되고 발생 변형을 보상한다. 발생하는 진동 역시 방지되거나 적어도 이러한 방식으로 감소된다.

<32> 도 3 및 도 4는 본 발명에 따라 압전세라믹 변환기를 구비한 절삭 공구(3), 즉 선반 끝을 도시한다. 상기 도면들은 개략적인 것이다. 도 3은 절삭 공구의 평면도이다. 캐리어와 관련하여 제어된 운동이 가능하도록 하는 방식으로, 캐리어(6) 상에서, 절삭 플레이트 형태의 절삭 부재(7)가 캐리어(6)의 리세스 내에 체결된다. 유사하게, 캐리어(6)는 리세스(10) 내에서 공구 홀더(9) 내에 체결된다. 그러한 체결은 공구 홀더(9)에 대한 제어된 이동이 가능하도록 이루어진다.



- <33> 이러한 예시적인 실시예에서, 개구부(20, 21) 내에서 지지되는 변환기는 절삭 부재(7)와 캐리어(6) 사이에서 그리고 캐리어(6)와 공구 홀더(9) 사이에서 정렬된다. 절삭 부재에 작용하는 힘들에 더하여, 기계 공구에 작용하는 힘들 역시 결정될 수 있을 것이다. 변환기를 설치할 수 있는 공간이 작기 때문에, 서로 적층하여 배치하는 것이 바람직할 것이다. 액츄에이터(33)에 의해서, 힘의 인가 지점에서 힘의 영향에 대해서 직접적으로 반작용시킬 수 있다.
- <34> 절삭 부재(7) 및 공구 홀더(9) 상에, 그리고 그에 따라 기계 공구 상에 작용하는 힘들을 결정하기 위해서 제공되는 센서(22)들이 먼저 절삭 부재(7) 및 캐리어(6)에 대하여 배치된다. 센서들이 신호 발생에 이용되기 때문에, 구조적인 변화를 가능한 한 작게 유지하기 위해서 단일-층 압전 부재를 이용할 수 있을 것이다. 힘의 작용에 의해서 이들 센서에서 발생하는 전압은 먼저 신호-수신 및 트리거(trigger) 회로(24)로 신호(23)로서 전달된다. 거기에서, 한계값을 초과하는지와 관련하여 신호들을 체크하고, 공구 홀더(9) 내의 캐리어(6) 상의 또는 절삭 부재(7) 상의 미리 결정된 힘 보다 과다(overshooting)하거나 과소(undershooting)한 경우에, 신호가 기계 공구의 제어 장치(25)로 전달된다. 제어 장치(25)는 기계 공구의 작업 프로세스에 간섭할 수 있고 드라이브(26), 즉 회전 속도, 진행율(27) 및/또는 진행 결합(28)을 변화시킬 수 있다. 블록도가 그러한 신호 프로세싱을 설명하고 있다.
- <35> 전압 발생기(30) 형태의 변환기들이 센서(22)와 캐리어(6) 사이에 정렬될 수 있고, 그러한 변환기들은 절연 지지 플레이트(29)에 의해서 서로 분리될 수 있다. 센서의 경우와 달리, 여기에서는 다-층 부재가 요구된다. 작용하는 힘의 변화에 의해서 그 내부에서 발생하는 전압(31)이 정류기 유닛(32)으로 전달되고, 예를 들어 신호-수신 및 트리거 회로(24) 내의 전자 회로로의 공급을 위해서 사용될 수 있다.
- <36> 힘의 인가 지점에서 액츄에이터(33)에 의한 조정이 직접적으로 이루어질 수 있다. 센서(22)에 의해서 결정된 변형은 힘의 인가 지점에서 직접적으로 반작용될 수 있고, 이때 전압(34)이 이들 액츄에이터(33)에 인가되고, 절삭 부재(7) 또는 캐리어(6) 상의 각 센서의 위치에서 탐지되는 것과 정확히 같은 크기를 가지고 반대되는 변형이 달성될 수 있도록 이러한 전압의 값 및 극성이 선택된다. 이러한 예시적인 실시예에서, 액츄에이터(33)들은 전압 발생기(30)와 캐리어(6) 사이에서 절삭 부재(7) 상에 정렬되고, 또한 절연 지지 플레이트(29)에 의해서 분리된다. 제한된 작동 전압을 이용하여 액츄에이터(33)에 의해서 실행되어야 하는 큰 조정 변위(displacement)로 인해서, 다층 부재가 요구된다. 기계 공구의 타입을 고려하여, 최대 힘이 캐리어(6)에 가해질 수 있도록 상기 다층 부재들이 공구 홀더(9) 내에 정렬되며, 여기에서 상기 다층 부재들은 센서(22)들 및 전압 발생기(30)들에 의해서 동심적으로 둘러싸인다. 그에 따라, 센서들 및 전압 발생기들에 작용하는 힘의 균일한 분포가 달성되며, 동시에 액츄에이터가 이들 힘 분포의 중심에 작용할 수 있다.
- <37> 액츄에이터에 의한 공작물의 가공 제어는 기계 공구의 제어 즉, 회전 속도, 진행 및 결합의 제어와 독립적으로 또는 관련하여 이루어질 수 있다.
- <38> 도 3의 선반 끝의 측면이 도 4에 도시되어 있다. 도 3에서와 같은 참조부호를 이용하여 동일한 타입의 기능 부재를 나타냈다. 명료함으로 위해서, 여기에서는 선반 끝의 그리고 절삭 부재의 고정 부재를 생략하였다. 절삭 부재 아래쪽의 그리고 공구 홀더 내의 캐리어 아래쪽의 변환기의 가능한 배치를 도시하기 위해서, 공구 홀더(9) 내의 클램핑의 영역에서 그리고 절삭 부재(7)의 영역에서 캐리어(6)를 절취하여 도시하였다. 변환기 및 지지 플레이트는 절삭 부재의 영역에서 절취 도시되었다. 절삭 부재와 캐리어 아래쪽의 변환기 배치를 통해서, 절삭 부재 및 캐리어에 수직으로 인가되는 절삭력의 성분들을 결정할 수 있다. 절삭 부재 및 기계 공구에 작용하는 힘에 반대하는 기능을 가지는 액츄에이터(33)들이 이들 힘의 인가 지점들에 정렬된다.
- <39> 도 5는 공작물(41)의 프로세싱 중의 절삭 공구로서의 페이스-밀링 커터(40)를 도시한다. 위치적으로-고정된 밀링 커터(40)가 샤프트(43)를 중심으로 하여 방향(42)을 따라 회전하는 반면, 공작물(41)은 밀링 커터의 아래에서 방향(44)으로 잡아 당겨지며, 칩(45)들이 제거된다. 절삭 부재(47)들이 둘레를 따라서 균일한 간격으로 절삭 헤드(46)에 정렬된다. 밀링 커터의 회전 방향(42)에서 볼 때, 절삭 부재(47)들이 맞닿는 변환기들이 절삭 부재(47)의 전방에서 절삭 헤드(46) 내에 정렬된다. 이러한 예시적인 실시예에서, 변환기들은 절삭 부재들 및 밀링 헤드 상에 그리고 전압 발생기(49) 상에 작용하는 힘을 결정하기 위한 센서(48)들이다. 이러한 실시예에서, 변환기들은 나란히 정렬된다. 도 3 및 도 4의 예시적인 실시예에 도시된 바와 같은 적층형 배치 역시 가능하다.
- <40> 다른 변환기 영역에 액츄에이터들을 설치할 수도 있을 것이나, 여기에서는 도시하지 않았다.
- <41> 밀링 커터(40)가 회전하기 때문에, 센서에 의해서 획득된 데이터를 기계 공구의 제어 장치로 신호 전송하는 것

이 곤란하다. 이러한 이유로, 이러한 예시적인 실시예에서, 밀링 헤드(46)로부터 기계 공구(여기에는 도시되지 않음) 상의 수신기로의 무선 전송이 제공된다. 작용하는 힘에 의해서 센서(48)들에서 발생하는 전압이 신호(50)로서 신호-수신 및 트리거 회로(51)로 먼저 전송된다. 거기에서, 한계값을 초과하는지와 관련하여 신호들을 체크하고, 절삭 부재(47) 상의 미리 결정된 힘 보다 과다하거나 과소한 경우에, 신호가 기계 공구의 제어 장치로 전달된다. 회전하는 밀링 커터(40)로부터 기계 공구로의 신호 전송은 송신기(52)에 의해서 이루어진다. 이러한 목적에 필요한 전기 에너지(53)는 전압 발생기로서 구성된 변환기(49)에서 발생되고 정류기 유닛(54)으로 공급된다. 정류기 유닛은 신호-수신 및 트리거 회로(51) 및 송신기(52)로 필요 전압을 공급한다.

<42> 액추에이터들이 절삭 부재(47) 상에도 제공된다면, 그 액추에이터들은 기계 공구의 제어 장치로부터의 신호에 의해서 활성화될 수 있을 것이다. 그러한 경우에, 신호-전송 장치(52)가 송신기 및 수신기로서 기능한다.

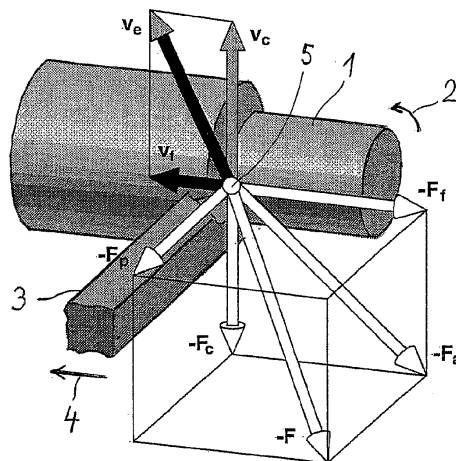
<43> 전술한 예시적인 실시예에서, 선반의 공구 홀더 상에서의 힘의 결정, 그리고 공구 홀더 내에서 절삭 공구의 캐리어의 위치의 능동적인 영향이 설명되어 있다. 비교가능한 방식에서, 절삭력이 위치 변화를 초래하는 경우에, 또는 기계 공구 내에서 베어링 또는 베어링들(도시 하지 않음) 내의 밀링 커터(40)의 샤프트(43)의 굽힘을 초래하는 경우에, 밀링 커터의 부정확한 위치는 액추에이터에 의해서 교정될 수 있으며, 이는 베어링 또는 베어링들의 위치에 영향을 미친다. 센서들 및 액추에이터들은, 예를 들어, 기계 공구 내의 밀링 커터의 샤프트의 베어링의 둘레에 정렬될 수 있다. 각 액추에이터가 밀링 커터의 샤프트의 방향에 수직으로 작용할 수 있는 것이 바람직할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

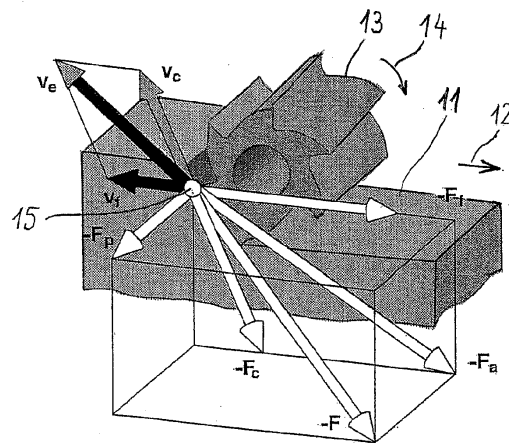
- <21> 도 1은 회전 중에 발생하는 힘 벡터 및 속도 벡터의 배열 상태를 도시한 도면이다.
- <22> 도 2는 종래의 밀링 중에 발생하는 힘 벡터 및 속도 벡터의 배열 상태를 도시한 도면이다.
- <23> 도 3은 절삭 부재 상의 변환기 배치 상태 및 캐리어의 클램핑 영역을 도시한 측면도이다.
- <24> 도 4는 절삭 부재 상의 변환기 배치 상태 및 캐리어의 클램핑 영역을 도시한 평면도이다.
- <25> 도 5는 페이스-밀링(face-milling) 커터 상의 신호-전송 부재 및 변환기의 배열 상태를 도시한 사시도이다.

### 도면

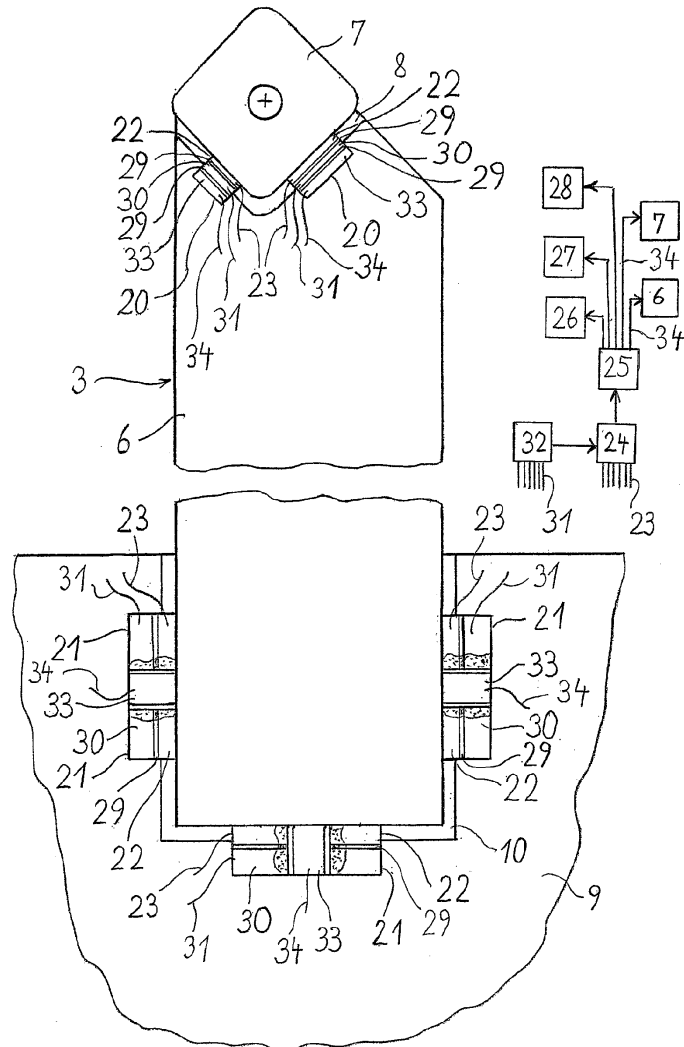
#### 도면1



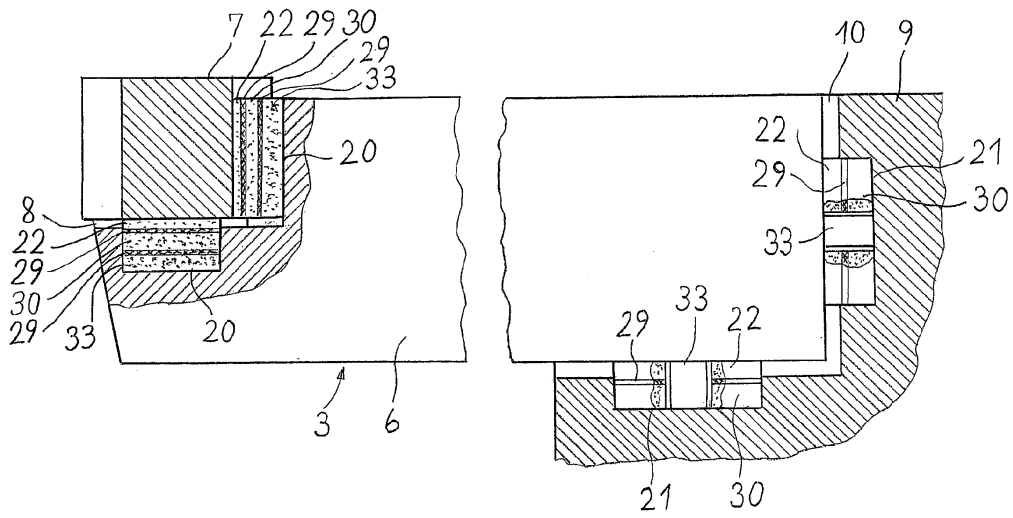
도면2



도면3



도면4



도면5

