



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0096832  
(43) 공개일자 2020년08월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01B 11/24 (2006.01) B23F 23/00 (2006.01)  
B23F 23/12 (2006.01) B23F 5/16 (2006.01)  
G05B 19/18 (2006.01) G05B 19/401 (2006.01)  
G05B 19/4065 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G01B 11/24 (2013.01)  
B23F 23/006 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7020571  
(22) 출원일자(국제) 2018년12월06일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년07월15일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/083747  
(87) 국제공개번호 WO 2019/115332  
국제공개일자 2019년06월20일
- (30) 우선권주장  
01526/17 2017년12월15일 스위스(CH)
- (71) 출원인  
라이스하우어 아게  
스위스 체하-8304 발리셀렌 인두스트리스트라세 36
- (72) 발명자  
휴버 필립  
스위스 8304 발리셀렌 지라커슈트라세 19
- 컬쉬 로거  
독일 76307 카를스바트 헤르만-로엔즈-웨그 36  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
유미특허법인

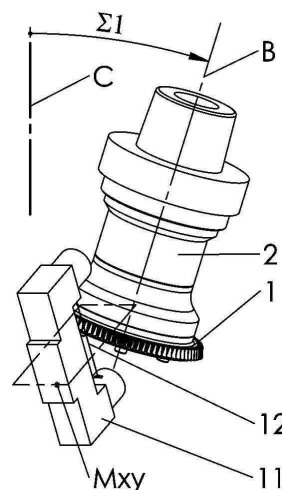
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 **창성 기계 가공 공구를 측정하기 위한 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 치형 작업물의 창성 기계 가공을 위한 공구(1)를 측정하기 위한 방법에 관한 것으로, 가상 접촉점이 가상 공구의 라운딩된 가상 절삭날에서 계산된다. 계산된 가상 접촉점에 근거하여, 공구 축(B)과 측정 장치(11) 사이의 상대 배향 및 공구와 측정 장치 사이의 병진 상대 위치가 계산된다. 측정은 조절된 상대 배향과 상대 위치에서 실제 절삭날에서 행해지고, 특히 레이저 비임 형태의 원통형 스캐닝 수단을 사용하여 측정이 행해질 수 있고, 원통형 스캐닝 수단은 가상 접촉점에서 가상 절삭날에 접하여 접촉한다.

대표도 - 도10a



(52) CPC특허분류

*B23F 23/12* (2013.01)

*B23F 5/163* (2013.01)

*G05B 19/186* (2013.01)

*G05B 19/401* (2013.01)

*G05B 19/4065* (2013.01)

*G05B 2219/37275* (2013.01)

(72) 발명자

**막스 하트뭇**

스위스 8304 발리셀렌 프로하임슈트라쎄 1

**엠로스 미카엘**

독일 76356 웨인가르텐 미텔weg 5

---

**필러 미셸**

스위스 8610 우스터 와일즈베르그슈트라쎄 31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

치형 작업물(3)의 창성 기계 가공을 위한 공구(1)를 측정하기 위한 방법으로서, 상기 공구는 공구 축(B)을 중심으로 회전 가능하고 복수의 절삭 치부(14)를 포함하며, 각 절삭 치부는 실제 절삭날을 형성하고, 상기 방법은 측정 장치(11; 23)를 사용하여 수행되고,

- (a) 가상 공구(1v)의 가상 절삭날(S) 상의 가상 접촉점(m1 - m5)을 계산하는 단계 - 상기 가상 절삭날은 절삭날의 길이 방향을 따라 연장되어 있고 또한 절삭날의 길이 방향에 대해 횡으로 라운딩되어 있음 -;
- (b) 계산된 가상 접촉점(m1 - m5)에 근거하여, 상기 공구 축(B)과 측정 장치(11; 23) 사이의 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 공구(1)와 측정 장치(11; 23) 사이의 병진 상대 위치를 계산하는 단계;
- (c) 상기 공구 축(B)과 측정 장치(11; 23) 사이의 계산된 상대 배향 및 공구(1)와 측정 장치(11; 23) 사이의 계산된 상대 위치를 세팅하는 단계; 및
- (d) 세팅된 상대 배향과 상대 위치에서 상기 실제 절삭날에 대한 측정을 수행하는 단계를 포함하는, 치형 작업물의 창성 기계 가공을 위한 공구를 측정하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

단계 (a) - (d)는 가상 절삭날(S)을 따른 복수의 가상 접촉점(m1 - m5)에 대해 수행되는, 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 실제 절삭날을 나타내는 보상 곡선(17)이, 동일한 실제 절삭날 상의 여러 접촉점에 대해 결정된 측정 결과로부터 계산되는, 방법.

#### 청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

- 가상 절삭날을 가지고 만들어진 가상 플랭크로부터, 실제 절삭날을 가지고 만들어진 플랭크의 프로파일의 편차에 대한 적어도 하나의 척도; 및
- 창성 기계 가공 동안에 나타나는 실제 절삭날의 변화에 대한 적어도 하나의 척도

중의 적어도 하나의 파라미터가, 동일한 실제 절삭날 상의 여러 접촉점에 대해 결정된 측정 결과로부터 결정되는, 방법.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정은 단계 (d)에서 복수의 절삭 치부(14)에 대해 수행되고,

공구의 동심도;

절삭 치부 중심; 및

치부 틈 중심

중의 적어도 하나의 파라미터가 상기 측정으로 결정되는, 방법.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 장치(11)는 상기 방법의 실행 동안에 공간적으로 고정되어 배치되며, 상기 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 상대 위치의 세팅은, 공구 축(B)의 공간 배향 및 공구(1)의 공간 위치를 수정하여 행해지는, 방법.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 장치(11; 23)는, 비접촉식 또는 접촉식으로 작동하는 감지 수단을 제공하며, 상기 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 상대 위치는, 상기 감지 수단이 상기 계산된 가상 접촉점(m1 - m5)에서 접하는 방식으로 상기 가상 절삭날(S)과 접촉하도록 계산 및 세팅되는, 방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 감지 수단은 원통형인, 방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 감지 수단은 원통 축, 원통 반경 및 상기 원통 축으로부터 거리를 두고 연장되어 있는 원통형 감지 표면을 규정하고, 상기 거리는 원통 반경에 대응하고, 상기 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 상대 위치는, 상기 원통 축이 가상 접촉점에서의 가상 절삭날(S) 상의 접평면에 평행하게 연장되어 있고 또한 원통 축이 상기 접평면으로부터 상기 원통 반경에 대응하는 거리에 있도록 계산 및 세팅되는, 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 원통 축은 가상 공구(1v)와 구름(rolling) 결합하는 가상 작업물(3v)의 플랭크를 따라 연장되어 있는, 방법.

#### 청구항 11

제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 감지 수단은 광 비임(12)으로 형성되고,

상기 공구(1)는 단계 (d)에서의 측정을 수행하기 위해 상기 공구 축(B)을 중심으로 회전되며,

상기 광 비임이 절삭날에 의해 차단되는 실제 회전각이 회전 동안에 검출되는, 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

검출된 실제 회전각과 가상 절삭날에 대해 계산된 요구되는 회전각 사이의 편차가 결정되는, 방법.

#### 청구항 13

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서,

단계 (d)에서의 측정은, 복수의 또는 모든 절삭 치부(14)가 차례 대로 광 비임(12)을 차단하고 또한 다시 차단 해제하도록 공구(1)가 공구 축(B)을 중심으로 충분히 많이 회전됨으로써, 공구(1)의 복수의 또는 모든 절삭 치부(14)에 대해 수행되는, 방법.

#### 청구항 14

제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 감지 수단은 원통형 감지 핑거인, 방법.

#### 청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 (d)에서의 측정은 측정 위치(Mp)에서 행해지고, 측정 위치(Mp)에 대한 교정 측정이 작업물의 기계 가공 전 및/또는 동안에 수행되는, 방법.

#### 청구항 16

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

(e) 상기 측정의 결과로 기계 제어기(8)에 대한 적어도 하나의 세팅을 결정하는 단계; 및

(f) 상기 세팅을 상기 기계 제어기(8)에 전달하는 단계를 적어도 추가로 포함하고,

상기 세팅에 의해 작업물(3)과 공구(1) 사이의 상대 위치가 작업물(3)의 기계 가공을 위해 세팅되는, 방법.

#### 청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공구(1)는,

호브 필링(hob peeling) 공구; 또는

기어 성형 공구 중의 하나인, 방법.

#### 청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방법은 공구가 공구 스핀들(2) 상에 위치되어 있을 때 수행되고, 작업물(3)의 기계 가공은 또한 상기 공구 스핀들을 통해 일어나는, 방법.

#### 청구항 19

치형 작업물(3)의 창성 기계 가공을 위한 공구(1)를 측정하기 위한 방법을 수행하기 위한 장치로서, 상기 공구(1)는 복수의 절삭 치부(14)를 포함하며, 각 절삭 치부는 실제 절삭날을 형성하고, 상기 장치는,

상기 공구(1)를 공구 축(B)을 중심으로 회전하게 구동시키기 위한 공구 스핀들(2);

측정 장치(11);

상기 공구 축(B)과 측정 장치(11) 사이의 상대 배향( $\Sigma$ )을 수정하기 위한 적어도 하나의 피동 피봇 축(A); 및

상기 공구(1)와 측정 장치(11) 사이의 병진 상대 위치를 수정하기 위한 적어도 하나의 피동 선형 축(X, Y, Z)을 포함하며,

상기 장치는,

(a) 가상 공구(1v)의 가상 절삭날(S) 상의 가상 접촉점(m1 - m5)을 계산하는 단계 - 상기 가상 절삭날(5)은 절삭날의 길이 방향을 따라 연장되어 있고 또한 절삭날의 길이 방향에 대해 횡으로 라운딩되어 있음 -;

(b) 계산된 가상 접촉점(m1 - m5)에 근거하여, 상기 공구 축(B)과 측정 장치(11) 사이의 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 공구(1)와 측정 장치(11) 사이의 병진 상대 위치를 계산하는 단계;

(c) 피봇 축(A) 및 적어도 하나의 선형 축(X, Y, Z)에 의해 상기 계산된 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 상대 위치를 세팅하는 단계; 및

(d) 세팅된 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ )과 상대 위치에서 상기 실제 절삭날에 대한 측정을 수행하는 단계

를 포함하는 방법을 수행하도록 구성된 제어기(8)를 포함하는, 공구를 측정하기 위한 방법을 수행하기 위한 장치.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제어기는 가상 절삭날(S)을 따른 여러 위치에서 복수의 가상 접촉점( $m1 - m5$ )에 대해 단계 (a) - (d)를 수행하는, 장치.

#### 청구항 21

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 측정 장치(11)는 측정 동안에 고정되어 배치되며,

상기 피봇 축(A)은 고정된 측정 장치(11)에 대한 공구 축(B)의 공간 배향을 수정하도록 구성되어 있고,

상기 적어도 하나의 선형 축(X, Y, Z)은 상기 측정 장치(11)에 대한 공구(1)의 공간 병진 위치를 수정하도록 구성되어 있는, 장치.

#### 청구항 22

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 장치는 기계 베드(6), 및 기계 베드(6)에 대해 운동 가능한, 특히 피봇 가능한 캐리어(31)를 포함하며, 캐리어는 상기 기계 베드(6)에 대해 복수의 위치 사이에서 운동 가능하고,

상기 측정 장치(11)는 운동 가능한 캐리어(31)에 배치되고,

상기 측정 장치(11)는 운동 가능한 캐리어(31)에 의해 주차 위치로부터 측정 위치로 운동 가능한, 장치.

#### 청구항 23

제 22 항에 있어서,

기계 가공될 작업물(3)을 클램핑하기 위한 적어도 하나의 작업물 스핀들(4)이 상기 운동 가능한 캐리어(33)에 추가 배치되어 있는, 장치.

#### 청구항 24

제 19 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 장치(11; 23)는 비접촉식 또는 접촉식으로 작동하는 감지 수단을 제공하며, 상기 제어기는, 상기 감지 수단이 상기 계산된 가상 접촉점( $m1 - m5$ )에서 접하여 상기 가상 절삭날(S)과 접촉하도록 상기 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ ) 및 상대 좌표를 계산 및 세팅하는, 장치.

#### 청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 감지 수단은 원통형인, 장치.

#### 청구항 26

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서,

상기 측정 장치(11)는 광원 및 광 검출기를 포함하고, 광원은 광 검출기로 향하는 광 비임(12)을 발생시키도록 구성되어 있고, 상기 감지 수단은 광 비임(12)의 적어도 하나의 영역으로 형성되며,

상기 제어기는, 공구 축(B)의 세팅된 상대 배향( $\Sigma 1 - \Sigma 5$ )에서 그리고 세팅된 상대 좌표로 측정을 수행하기 위해 상기 공구 스핀들(2)이 공구(1)를 공구 축(B)을 중심으로 회전시키도록, 공구 스핀들(2)과 상호 작용하고,

상기 광 검출기는, 광 비임(12)이 회전 동안에 절삭날에 의해 차단되는 실제 회전각을 검출하도록 구성되어 있는, 장치.

#### 청구항 27

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서,

상기 감지 수단은 원통형 감지 핑거인, 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 창성(generating) 기계 가공 공구를 측정하기 위한 방법 및 이 방법을 수행하기 위한 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 호브 필링(hob peeling)(창성 스카이빙(generating skiving))은, 회전하는 작업물을 기계 가공하기 위해 기어형 공구가 사용되는 연속 기계 가공 방법이다. 호브 필링은 생(green) 기계 가공 뿐만 아니라 특히 예비 기계 가공된 작업물의 하드-파인(hard-fine) 기계 가공에도 사용될 수 있다. 작업물의 기계 가공을 위해, 공구 및 작업물은 회전하는 스핀들 상에 수용된다. 공구와 작업물의 회전 축은 비스듬하게 배치된다. 회전 축을 중심으로 일어나는 공구와 작업물의 회전 운동이 연결됨으로써, 이 방법에 전형적인 바와 같이, 복잡한 호브 필링 운동학을 갖는 구름(rolling) 운동이 이루어진다. 외부 기어와 내부 기어 둘 모두가 상기 기계 가공법으로 기계 가공될 수 있다.

[0003] 호브 필링 공구의 치부는 공구의 끝면의 영역에서 절삭날을 형성한다. 실제로, 각 치부의 절삭날은 완벽하게 예리한 날을 형성하지 않고 오히려 반경을 가지고 라운딩되어 있다. 필링된 작업물 상의 최종 치부 플랭크는 엔빌로프 컷으로 호브 필링 공구의 기하학적으로 규정된 절삭날에 의해 형성되며, 호브 필링 공정의 끝에서는 실제로 더 이상의 칩이 생기지 않고 공구와 작업물 사이의 접촉은 점 방식으로만 이루어진다. 구름 운동의 과정에서, 마무리된 작업물과 공구 사이의 대응하는 접촉점은 라운딩된 절삭날을 따라 연속적으로 움직이게 된다. 공구와 작업물의 회전 축이 비스듬히 배치되어 있어, 접촉점은 길이 방향으로 절삭날을 따라 이동할 뿐만 아니라, 동시에, 치부의 라운딩된 절삭날의 만곡된 부분 상에서의 위치가 또한 그에 대해 횡으로 변하게 된다. 그러므로 구름 운동 중에 작용하는 접촉점은 치부의 라운딩된 절삭날에서 공간 곡선(3차원 공간 내의 곡선)을 형성하게 된다. 그 공간 곡선의 경로는 공구와 작업물의 상대적인 배향 및 위치와 같은 공구와 기계 세팅의 설계에 의해 결정된다. 공간 곡선은 설계 데이터로 계산될 수 있다.

[0004] Andreas Huhsam의 논문 "Modelling and experimental investigations of the hob peeling process"(Research Report Volume 111, wbk Institute of the University of Karlsruhe, Shaker Verlag GmbH, 2002, Pages 23-66) 및 Andreas Bechle의 논문 "A contribution to reliable machining using the high performance production process of hob peeling"(Research Report Volume 132, wbk Institute of the University of Karlsruhe, Shaker Verlag GmbH, 2006, Pages 26-68)에는, 호브 필링의 모델링 및 호브 필링 공정의 중요한 요소로서 품질 요건을 만족하는 호브 필링 공구의 제조가 포괄적으로 논의되어 있다. Huhsam은 호브 필링의 운동학적 모델을 제시한다. 호브 필링 공구의 복합 절삭날의 기하학적 구조는 이 접근법으로 계산될 수 있다. 호브 필링 공구를 제조하기 위한 개략적인 작업이 Bechle에 의해 28 페이지의 도 2 - 21에 나타나 있다. 공구 플랭크는 연삭으로 완성된다. 제 1 연삭 사이클 후에, 호브 필링 공구는 측정 기계에서 측정되고, 치수 및 기하학적 정확도가 결정된다. 원하는 기하학적 구조로부터의 편차가 결정되고, 또한 NC 드레싱(dressing) 공정 및 연삭 디스크의 갱신된 프로파일링을 보정하여 제거된다. 상기 공정은 치수 및 기하학적 구조가 정확할 때까지 필요한 만큼 반복된다.

[0005] 측정이 종래의 측정 기계를 사용하여 수행될 때, 라운딩된 절삭날 상의 접촉점이 구름 운동 중에 이미 언급된 공간 곡선을 따라 움직인다는 사실은 고려되지 않는다. 종래의 측정 기계는 공간 곡선을 고려할 수 없다.

[0006] 추가로, 공구를 측정 기계와 공구 스핀들 사이에 재클램핑시키는 것은 시간 소모적이고 또한 제조 결과에 부정적인 영향을 주는 클램핑 및 재클램핑 오차가 생길 수 있기 때문에, 별도의 측정 기계에서의 측정은 불리하다.

[0007] US 2015/0081083 A1은 호브 필링 공구를 접촉식으로 측정하는 것을 제안한다. 이를 위해, 기계 가공될 작업물 치부의 플랭크의 정확한 복사를 제공하는 측정체가 제공된다. 상기 종류의 측정은 공작 기계에 세팅될 작업물과 작업물 축 사이의 거리의 정확한 측정을 가능하게 하지만, 그 측정은 호브 필링 동안에 작용하는 절삭날을 측정하는 데는 적절하지 않다.

[0008] WO 2016/150985 A1은, 이상적인 윤곽으로부터 호브 필링 공구의 각 절삭 치부의 선단 절삭날, 좌측 절삭날 및 우측 절삭날의 위치 편차를 측정하여 동심도 편차를 결정하는 것을 제안한다. 측정은 측정 공을 사용하여 접촉

식으로 행해진다. 상기 방법의 경우에, 절삭날의 위치가 결정되고, 실제 절삭날 자체는 측정되지 않는다. 그리고, 결정된 위치 편차를 작업물의 기계 가공 동안에 사용하여, 작업물 회전과 공구 회전 사이의 연결 비의 주기적인 비선형성 또는 축들 사이의 거리의 주기적인 수정을 제공함으로써 작업물의 기하학적 구조에 대한 동심도 오차의 영향을 감소시킨다.

[0009] 광투과법을 사용하여 작동하는 측정 대상의 광학식 측정 방법이 종래 기술에 알려져 있고, 측정 대상은 광원과 광 검출기 사이에서 움직이고, 광 검출기는 측정 대상이 광원의 광 비임을 차단하는 때를 검출한다.

[0010] 그러한 방법은 예컨대 DE 199 27 872 A1에 개시되어 있다. 측정 대상의 기하학적 구조 때문에 검출하기가 어려운 영역을 또한 검출할 수 있기 위해, 광원과 광 검출기가 일 단위체를 형성하고 피봇팅 장치에 장착되는 것이 제안된다. 피봇팅 장치는 측정될 대상의 회전 축을 자르는 축을 중심으로 피봇 가능하다. 피봇팅 장치는 피봇 축에 수직인 제 2 축을 따라 병진 운동으로 추가적으로 조절 가능하다. 측정될 대상은 제 1 축에 평행한 제 3 축을 따라 조절 가능하고 또한 제 2 축에 평행한 제 4 축을 중심으로 회전 가능하며, 제 1 축에 의해 절단된다. 결과적으로, 예컨대, 회전 대칭형 공구의 절삭 치부의 경우에 절삭날 뒤에서 측정하는 것이 가능하다. 상기 문헌에는, 특히 라운딩된 절삭날을 갖는 호브 필링 공구를 측정하기 위해 그러한 구성을 사용하는 것이 제안되어 있지 않다.

[0011] EP 1 050 368 A1에는 장치를 위치시키기 위한 광학식 측정 장치가 제안되어 있다. 광원 및 광 검출기가 공통의 홀더 상에 배치되며 또한 광원에서 나온 측정 광 비임이 광 검출기에 도달하도록 배향된다. 광 검출기는 측정될 대상에 의해 비임이 차단되는 때를 검출한다. 차단이 일어나면, 대응하는 신호가 발생된다. 그러므로, "광 받음"("L") 상태 및 "광 받지 않음"("0") 상태를 갖는 간단한 이원적인 평가가 있다. 광 비임은 평행하게 될 수 없는데, 즉 광원으로부터 광 검출기 쪽으로 가면서 약간 발산될 수 있다. 좁은 광 채널(광은 광 검출기에 도달하기 위해 그 채널을 통과해야 함)이 광 검출기 앞에 배치된다. 결과적으로, 검출기는 광원에 의해 방출되는 광 비임 다발의 원통형 비임 영역만을 효과적으로 "본다". 그러므로, 광 비임은 원통형 감지 표면으로서 작용하고, 측정 대상은 그 원통형 감지 표면에 의해 측정 된다. 호브 필링 공구의 측정을 위한 사용은 개시되어 있지 않다.

[0012] 대응하는 레이저 측정 브리지가 예컨대 영국의 Wotton-under-Edge에 있는 Renishaw에 의해 제조된 NC4 지정으로 제공되어 있다.

[0013] US 8,411,283 B1에는 기어가 거리 측정으로 측정되는 방법이 개시되어 있다. EP 1 398 598 A1에는, 라인 레이저 및 이미지 캡처링으로 작은 절삭날의 기하학적 구조를 측정하는 것이 제안되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0014] 제 1 양태에서, 본 발명의 목적은, 특히 높은 수준의 정밀도로 측정을 가능하게 하고 자동화 가능하며 또한 비용 효율적이고 간단하고 또한 신속한 방식으로 실시될 수 있는, 호브 필링 공구의 절삭날을 측정하기 위한 측정 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 위의 목적은 청구항 1의 특징적 사항을 갖는 방법으로 달성된다. 추가로, 본 방법을 수행하기 위한 측정 장치가 제공되며, 이 측정 장치는 청구항 19의 특징적 사항을 갖는다. 추가의 실시 형태는 종속 청구항에 제공되어 있다.

[0016] 치형 작업물의 창성 기계 가공을 위한 공구를 측정하기 위한 방법이 제공된다. 이 공구는 공구 축을 중심으로 회전 가능하고 복수의 절삭 치부를 포함한다. 각 절삭 치부는 적어도 하나의 실제 절삭날을 형성한다. 본 방법은 측정 장치를 사용하여 수행된다. 이 방법은 다음과 같은 단계를 포함하고, 그 단계들은 반드시 주어진 순서로 수행될 필요는 없다:

[0017] (a) 가상 공구의 가상 절삭날 상의 가상 접촉점을 계산하는 단계 - 상기 가상 절삭날은 절삭날의 길이 방향을 따라 연장되어 있고 또한 절삭날의 길이 방향에 대해 횡으로 라운딩되어 있음 -;

[0018] (b) 계산된 가상 접촉점에 근거하여, 상기 공구 축과 측정 장치 사이의 상대 배향 및 공구와 측정 장치 사이의 병진 상대 위치를 계산하는 단계;

- [0019] (c) 상기 공구 축과 측정 장치 사이의 계산된 상대 배향 및 공구와 측정 장치 사이의 계산된 상대 위치를 세팅하는 단계; 및
- [0020] (d) 세팅된 상대 배향과 상대 위치에서 상기 실제 절삭날에 대한 측정을 수행하는 단계.
- [0021] 앞의 단계 (a) - (d)는 가상 절삭날을 따른 복수의 가상 접촉점에 대해 수행된다.
- [0022] 이 방법에서, 가상 절삭날을 규정하는 가상 공구가 먼저 고려된다. 이하의 설명에서 알 수 있는 바와 같이, 가상 절삭날은, 공구 축이 측정 장치에 대해 어떻게 정렬되어야 하는지 또한 공구가 측정 장치에 대해 어떻게 위치되어야 하는지를 계산하는 역할을 하고, 그래서 측정이 높은 수준의 정확도로 행해질 수 있다. 가상 절삭날은 미리 규정된 절삭날의 기하학적 구조, 특히, 공구 설계에 따른 원하는 절삭날의 기하학적 구조에 대응한다. 가상 절삭날은 절삭날의 길이 방향을 따른 완벽하게 예리한 날을 형성하지 않고, 오히려, 절삭 표면 또는 존재한다면 절삭 표면 모따기부와 여유면 또는 존재한다면 여유면 모따기부 사이에서 규정된 방식으로 라운딩된다. 따라서 가상 절삭날은 복합 곡면을 형성한다.
- [0023] 공간 곡선은 상기 가상 절삭날 상에 있고, 그 공간 곡선은, 가상 공구가 가상 작업물과 구름 결합을 할 때 복합 곡면이 미리 규정된 원하는 플랭크의 기하학적 구조를 갖는 가상 작업물과 접촉하게 될 점으로 이루어지고, 구름 운동은 실제 공구를 사용하는 실제 작업물의 실제 기계 가공의 경우와 동일하다. 가상 절삭날 상의 점들은 가상 접촉점으로 지정된다. 가상 접촉점으로 이루어진 곡선은 통상적으로 공구의 횡단면에서 연장되지 않는다. 가상 작업물의 축 및 가상 공구의 축에 대한 공간 점(이 점에서 상기 접촉이 모든 구름 위치에 걸쳐 일어남)이 또한 곡선을 형성하고, 이 곡선을 가상 결합선이라고 한다. 가상 접촉점과 관련된 가상 결합선 상의 점은 가상 결합점으로 지정된다. 절삭날 상의 가상 접촉점 및 관련된 공간 가상 결합점은 구름 위치가 가정되는 경우에 대해 동일하며, 그 위치에서 가상 접촉점은 작업물의 원하는 플랭크의 최종 윤곽에 접촉한다. 원하는 기하학적 구조에 대응하는 가상 작업물에는, 구름 접촉 위치에서 가상 결합점과도 일치하는 가상 접촉점이 있다.
- [0024] 선택된 가상 접촉점에 대해, 이제, 공구 축과 측정 장치가 서로에 대해 어떻게 배향되어야 하는지 또한 공구와 측정 장치가 병진 위치에 관해 서로에 대해 어떻게 세팅되어야 하는가 결정되며, 그래서 측정이 가상 접촉점에서 수행될 수 있다(예컨대, 절삭날의 만곡 부분 상의 다른 위치에서는 측정이 수행되지 않음). 특히, 호브 필링 공구에 대해, 이렇게 계산된 배향 위치 병진 위치는 통상적으로, 가상 공구와 가상 작업물 사이의 비스듬한 배치로 인해, 가상 절삭날을 따른 가상 접촉점 간에 변하게 될 것이다.
- [0025] 실제 공구와 측정 장치는 이제 사전에 계산된 방식으로 서로에 대해 세팅된다. 기계의 CNC 축은 바람직하게는 상기 세팅에 사용된다. 측정 장치에 대한 작업물 축의 그렇게 세팅된 배향 및 측정 장치에 대한 공구의 그렇게 세팅된 위치에서, 측정이 실제 공구의 실제 절삭날에서 수행된다. 실제 공구의 절삭날의 기하학적 구조가 계산된 가상 접촉점에서 가상 공구의 것과 다르다면, 측정으로 그 가상 접촉점에서의 편차를 정량화한다. 특히, 측정 장치에 대한 공구의 추가의 상대적인 운동이 측정의 수행을 위해 행해질 수 있는데, 예컨대, 측정을 수행하기 위해, 실제 공구는 공구 축선을 중심으로 회전될 수 있고, 편차는 실제 공구가 회전되어야 하는 회전각의 차로 표시될 수 있고, 그래서 실제 절삭날과 가상 절삭날이 가상 접촉점에서 일치하게 된다.
- [0026] 위의 단계는 가상 절삭날을 따른 하나의 또는 복수의 추가 가상 접촉점에 대해 반복될 수 있다. 이렇게 절삭날은 그의 길이 방향을 따른 복수의 점에서 측정된다. 특히, 위에서 언급된 단계 (a) - (d)는, 실제 절삭날의 기하학적 구조에 대한 충분히 상세한 단언을 가능하게 하기 위해 가상 절삭날을 따른 적어도 5개의 가상 접촉점에 수행될 수 있다.
- [0027] 절삭날 상의 가상 접촉점에 대한 측정치들 사이에 보간법을 사용하기 위해, 실제 절삭날의 묘사를 위한 보상 곡선이, 그 자체 알려져 있는 방식으로 동등화 계산으로 동일한 절삭날 상의 여러 접촉점에 대해 결정된 측정 결과로부터 계산될 수 있다.
- [0028] 공구 축과 측정 장치 사이의 상대 배향을 세팅하기 위해, 공구 축의 배향과 공구의 위치가 고정된 상태에서, 각 경우에 측정 장치의 공간 배향과 위치를 수정하는 것을 생각할 수 있다. 이에 대한 대안으로, 측정 장치가 고정되어 있을 때, 공구 축의 공간 배향과 공구의 공간 위치를 수정하는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 공구 축의 공간 배향을 수정하고 또한 공구의 공간 위치를 세팅하기 위해 필요한 CNC 축이 어쨌든 종종 공작 기계에 이미 존재한다. 따라서, 본 방법을 수행할 때 측정 장치는 공간적으로 고정되어 배치되고 각 가상 접촉점에 대한 상대 배향 및 상대 위치의 세팅은 공구 축의 공간 배향 및 공구의 공간 위치를 수정하여 행해지는 것이 유리하다.

- [0029] 제안된 방법은 다양한 측정 방법에서 사용될 수 있다. 그러나, 이는 특히 공구의 절삭날이 접하는 식으로 감지되는 측정 방법에 적합하다. 이를 위해, 측정 장치는, 비접촉식 또는 접촉식으로 작동하는 감지 수단을 제공할 수 있고, 상대 배향 및 상대 위치는, 감지 수단이 계산된 가상 접촉점에서 접하는 방식으로 가상 절삭날과 접촉하도록 계산 및 세팅된다. 이 경우, 감지 수단은 접촉식으로 작용하는 실제적인 감지 수단(즉, 실제 영구적으로 존재하는 물체), 예컨대, 감지 핑거일 수 있고, 또는 비접촉식으로 작용하는 비실체적인 감지 수단, 예컨대, 광 비임의 형태로 된 감지 수단일 수 있다.
- [0030] 감지 수단이 원통형이고 그래서 원통형 감지 표면을 규정하면 추가의 이점이 얻어지는데, 이 경우, 감지 수단의 원통 축을 따른 공구의 위치는 관련 없기 때문이다. 이는 공구와 측정 장치의 서로에 대한 위치의 세팅을 간단하게 해주고 또한 측정 작업을 간단하게 해준다.
- [0031] 감지 수단이 원통형이면, 감지 수단은 원통 축을 규정하고, 원통형 감지 표면은 원통 축으로부터 원통 반경에 대응하는 거리에서 연장되어 있다. 유리한 설계에서, 상대 배향 및 상대 위치는, 원통형 감지 수단의 원통 축이 계산된 가상 접촉점에서의 가상 절삭날 상의 접평면에 평행하게 연장되어 있고 이때 그 접평면으로부터 원통 반경에 대응하는 거리에 있도록 계산 및 세팅된다. 따라서, 원통형 감지 표면은 가상 접촉점을 포함하고 또한 이 가상 접촉점에서 접하여 가상 절삭날에 접촉한다.
- [0032] 원통형 감지 수단을 전술한 바와 같은 방식으로 사용할 때, 원통 축은 계산된 가상 접촉점에서의 가상 절삭날 상의 접평면에 평행한 면에서 연장되어 있다. 이 경우, 그 면 내에서의 실린더 축의 정렬을 위해 한 자유도가 여전히 남아 있다. 그 정렬은, 원통 축은 실질적으로 가상 작업물의 플랭크 방향(나선각)을 따르도록 유리하게 선택될 수 있다. 원통형 감지 수단의 정렬은 실제적인 감지 수단의 경우에 다른 공구 영역과의 충돌 위험을 감소시킨다. 감지 수단이 광 비임의 형태인 경우에, 정렬은 광 비임이 다른 공구 영역에 의해 가려지는 위험을 감소시킨다.
- [0033] 감지 수단이 광 비임으로 형성되는 경우, 본 방법은 다음과 같이 간단한 방식으로 수행될 수 있는데, 즉, 측정을 수행하기 위해, 공구는 단계 (d)에서 공구 축의 각각 세팅된 상대 배향에서 또한 공구와 측정 장치 사이의 각각 세팅된 상대 위치로 공구 축을 중심으로 회전되며, 광 비임이 절삭날에 의해 차단되는 실제 회전각이 회전 동안에 검출된다. 결과적으로, "L" 신호(광 비임이 차단되지 않음, 검출기 밝음) 및 "0" 신호(광 비임이 차단됨, 검출기 어두움)가 교대로 발생된다. 이에 근거하여, 검출된 실제 회전각과 가상 절삭날에 대해 계산된 원하는 회전각 사이의 편차가 결정될 수 있다. 이 편차는, 원하는 절삭날의 기하학적 구조로부터 실제 절삭날의 기하학적 구조의 편차에 대한 직접적인 척도이다. 제안된 방법의 이점은, 편차는 절삭날의 만족된 부분 상의 미리 규정된 또는 무작위 위치에서 결정되지 않고, 정확하게는, 공구가 미리 규정된 원하는 기하학적 구조를 가지면 작업물과 공구가 최종적으로 접촉하게 될 점에서 결정된다는 것이다. 그러므로, 측정은, 기계 가공 중에 실제로 중요하고 따라서 절삭날이 특히 정확하게 측정되어야 하는 점에서 정확하게 행해진다.
- [0034] 단계 (d)에서의 측정은, 복수의 또는 모든 절삭 치부가 차례 대로 광 비임을 차단하고 또한 다시 차단 해제하도록 공구의 복수의 또는 모든 절삭 치부에 대해 각각 세팅된 상대 배향 및 상대 위치에서 수행될 수 있다. 이렇게 해서, 공구 축과 측정 장치 사이의 상대 배향 및 그의 상대 위치가 측정 간에 수정될 필요 없이, 복수의 절삭 치부가 관련 가상 접촉점에서 신속하게 또한 효율적으로 측정될 수 있다.
- [0035] 다음과 같은 파라미터 중의 적어도 하나가 복수의 또는 모든 절삭 치부에서 측정으로 결정될 수 있다:
- [0036] - 공구의 동심도;
- [0037] - 절삭 치부 중심; 및
- [0038] - 치부 틈 중심.
- [0039] 다음과 같은 변수 중의 하나가 하나의, 복수의 또는 모든 절삭 치부에서 측정으로 결정될 수 있다:
- [0040] - 가상 절삭날을 가지고(특히, 원하는 절삭날을 가지고) 만들어진 가상 플랭크로부터, 실제 절삭날을 가지고 만들어진 플랭크의 프로파일의 편차에 대한 적어도 하나의 척도(예컨대, 프로파일 형태 오차, 피치 오차);
- [0041] - 예컨대 마모로 인해 기계 가공 동안에 나타나는 절삭날의 수정에 대한 적어도 하나의 척도.
- [0042] 본 방법은 추가로 적어도 다음과 같은 단계를 포함한다:
- [0043] (e) 측정 결과에 근거하여 기계 제어기에 대한 적어도 하나의 세팅을 결정하는 단계(세팅에 의해 공구와 작업물

사이의 상대 위치가 작업물의 기계 가공을 위해 세팅됨); 및

[0044] (f) 세팅을 기계 제어기에 전달하는 단계.

[0045] 다시 말해, 작업물에 대한 공구의 세팅은 예컨대 절삭날 상의 마모를 보상하기 위해, 결정된 절삭날의 기하학적 구조에 근거하여 수정될 수 있다.

[0046] 단계 (e)에서 결정된 세팅은 외부 컴퓨터 시스템에 전달될 수도 있고, 이 시스템은 다수의 시점에서 세팅을 저장하고 또한 공구를 다시 예리하게 하기 위해 그 세팅을 처리할 수 있다. 이 경우 전달은 표준적인 인터페이스를 통해 이루어질 수 있다.

[0047] 본 방법은 스크린 상에, 특히 CNC 기계 제어기의 제어 패널의 스크린 상에 측정 결과를 시각화하는 것을 추가로 포함할 수 있다.

[0048] 공구는 특히 호브 필링(창성 스카이빙) 공구 또는 기어 성형 공구일 수 있다.

[0049] 특히, 호브 필링 공구의 경우에, 여기서 제안된 방법은 특별한 이점을 갖는데, 왜냐하면, 공구와 작업물의 회전 축들의 비스듬한 배치 및 본질적으로 비인볼류트형인 복합 절삭날의 기하학적 구조의 결과로, 종래의 측정 방법에서는 통상적으로 충분히 고려되지 않는 특성들이 나타나기 때문이다.

[0050] 특히, 공구는 2016년 10월 21일에 출원된 스위스 특허 출원 CH01412/16에 설명되어 있는 바와 같은 호브 필링 공구일 수 있다. 이 특허 출원의 개시 내용은 전체적으로 본원에 참조로 관련되어 있다.

[0051] 본 방법은 공구가 공구 스핀들에 배치되어 있을 때 수행될 수 있고, 그 공구 스핀들을 통해 작업물의 기계 가공이 또한 수행된다. 다시 말해, 본 방법은 작업물 기계 가공을 또한 수행하는 기계에서 직접 수행될 수 있다. 그러므로, 먼저 공구를 별도의 측정 기계의 스핀들 상에 재클램핑할 필요가 없다. 그러나, 본 방법을 별도의 측정 기계에서 수행하는 것도 생각할 수 있다.

[0052] 기계에서 측정 위치를 보정하기 위한 방법 단계들은 추가적으로 실제 측정 공정의 수행 전에 수행될 수 있다. 이러한 보정 단계는 필요시에 기계 가공 사이클 동안에 반복될 수 있다.

[0053] 그러한 방법을 수행하기 위한 장치는,

[0054] - 공구를 공구 축을 중심으로 회전하게 구동시키기 위한 공구 스핀들;

[0055] - 이미 언급된 측정 장치

[0056] - 공구 축과 측정 장치 사이의 상대 배향을 수정하기 위한 적어도 하나의 피동 피봇 축; 및

[0057] - 공구와 측정 장치 사이의 병진 상대 위치를 수정하기 위한 적어도 하나의 피동 선형 축을 포함한다.

[0058] 그리고 본 장치는 전술한 방법을 수행하기 위해 구성된 제어기를 추가로 포함한다. 방법에 대해 위에서 특정된 고려 사항들은 본 발명에 따른 장치에도 동등하게 해당될 수 있다. 제어기는 특히, 프로세서에 의해 실행되면 제어기가 전술한 방법을 수행하게 하는 소프트웨어를 포함할 수 있다.

[0059] 본 장치는 측정 장치에 대한 공구 축의 공간 배향을 자유롭게 세팅할 수 있기 위해 하나 보다 많은 피봇 축을 포함할 수 있다. 이 경우, 피봇 축은 바람직하게는 서로 평행하지 않고 바람직하게는 서로 직교하여 연장된다. 본 장치는 또한, 대응적으로, 공구와 측정 장치 사이의 병진 상대 위치를 자유롭게 수정할 수 있기 위해 하나 보다 많은 선형 축을 포함할 수 있다. 그래서 2개 또는 3개의 선형 축의 방향은 바람직하게는 수학적인 의미에서 선형적으로 독립적이고 또한 바람직하게는 서로 직교한다.

[0060] 특히, 피봇 축과 선형 축의 배치는 다음과 같은 규칙에 따라 이루어질 수 있다:

[0061] - 측정 장치는 기계 베드에 고정적으로 배치되고, 공구의 공간 정렬 및 위치설정은 적어도 하나의 선형 축 및 적어도 하나의 피봇 축에 의해 행해지고, 또는

[0062] - 측정 장치는 변위 가능한 슬라이드에 고정적으로 배치되고, 이 슬라이드는 적어도 선형 축을 따라 변위 가능하고, 또한 공구의 정렬 및 위치 설정은 적어도 하나의 피봇 축에 의해 행해진다.

[0063] 양 실현 예에서, 공구 및/또는 측정 장치를 위한 추가의 피봇 및/또는 선형 축이 제공될 수 있다.

[0064] 특히, US 6,565,418 B1 또는 US 5,857,894에서와 같은 기계 개념에 따른 공지된 기어 제작 기계의 공구 캐리어에는, 연삭 헤드 대신에 호브 필링 헤드가 배치될 수 있다. 측정 장치는 다음과 같이 그 기계에 배치될 수 있

다:

[0065] (i) US 6,565,418 B1에 따른 공지된 기어 제작 기계의 기계 개념의 경우에, 기계 베드에 대해 변위 가능한 공구 캐리어에 호브 필링 공구가 배치된다. 기계 베드는 운동 가능한, 특히 변위 가능한 작업물 캐리어를 추가로 지니고 있다. 측정 장치는 그 작업물 캐리어에 배치될 수 있고, 운동 가능한 작업물 캐리어에 의해 주차 위치로부터 측정 위치로 움직일 수 있다. 상기 기계 개념의 경우에, 호브 필링 헤드를 갖는 운동 가능한 공구 캐리어는 3개의 선형 축(X, Y, Z) 및 피봇 축(A)과 회전 축(B)을 실현한다. 또한, 측정 장치와 함께 작업물 캐리어를 주차 위치로부터 측정 위치로 또한 그 반대로 움직이는 추가의 선형 또는 피봇 축(C\*)이 존재한다. 운동 가능한 작업물 캐리어는 추가의 목적을 위한 역할을 할 수 있다. 특히, 적어도 하나의 작업물 스핀들이 기계 가공될 작업물을 클램핑하기 위해 그 운동 가능한 캐리어에 배치될 수 있다.

[0066] (ii) US 5,857,894에 따른 기계 개념의 경우에, 호브 필링 공구는, 기계 베드에 대해 변위 및 피봇 가능한 공구 캐리어에 배치된다. 기계 베드는 작업물 스핀들을 갖는 고정식 작업물 캐리어를 추가로 지니고 있다. 그리고 측정 장치는 그 기계 베드에 고정식으로 배치될 수 있다. 상기 기계 개념의 경우에, 호브 필링 헤드를 갖는 운동 가능한 공구 캐리어는 3개의 선형 축(X, Y, Z) 및 피봇 축(A)과 회전 축(B)을 실현한다. 또한, 추가의 선형 또는 피봇 축(C\*)이 존재하는데, 하지만, 이는 공구 캐리어를 피봇팅시키기 위한 것이다(전술한 기계 개념의 경우에서 처럼, 작업물 캐리어를 피봇팅시키기 위한 것은 아님). 이 경우, 공구 캐리어는, 공구 스핀들에 장착된 공구가 작업물과 결합할 수 있는 작동 위치와, 공구가 측정 장치와 상호 작용하는 측정 위치 사이에서 바람직한 방식으로 운동 가능한데, 특히 피봇 가능하다.

[0067] 이미 설명한 바와 같이, 측정 장치는, 비접촉식 또는 접촉식으로 작동하는 감지 수단을 제공할 수 있고, 제어기는, 감지 수단이 계산된 가상 접촉점에서 접하여 가상 절삭날과 접촉하도록 상대 배향 및 상대 좌표를 계산 및 세팅할 수 있다. 이 경우, 언급한 바와 같이, 감지 수단은 원통형인 것이 유리하다.

[0068] 측정 장치는 특히 광 배리어를 형성할 수 있다. 이를 위해, 광원 및 광 검출기를 포함하고, 광원은 광 검출기로 향하는 광 비임을 발생시키도록 구성된다. 이 경우, 감지 수단은 비접촉식으로 작용하고 또한 광 비임의 적어도 하나의 영역으로 형성된다. 바람직하게는, 광원과 광 검출기는 광 비임의 원통형 비임 영역이 감지 수단으로서 효과적으로 작용하도록 구성된다. 제어기는, 공구 축의 세팅된 상대 배향에서 또한 세팅된 상대 좌표로 측정을 수행하기 위해 공구 스핀들이 공구를 공구 축을 중심으로 회전시키도록 공구 스핀들과 상호 작용한다. 그리고 광 검출기는, 광 비임이 절삭날에 의해 차단되는 실제 회전각을 회전 동안에 검출하도록 구성되어 있다. 광원은 특히 레이저를 포함할 수 있고, 그래서 측정 장치는 레이저 브리지를 형성하게 된다. 레이저는 특히 원통형의 비임을 발생시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0069] 이하 도면을 통해 본 발명의 바람직한 실시 형태를 설명하며, 도면은 단지 설명을 위한 것이고 한정적인 방식으로 해석되어서는 안 된다.

도 1은 작업물 및 공구 할당을 호브 필링 기계의 호브 필링 공구와 측정 장치 및 추가 모듈과 함께 나타낸 사시도를 나타낸다.

도 1a는 도 1의 영역(D1)의 확대 상세도를 나타낸다.

도 2는 호브 필링 공구의 절삭 치부의 사시도로, 공구 스핀들은 수직 배향을 가지며, 축방향으로 평행한 원통형 감지 표면이 고정된 배향으로 절삭날에 접하고 있다.

도 3은 비스듬한 배향(기계 가공시의 배향과 유사함)을 갖는 호브 필링 공구의 절삭 치부의 사시도로, 원통형 감지 표면이 다양한 배향으로 절삭날에 접하고 있다.

도 3a는 접촉점(m1)에서 도 3의 면(S1)에서의 확대 단면도를 나타낸다.

도 3b는 접촉점(m2)에서 도 3의 면(S2)에서의 확대 단면도를 나타낸다.

도 3c는 접촉점(m3)에서 도 3의 면(S3)에서의 확대 단면도를 나타낸다.

도 3d는 접촉점(m4)에서 도 3의 면(S4)에서의 확대 단면도를 나타낸다.

도 3e는 접촉점(m5)에서 도 3의 면(S5)에서의 확대 단면도를 나타낸다.

도 4는 원통형 감지 표면의 위치를 도시하기 위해 가상 공구와 결합하고 있는 가상 작업물의 사시도를 나타낸다.

도 4a는 도 4의 영역(D2)의 확대 상세도를 나타내며, 만곡된 치부 플랭크를 더 잘 나타내기 위해 표면 곡선이 또한 나타나 있다.

도 5는 작용 절삭날의 접촉점에서 5개의 측정 트랙 및 관련된 원통형 감지 표면을 갖는 도 3에 따른 절삭 치부의 다른 사시도를 나타낸다.

도 5a는 5개의 접촉점의 관련된 Z 값을 갖는도 5에 따른 절삭 치부의 측면도를 나타낸다.

도 5b는 5개의 측정 트랙 및 관련된 각위치를 갖는도 5에 따른 절삭 치부의 상면도를 나타낸다.

도 6은 도 3 및 5에 따른 절삭 치부의 다른 사시도를 나타낸다.

도 6a는 비스듬한 배향(기계 가공시의 축 위치와 유사함)을 갖는 도 6의 면(S1)에서의 개략적인 단면도를 나타낸다.

도 6b는 레이저 비임이 접촉점(m1)에서 수직 배향으로 접해 있는 도 6의 면(S1)에서의 개략적인 단면도를 나타낸다.

도 6c는 비스듬한 배향(기계 가공시의 축 위치와 유사함)을 갖는 도 6의 면(S5)에서의 개략적인 단면도를 나타낸다.

도 6d는 레이저 비임이 접촉점(m5)에서 수직 배향으로 접해 있는 도 6의 면(S5)에서의 개략적인 단면도를 나타낸다.

도 7은 호브 필링 공구를 시험할 때 수직 배치 레이저 브리지 및 대응하는 L/O 신호 대역의 개략적 표현의 사시도를 나타낸다.

도 7a는 도 7의 영역(D3)의 확대 상세도를 나타내며, L 및 O 신호와 공구의 동심도가 개략적으로 나타나 있다.

도 8은 예컨대 75개의 절삭 치부를 갖는 호브 필링 공구의 가상 접촉점에서의 측정치를 개략적으로 나타내는 선도로, 실제 값, 계산된 보상 곡선, 절삭 치부 중심, 치부 피치 및 공차 범위가 개략적으로 나타나 있다.

도 9는 수직 방향으로 배향된 레이저 브리지 및 공구 스핀들을 갖는 구성의 측면도를 나타낸다.

도 9a는 측정을 위한 회전 및 선형 축을 갖는 도 9에 따른 사시도를 나타낸다.

도 10은 레이저 브리지 및 공구 스핀들이 경사지게 배치되어 있는 구성의 측면도를 나타낸다.

도 10a는 도 10에 따른 사시도를 나타낸다.

도 11은 스캐닝, 촉각식 감지 장치를 갖는 구성의 사시도를 나타낸다.

도 11a는 도 11의 영역(D4)의 확대 상세도를 나타낸다.

도 12는 변위 가능한 공구에 있는 호브 필링 헤드 및 피봇 가능한 작업물 캐리어에 있는 2개의 작업물 스핀들을 갖는 호브 필링용 기어 제작 기계의 사시도를 나타내며, 작업물 캐리어는 측정 장치를 지니고 있다.

도 12a는 도 12의 영역(D5)의 확대 상세도를 나타낸다.

도 13은 변위 및 피봇 가능한 캐리어에 있는 호브 필링 헤드를 갖는 호브 필링용 작업물 스핀들을 갖는 기어 제작 기계의 사시도를 나타내며, 측정 장치는 기계 베드에 고정적으로 배치된다.

도 13a는 도 13의 영역(D6)의 확대 상세도를 나타낸다.

도 14는 보정 맨드릴로 보정을 하기 위한 사시도로, 레이저 브리지가 경사지게 배치되어 있다.

도 14a는 Y 방향의 축 배향을 갖는 도 14의 정면도를 나타낸다.

도 14b는 X 방향의 축 배향을 갖는 도 14의 정면도를 나타낸다.

도 15는 스캐닝, 촉각식 감지 장치로 작업물의 후 가공 측정을 위한 구성의 사시도를 나타낸다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0070] 원통형 기어에 적용 가능한 용어 및 치부의 기하학적 구조는 DIN ISO 21771:2014-08 표준에 규정되어 있고, 본 명세서에서는 그 표준에 따라 이해된다.
- [0071] 도면은 본 발명에 따른 방법의 실시 형태를 개략적으로 또한 확대하여 도시한다. 모든 도에서 동일하거나 유사한 표면, 축, 각도 또는 추가 요소에 대해 동일한 부호가 사용된다. 가상 대상물 및 가상 공구, 가상 작업물 등은, 대응하는 실제 대상물에 대한 참조 부호에 붙여지는 문자 "v"로 나타나 있다. 도면에 대한 설명은 일반적으로 외부 기어의 호브 필링에 대한 것이다. 유사한 관찰이 내부 치부의 호브 필링에도 적용된다.
- [0072] 본 발명에 따른 방법의 예시적인 실시 형태는 이하에서 특히 실제 호브 필링 공구(1) 및 가상 호브 필링 공구(1v)를 통해 설명된다. 호브 필링 공구(1 또는 1v)는 기어형이고, 복수의 절삭 치부(14)를 포함하고(예컨대, 도 2 참조), 각 절삭 치부는 공구의 끝면의 영역에서 라운딩된 잘삭날을 형성한다. 그 공구는 도면에서 아주 단순화된 상태로 나타나 있음을 말해 둔다. 이하의 고려는 스텝 컷 또는 다른 기하학적 설계를 갖는 것을 포함하여 다른 호브 필링 공구에도 적용될 수 있다.
- [0073] 도 1은 현대의 CNC 호브 필링 기계(22)의 선택된 요소의 사시도를 예시적으로 나타낸다. X, Y 및 Z 방향을 규정하는 직각 좌표계(K)가 호브 필링 기계에서 방향을 설명하기 위해 사용된다. 그 좌표계의 원점은 작업물 중심 또는 작업물 축(C)에 위치된다. CNC 제어기(8)는 기계 축선(A, B, C, X, Y, Z)을 작동시키기 위한 역할을 한다. 제어 패널(9)이 CNC 제어기(8)의 작업자를 위한 인터페이스를 형성한다.
- [0074] 기계는 작업 공간(20)을 규정한다. 기계는 기계 베드(6)를 포함한다. 본 예에서, 작업물 스핀들(4)은 Y 방향으로 변위 가능한 CNC-제어 가능한 슬라이드(5)에 배치된다. 작업물(3)은 클램핑 수단(도면에는 나타나 있지 않음)에 의해 작업물 스핀들(4)에 클램핑된다. 작업물 스핀들(4)은 작업물 축(C)을 중심으로 회전 가능하고, 그 작업물 축은 본 예에서는 수직 방향이다. 메싱 프로브(7)는, 작업물(3)을 충돌 없이 호브 필링 공구(1)와 맞물리게 하기 위해 작업물 축(C)에 대한 작업물(3)의 치부 틈의 각위치를 비접촉식으로 결정하기 위한 역할을 한다.
- [0075] 호브 필링 공구(1)는 작업물 스핀들(2)에 장착되고 공구 축(B)을 중심으로 회전 가능하다. 공구 축(B)은 수직에 대해 공구 세팅 각도( $\Sigma$ )로 축선(A)을 중심으로 회전될 수 있고, 피봇 축(A)은 본 예에서 축(X)에 평행하다. 이를 위해, 기계(22)는 공지된 방식으로 공구 캐리어(도면에는 나타나 있지 않음)를 포함할 수 있고, 피봇체가 그에 피봇 가능하게 체결되어 있고, 공구 스핀들(2)은 그 피봇체에 체결된다. 공구 스핀들(2)은 기계 베드(6)에 대해 X 및 Z 방향을 따라 슬라이드(나타나 있지 않음)(이하 기계 축이라고도 함)에 의해 변위 가능하다. 이에 대한 대안으로, CNC 호브 필링 기계(22)에 고정 작업물 스핀들(4)이 제공되어 있으면, 공구 스핀들(2)은 Y 방향으로도 변위 가능하다.
- [0076] 기계(22)는 추가로 레이저 브리지(11)를 포함한다. 레이저 브리지는, 수직 방향으로 연장되는(Z 방향으로) 레이저 비임을 발생시키는 레이저 형태의 광원, 및 대상물에 의한 레이저 비임의 차단을 검출하는 광 검출기를 포함한다. 레이저 비임은 작업물 축(C)에 대해 거리를 두고 연장되고, 레이저 비임은 X 축을 따른 양(xm) 및 Y 축을 따른 양(ym) 만큼 작업물 축(C)으로부터 이격되어 있다. 본 예에서, 레이저 브리지(11)는 기계 베드(6)상에 있는 변위 가능한 슬라이드(5)에 고정적으로 배치된다. 측정에 필요한 모든 운동은 회전 및 병진 운동 기계 축(A, B, X, Y, Z)에 의해 수행된다. 특히, 작업물(3)을 기계 가공하기 위한 축 위치로부터 시작하여, 공구 스핀들(2)은 병진 운동 축선(X, Z)을 따라 움직이고, 피봇 축(A)을 중심으로 각도 위치( $\Sigma 1$ )로 피봇팅되어 적절한 배향으로 된다. 그런 다음에, 이격된 레이저 브리지(11)가 Y 캐리지(5)를 변위시켜 호브 필링 공구(1)를 측정하기 위한 축선 위치로 움직인다. 이에 대한 대안으로 레이저 브리지(11)가 고정적으로 기계 베드(6)에 배치되면, 모든 병진 운동 축(X, Y, Z)이 공구 스핀들(2)에 할당된다.
- [0077] 레이저 브리지(11)의 고정 배치의 매우 단순화된 실현시에, 단지 하나의 선형 축이 공구(1)의 선형 위치 설정에 사용될 수 있다. 이 경우, X 축은 공구(1)를 작업물(3)로부터 측정을 위한 축 위치로 변위시킬 것이다. 레이저 브리지(11)가 원통형 레이저 비임(12)과 함께 사용된다면 Z 축은 절대적으로 필요한 것은 아닌데, 하지만 없다면 정확도 면에서 불리하게 될 것이다. 대조적으로, Y 축이 없으면, 아래에서 부분적으로 설명되는 측정 방법이 제한될 것이다.
- [0078] 측정 브리지(11)와 공구(1)의 상대적인 위치 및 정렬은 또한 전술한 바와는 다른 방법으로 실현될 수도 있다.
- [0079] 추가로, 측정 위치(Mp)를 갖는 가상 공구(1v)가 도 1에 나타나 있다. 이 가상 공구(1v)의 중요성은 아래에서 도 1a와 관련하여 더 상세히 설명한다.

- [0080] 도 1a는 레이저 브리지(11)의 영역(D1)에 대한 확대 상세도를 나타내는데, 가상 공구(1v)는 비스듬히 배치되어 있고, 가상 호브 필링 공구(1v)와 구름 결합하는 가상 작업물(3v)이 나타나 있다. 도 1a에는 복수의 기준면(Mxy, Mxz, Myz, Bxy)이 또한 나타나 있다. 이 경우, 기준면(Mxy, Mxz, Myz)은 레이저 브리지(11)의 위치와 배향을 규정한다. 특히, 본 예에서, 기준면(Mxz)은 레이저 비임(12)을 포함하고 레이저 브리지의 하우징을 통해 연장된다. 기준면(Myz)도 레이저 비임(12)을 포함하고 기준면(Mxy)에 수직하게 연장된다. 기준면(Mxy)은 수평으로 또한 두 수직 기준면(Mxz, Myz)에 수직하게 연장된다. 이는 레이저 브리지의 중심을 규정한다. 측정점(Mp)은 면(Mxy, Mxz, Myz)의 공통 교차점에 위치된다. 기준면(Bxy)은 공구축(B)에 수직하게 연장되고, 가상 공구(1v)의 횡단면을 나타내고, 이 횡단면은 가상 공구(1v)의 절단날을 통해 연장된다.
- [0081] 가상 공구(1v)와 가상 작업물(3v)은 서로 구름(창성) 결합을 한다. 가상 작업물(3v)은 미리 규정된 원하는 플랭크의 기하학적 구조를 갖는다. 가상 공구(1v)는 도 2, 3, 5 및 6에 일 예로 나타나 있는 바와 같이 복수의 가상 절삭 치부를 포함한다. 각 절삭 치부는 라운딩된 가상 절삭날을 규정한다. 가상 절삭날은 공구(1v)와 작업물(3v)의 구름 운동으로 작업물(3v)의 미리 규정된 원하는 플랭크의 기하학적 구조를 생성하도록 구성되어 있다. 가상 공구(1v)와 가상 작업물(3v)은 기껏해야 하나의 단일 가상 접촉점에서 구름 운동을 할 때 임의의 점에서 미리 규정된 플랭크 상에서 서로 접촉한다. 구름 운동 중에, 접촉은 치부 뿌리에서 치부 선단으로 가면서 접촉점으로부터 라운딩된 절삭날 상의 접촉점으로 이동하고 그 반대도 가능하다. 가상 공구(1v)의 회전 운동 때문에, 가상 결합선은 공간에서 복합곡선을 나타낸다. 공간에서 가상 결합점의 위치는, 공구 설계가 알려져 있다면 가상 공구(1v)의 고려되는 가상 접촉점에 따라 쉽게 계산될 수 있다.
- [0082] 가상 공구(1v)의 가상 접촉점이 가상 작업물(3v)과 접촉하고 가상 결합점과 일치하는 구름 위치에서, 레이저 비임(12)이 나선각을 따라 가상 작업물(3v)의 플랭크 중의 하나에 실질적으로 평행하게 정렬되고 또한 정확하게 가상 결합점을 통해 연장되도록, 도 1a에서 가상 작업물(3v)과 가상 공구(1v)가 배향 및 위치된다. 그러므로, 레이저 비임(12)은 도 1a에서 가상 공구(1v)의 절삭날 상의 한 점을 통과하고, 거기서 절삭날은, 가상 접촉점에서 가상 작업물(3v)의 플랭크에 접하여 또한 가상 접촉점에서 가상 공구(1v)의 절삭날에 접하여, 가상 작업물(3v)의 플랭크에 접촉한다. 이에 필요한 가상 공구(1v)의 정렬 및 위치는 절삭날을 따른 각 가상 접촉점에 달려 있다. 따라서 절삭 치부의 치부 뿌리 근처에 있는 가상 접촉점은 치부 선단 근처에 있는 가상 접촉점과는 다른 가상 공구(1v)의 배향 및 위치를 필요로 한다. 가상 공구(1v)의 필요한 정렬 및 위치는 절삭날 상의 각 가상 접촉점에 대해 쉽게 계산될 수 있다.
- [0083] 실제 공구(1)에서의 측정을 위해, 실제 공구는, 도 1a에서 가상 공구(1v)가 위치되는 위치 및 배향으로 정확하게 움직인다. 그런 다음에 실제 공구는 공구축(B)을 중심으로 회전되고, 실제 공구의 절삭 치부가 레이저 비임(12)을 차단하는 회전각이 관찰된다. 실제 공구(1)의 절삭날의 기하학적 구조가 선택된 접촉점에서 가상 공구(1v)의 절삭날의 기하학적 구조와 일치하지 않으면, 이런식으로 결정된 회전각은, 가상 공구(1v)가 레이저 비임을 차단할 회전각에 대해 편차를 가질 것이다. 이 편차는 선택된 가상 접촉점에서 가상 절삭날의 기하학적 구조로부터 실제 절삭날 기하학적 구조의 편차에 대한 측정치이다.
- [0084] 이제 측정은 가상 공구(1v)의 절삭날을 따른 추가의 가상 접촉점에 대해 반복된다.
- [0085] 측정 동안에, 레이저 비임(12)은 각 경우에 회전 공구에서 볼 때 기준면(Bxy)에서 원형 경로를 그리하게 된다. 원형 경로의 반경은 가상 공구(1v)의 절삭날 상의 가상 접촉점에 달려 있다. 절삭 치부의 치부 뿌리 상의 가상 접촉점에 대해, 반경은 치부 선단 상의 가상 접촉점의 경우 보다 작다. 대응하는 원형 경로는 아래에서 측정 트랙이라고 한다. 도 1a는 기준(R3)이 제공되어 있는 측정 트랙 중의 하나를 나타낸다. 실제로, 적어도 5개의 측정 트랙에 대한 측정이 상이한 반경으로 수행되고, 접촉점은 대응하는 측정 트랙의 상이한 반경을 규정한다. 측정 트랙의 각 접촉점 또는 각 반경에 대해, 측정은 공구(1)와 레이저 브리지(11) 사이의 다른 상대 위치에서 행해진다. 그 위치는, 실제 기계 가공의 경우에 절삭날이 작용하는 절삭날 상의 점에서, 즉 기계 가공 중의 점 접촉점에서 측정이 일어나도록 선택된다. 결과적으로, 측정 오차가 회피되는데, 공구가 절삭날 상의 상이한 가상 접촉점에 대해 단순히 항상 동일한 배향에서 측정되면 그 측정 오차가 생길 것이다. 이는 도 2 및 3을 통해 아래에서 더 상세히 설명한다.
- [0086] 도 2는 호브 필링 공구(1)의 한 절삭 치부(14)를 나타내는데, 공구 스핀들(2)은 수직 배향(B)을 가지며, 절삭 치부는 공구 설계에 따라 정확하게 제조되었다. 절삭 치부(14)는 좌측 절삭날(28)과 우측 절삭날(29)을 포함한다. 절삭 표면 모따기부(19)가 각 경우에 절삭 표면(18)과 절삭날 사이에 형성되어 있다. 도 2는 본 발명에 따르지 않은 방법을 설명하는데, 여기서, 절삭날에 걸친 접촉점의 진행을 고려함이 없이 측정이 절삭날에서 행해진다. 도 2의 방법에서, 측정은 절삭날을 따른 모든 위치에 대해 항상 공구(1)와 레이저 비임(12) 사이의 동

일한 상대적 배향으로 행해진다. 이를 위해, 도 2의 레이저 비임(12)은 원통형 감지 표면인 것으로 이해되며, 공구(1)와 레이저 비임 사이의 상대적 위치에 따라 T1 내지 T5로 나타나 있다. 상기 방법의 경우에, 각각의 절삭날에서 측정될 위치에 무관하게, 원통형 감지 표면(T1 - T5)은 공구축(B)에 항상 평행하다. 공구가 레이저 비임을 통과하면서 회전되면, 레이저 비임 또는 감지 표면은 그 공구에 대해 원형 경로(R1 - R5)를 그리게 된다. 이 경우, 절삭날(28)은 그의 최외측 가장자리, 즉 인접 여유면 쪽의 가장자리(16)에서 항상 레이저 비임을 차단하고, 또한 최외측 가장자리에서 레이저 비임을 다시 차단 해제한다. 그러나 절삭날(28)이 레이저 비임을 차단하는 위치는 작업물 기계 가공 동안에 절삭날과 작업물 사이의 실제 접촉점에 대응하지 않는다. 공구와 작업물의 비스듬한 배치 때문에 실제 접촉점은 일반적으로 라운딩된 절삭날에서 여유면으로부터 더 멀리 떨어져 위치된다. 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, 측정 오차가 상기 편차의 결과로 생길 수 있다. 절삭날이 라운딩되어 있는 반경은 통상적으로 마이크로미터 범위 내에 있으므로, 종래의 방법의 결과로 측정 오차는 마이크로미터 범위 내에 있다.

[0087] 본 발명에 따른 방법을 도 3 및 도 3a - 3e를 통해 더 상세히 설명한다. 도 3은 공구 설계에 따라 정확하게 제조된 절삭 치부(14)를 다시 한번 나타내는데, 하지만, 그 절삭 치부는 각도( $\Sigma$ ) 만큼 경사진 배향으로 나타나 있다. 치부(14)의 좌측 절삭날(28)(아래에서 간단히 절삭날(S)이라고도 함)에는 접촉점(m1 - m5)이 제공되어 있고, 이 접촉점에서 절삭날은 작업물의 기계 가공 동안에 마무리된 작업물의 치부 플랭크와 접촉하게 될 것이며, 각 접촉점(m1 - m5)은 공구와 작업물 사이의 상이한 구름 각도에 대응한다. 접촉점(m1 - m5)은 공구 설계로부터 쉽게 계산될 수 있다. 접촉점은 라운딩된 절삭날을 가로질러 연장되어 있는 경로에 있다. 접촉점(m1 - m5) 사이의 연결부는 보상 곡선(17)으로 형성된다. 상기 경로는 도 2의 가장자리(16)로부터 상당히 벗어나 있음을 알 수 있다.

[0088] 본 발명에 따른 방법은 상기 편차를 고려한다. 각 접촉점(m1 - m5)에 대해 공구축은 수직에 대해 상이한 각도( $\Sigma$ )로 경사지며, 그래서 레이저 비임(12) 또는 원통형 감지 표면(T1 - T5)은 각 경우에 관련 접촉점(m1 - m5)에서 접하여 절삭날과 접촉한다. 이에 필요한 각도( $\Sigma$ )의 값은 공구 설계에 근거하여 쉽게 계산될 수 있다. 이렇게 해서, 접촉점의 경로를 따른 절삭날의 기하학적 구조가 측정의 결과로 정확하게 결정될 수 있다. 여기서, 다음이 적용되는데, 즉 절삭날에 수직인 표면은 각각의 접촉점(m1 - m5)에서 작업물의 기계 가공된 플랭크에 항상 수직이고, 그에 대응적으로 레이저 비임 또는 원통형 감지 표면(T1 - T5)은 상기 수직에 대해 항상 직각으로 있다.

[0089] 도 3a 내지 3e는 접촉점(m1 - m5)에서의 기하학적 조건을 면(S1 - S5)에서의 확대 단면으로 개략적으로 나타낸 것이다. 도 3a 내지 3d에 대해 대표적으로, 도 3e는 여기서 관련되어 있는 모든 참조 부호를 나타낸다(접촉점(m5), 반경(r5), 절삭 표면(18), 절삭 표면 모따기부(19), 접촉점의 공간 운동 경로(24), 절삭날에서의 수직선(32)). 접촉점(m1 - m5)의 위치가 만곡 부분에서 접촉점 간에 어떻게 변하는지 또한 그에 접하는 원통형 감지 표면(T1 - T5)의 방향이 대응적으로 공구축(B)에 대해 어떻게 변하는지를 알 수 있다. 라운딩된 우측 가상 절삭날(29)이 측정되는 경우, 변경된 축 위치에서 추가의 측정 사이클이 실행된다.

[0090] 도 4 및 4a는 가상 공구(1v)로 기계 가공되는 가상 작업물(3v)을 나타낸다.

[0091] 가상 작업물(3v)은 가상 공구(1v)로 마무리된 작업물에 대응한다. 공간 내에서 원통형 감지 표면(여기서는 감지 표면(T3)) 또는 레이저 비임(12)의 위치를 상기 도면을 통해 다시 설명할 것이다. 가상 공구(1v)의 공구축(B)은 각도( $\Sigma$ ) 만큼 측정 위치로 피봇된다. 가상 공구(1v)의 우측 절삭날(29)은 접촉점(m3)에서 가상 작업물(3v)의 만곡된 치부 플랭크(Cz)와 접촉한다. 만곡은 표면 만곡부(13)로 나타나 있다. 지금 레이저 비임(12)의 감지 표면(T3)은, 감지 표면(T3)이 접촉점(m3)과 관련된 접평면(Ct)에서 만곡 치부 플랭크(Cz) 상에 있고 또한 플랭크 방향으로, 즉 나선각(각도( $\beta$ 3)로 나타나 있음)의 방향으로 정렬되도록, 연장되어 있다.

[0092] 도 5, 5a 및 5b는 5개의 접촉점(m1 - m5), 이와 관련된 5개의 측정 트랙(R1 - R5), 및 그와 관련된 5개의 원통형 감지 표면(T1 - T5)을 갖는 절삭 치부(14)의 다양한 도를 나타낸다. 도 5는 도 3과 유사하게 사시도를 나타낸다. 도 5a는 절삭 치부(14)의 측면도를 나타낸다. 개별 접촉점(m1 - m5) 각각은 Z 축을 따른 서로 다른 위치(Z1 - Z5)를 가짐을 알 수 있다. 그러므로 접촉점은 Z 축에 수직인 공통 면에 있지 않다. 따라서, 공구의 Z 위치는 다양한 접촉점(m1 - m5)에서의 측정 각각을 위해 수정되어야 한다.

[0093] 도 5b는 절삭 치부(14)의 상면도를 나타낸다. 절삭 치부(14)를 갖는 호브 킬링 공구(1)가 예컨대 측정 트랙(R1) 상에서 원통형 감지 표면(T1)을 지나 이동하면, 절삭날이 접촉점(m1)에서 감지 표면(T1)과 접촉하는 회전각( $\Phi$ 1)이 레이저 브리지의 0 신호의 검출로 결정될 수 있다. 회전각( $\Phi$ 2 -  $\Phi$ 5)은 추가의 측정 트랙(R2 - R5)에 대해 유사하게 검출되며, 원통형 감지 표면(T2 - T5) 각각은 공구축(B)에 대한 수정된 각위치를 갖는다.

회전각의 검출로 절삭날(S) 상의 접촉점의 정확한 이미지를 얻을 수 있다.

- [0094] 도 6은 도 3과 유사하게 절삭 치부(14)의 사시도를 다시 한번 나타내고, 단지 2개의 접촉점(m1, m5)만이 관련 절단면(S1, S5) 및 관련 감지 표면(T1, T5)과 함께 나타나 있다. 감지 표면은 다시 한번 레이저 비임(12)으로 실현될 수 있다. 도 6a 내지 6d는 면(S1, S5)에서 절삭 치부(14)를 통과한 단면을 개략적으로 나타내고, 이하의 설명이 적용된다:
- [0095] - 도 6a는, 면(S1)에서, 기계 가공을 위한 축 위치에서의 단면을 나타내고, 도 6b는 접촉점(m1)을 측정하기 위한 축 위치에서의 단면을 나타낸다.
- [0096] - 도 6c는, 면(S5)에서, 기계 가공을 위한 축 위치에서의 단면을 나타내고, 도 6d는 접촉점(m5)을 측정하기 위한 축 위치에서의 단면을 나타낸다.
- [0097] - 기계 가공을 위한 관련 축 위치에서, 원통형 감지 표면(T1, T5)은 항상 공간적으로 고정되어 또한 수직으로 배치된다.
- [0098] 공구를 기계 가공을 위한 축 위치로부터 제 1 접촉점(m1)에서의 측정을 위한 축 위치로 이동시키고 또한 공구를 원통형 감지 표면에 대해 정렬시키기 위해, 가용 기계 축이 사용된다. 이를 위해, 공구 스핀들(2) 및 본 발명의 실시예에 따라서는 작업물 스핀들(4)도 병진 운동 축(X, Y)에 의해 측정 위치(Mp)로 이동한다. 공구 스핀들(2)은 처음에 여전히 원래의 세팅 각도( $\Sigma$ )로 있다. 추가의 축(Z)에 의해, 절삭 치부(14) 상의 제 1 접촉점(m1)은 수평면(Mxy)의 높이에 있는 레이저 비임(12)의 중심 안으로 이동된다(도 1a 참조). 필요한 경우, X 및 Y 축은 이러한 목적으로 다시 한번 사용된다. 축이 측정을 위해 배향되면, 공구 스핀들(2)은 피벗 축(A)에 의해 새로운 세팅 각도( $\Sigma_1$ )로 피벗되고, 이전의 공구 세팅 각도( $\Sigma$ )는 접촉점(m1)에서 나선각( $\beta_1$ ) 만큼 보정된다. 결과적으로, 세팅은 기계 가공을 위한 축 위치로부터 선택된 접촉점에서의 측정을 위한 축 위치로 변경된다. 공구 세팅 각도( $\Sigma_1$ )로 피벗되면, 공구 스핀들(2)은 규정된 회전 속도(nB)에서 적어도 한번의 완전한 스핀들 회전을 수행하고, 레이저 비임이 절삭날에 의해 차단되는 회전각도( $\Phi$ )가 검출된다. 제 1 측정 후에, 공구 스핀들(2)은 다음 접촉점(m2)에서의 측정을 위한 축 위치로 이동되고, 접촉점(m5)에서의 측정까지 절차가 유사하게 반복된다. 상기 측정의 절차는 반대의 순서로 행해질 수도 있다. 절삭날의 일측에 있는 접촉점이 측정되면, 절삭날의 다른 측에 있는 접촉점이 유사하게 측정된다. 공구 스핀들(2)의 동일하거나 수정된 회전 방향이 이러한 목적으로 사용될 수 있다.
- [0099] 비접촉식으로 작용하는 레이저 비임(12)으로, 60 U/min 보다 큰 스핀들 회전 속도(nB)가 측정시 아무런 문제 없이 사용될 수 있다. 따라서, 적어도 5개의 측정 트랙(R1 - R5)을 사용하는 전체 측정이 5 초 내지 10 초 미만으로 수행될 수 있다. 보통, 5회의 측정 사이클 후에, 충분한 측정치가 수용되어 CNC 제어기(8)에 테이블 형태로 저장된다. 그 값은 필요시에 측정 기술에 통상적인 방법을 사용하여 평가될 수 있다. 필요하다면, 측정 사이클의 수는 증가될 수 있다. 본 예에서, 레이저 비임(12) 또는 감지 표면(T1 - T5)은 수직으로 배치된다. 그러나, 이 대신에, 레이저 비임은 공간에서 다른 원하는 배향을 가질 수 있다. 다른 식으로 배치되는 레이저 비임 또는 다른 식으로 배치되는 감지 표면의 경우에, 기계 가공을 위한 축 위치로부터 측정을 위한 축 위치(각 경우에 측정될 접촉점과 관련되어 있음)로의 세팅 변경은 유사한 방식으로 행해진다.
- [0100] 도 7은 수직 레이저 비임(12)을 갖는 측정 장치(11)를 나타내고, 접촉점(m3)을 갖는 가상 호브 필링 공구(1v)가 측정 위치(Mp)에 위치해 있다. 이와 관련하여, 가상 호브 필링 공구(1v)는 횡단면(Bxy)에서의 실제 공구(1)의 단순화된 표현인 것으로 이해될 수 있다. 스핀들 축(B) 또는 횡단면(Bxy)은 전술한 공구 세팅 각도( $\Sigma_3$ ) 만큼 피벗되어 있다. 측정 위치(Mp)는 평면(Mxy, Mxz, Myz)의 고정 교차점에 있다. 또한, 가상 호브 필링 공구(1v)와 구름 결합하는 가상 작업물(3v)이 나타나 있고, 레이저 비임(12)은 공통 접촉점(m3)에서 치부 플랭크(Cz)와 접하여 접촉한다. 가상 작업물(3v)은 순수하게 시각적인 설명을 위해 나타나 있다.
- [0101] 가상 호브 필링 공구(1v)는 스핀들 회전 속도(nB)에서 레이저 비임(12)을 지나 회전하고, L 신호(26)와 0 신호(27)가 절삭 치부(14) 마다 교대로 발생된다. 절삭 치부(14)는 레이저 비임(12)을 차단하고, 0 신호(27)가 발생된다. 레이저 비임(12)은 치부 틈에서 다시 차단 해제되고, L 신호(26)가 발생된다. CNC 공구 스핀들(B)의 대응하는 각위치가 L 신호(26)의 경우 및 0 신호(27)의 경우 둘 모두에 검출된다. 예컨대 우측 절삭날(29)에 대한 제 1 측정 사이클의 경우에, 0 신호(27)만 평가되고 CNC 제어기(8)에 테이블 형태로 저장된다. 제 2 측정 사이클에서(좌측 절삭날(28)에 대해 공구 스핀들(B)의 회전 방향은 동일하지만 축 위치는 수정되어 있음), L 신호만 평가되고 또한 테이블 형태로 저장된다. 측정치는 CNC 제어기(8)의 각 측정 트랙에 할당되고, 가능한 최종 결과가 도 8에 개략적으로 나타나 있다. 도 7a에는, 레이저 비임(12)으로부터 멀어지게 피벗된 제 1 절삭

치부(14)의 예로, 제 1 측정으로, 비스듬한 위치에 있는 제 1 절삭 치부 중심(15)이 L/0 신호로 정의될 수 있음이 추가로 나타나 있다. 중심(15)이 기준 값으로 사용되는 경우, 공구 스핀들(B)의 다음 각위치가 그 값을 참조할 수 있다.

[0102] 이 경우, 한 측정 트랙(R3)에서만 각 개별 절삭 치부 중심(15)을 결정하고 이로부터 평균 값을 구하는 것으로 충분할 수 있다. 평균 값이 규정된 공차 범위( $\Delta$ ) 내에 있으면, 기계 가공은 안전하게 시작될 수 있다. 단지 하나의 측정 트랙에서 측정하는 것은 동심도(R)의 측정에도 충분할 수 있고, 동심도 측정은 절삭 치부 중심의 검출과 유사하게 행해진다. 그러나 절삭 치부(14)의 절삭날의 형태를 검출하기 위해서는, 복수의, 바람직하게는 적어도 5개의 측정 트랙(R1 - R5)에서의 측정이 필요하다.

[0103] 치형 공구(1v)에서의 L/0 신호는 선형 L/0 신호 대역(25)으로 개략적으로 나타나 있을 수 있다. 공구(1v)에 있는 75개의 절삭 치부(z1 - z75)로, 75배의 L 및 0 신호가 또한 생성된다. 따라서 측정 편차는 특히 제어 패널(9)의 스크린 상에 시각적으로 매우 잘 나타날 수 있다.

[0104] 도 7a는 접촉점(m3)에서 영역(D3)의 확대 상세도를 나타낸다. 절삭날(28, 29, 30, 31)은 그 도에서 설명의 목적으로 일 예로 나타나 있다. 가상 공구(1v), 레이저 비임(12), 절삭 치부(14), 비스듬한 위치에서의 절삭 치부 중심(15), L 및 0 신호(26, 27), 접촉점(m3), 측정 위치(Mp), 동심도(R), 측정 트랙(R3) 및 피치 각도( $\tau$ )가 추가적으로 나타나 있다.

[0105] 도 8은 각 측정 트랙(R1 - R5)에 대한 L/0 신호의 각위치( $\Phi$ )를 개략적으로 나타낸다. 이미 언급한 바와 같이, 각위치는 CNC 제어기(8)에 저장될 수 있고 제어 패널(9)의 스크린 상에 나타날 수 있고 또한 필요시에 다양한 측정 과정을 위해 사용될 수 있다. 동등화 계산의 표준적인 수학적 과정으로, 최소 제곱법을 사용하여 예컨대 동심도(R), 절삭 치부 중심(15) 및/또는 피치 각도( $\tau$ )를 비교적 간단하게 또한 신속하게 결정할 수 있다. 3차원 절삭날(S)을 스캐닝하기 위해 복수의, 바람직하게는 적어도 5개의 측정 트랙(R1 - R5)을 따라 이동한다. 보상 곡선(17)을 갖는 절삭날(S)의 기하학적 구조는 최소 제곱법을 사용하여 측정치로부터 결정될 수 있다. 그런 다음에, 사전에 계산된 이상적인 절삭날(21)과의 비교가 가능하다. 측정 결과를 확인하게 위해, 추가의 측정 트랙을 따라 매우 빠르게 이동할 수 있다. 미리 규정된 공차 대역(공차 여유( $\Delta$ ))이 점선으로 나타나 있다.

[0106] 도 9, 9a, 10 및 10a는, 레이저 브리지(11)는 반드시 수직 방향으로 정렬될 필요는 없음을 보여준다. 전술한 바와 같은 레이저 브리지는 도 9 및 9a에서, 레이저 비임(12)이 Z 축에 평행하게 수직 방향으로 있도록 정렬된다. 레이저 비임(12)이 정확히 원통형이거나 측정 동안에 유효한 레이저 비임(12)의 영역이 정확히 원통형이면, Z 축을 따른 작업물(1)의 정확한 위치는 상기 배치의 경우에는 중요하지 않다. 그러므로 Z 방향으로의 정확한 위치 설정은 필요치 않다. 특히, 공구(1)는 측정을 위해 반드시 도 1a의 기준면(Mxy)에 위치될 필요는 없다. 대조적으로, 도 10 및 10a에서, 레이저 브리지(11)는 각도( $\delta$ )로 Y 축에 대해 수직으로부터 벗어나 경사져 있다. 결과적으로, 레이저 브리지(11)와 공구 스핀들(2)의 공구 홀더 또는 공구 생크 사이의 충돌 위험이 감소된다. 그러나, 레이저 비임(12)은 이제 더 이상 Z 축에 평행하지 않다. 따라서, 측정될 접촉점이 가상 절삭날 상의 기준면(Mxy)에 정확히 위치되도록 공구 스핀들(2)은 측정 동안에 Z 방향을 기준으로 위치되어야 한다. 그러므로, 레이저 비임(12)의 상기 정렬로, Z 방향을 따른 공구의 정확한 위치 설정이 필요하다.

[0107] 도 11은, 이에 대한 대안으로, 촉각식 감지 장치(23)에 의해 측정되는 호브 필링 공구(1v)를 나타낸다. 바람직하게는 절삭 치부(14)가 스캐닝된다. 접촉식 측정 때문에 측정 동안에는 호브 필링 공구(1v)를 회전시킬 수 없다. 스캐닝 작업의 경우에, CNC 축(A, B, X)은 동기적으로 또한 비교적 느리게 움직인다. Z 축은 움직일 필요가 없다. 필요하다면, Y 축이 또한 동기적으로 포함될 수 있다. 실제로, 대응하는 측정 곡선(21)이 적어도 3개의 절삭 치부(14)에서 측정될 수 있다. 이 경우, 감지 장치(23)는 원통형 감지 표면(T1)을 갖는 원통형 감지 팔거를 사용한다.

[0108] 도 11a는 촉각식 감지 장치(23)의 원통형 감지 표면(T1)과 스캐닝될 절삭 치부(14) 사이에 있는 도 11의 영역(D4)을 확대한 것을 나타낸다. 스캐닝 과정에, 촉각식 감지 장치(23)의 원통형 감지 표면(T1)은 호브 필링 공구(1v)의 라운딩된 절삭날(S)에 접하여 안착된다. 그러나, 스캐닝된 측정값(21)(공구 축(B)에 대한 관련 각위치( $\Phi$ )에 관계됨)이 L/0 신호 대신에 생성된다.

[0109] 도 12 및 13은 전통적인 기어 절삭 기계의 플랫폼에 설치되는 호브 필링 기계에서의 레이저 브리지(11)의 가능한 배치를 나타낸다.

[0110] 도 12는 호브 필링 기계의 일 변형예를 나타내는데, 여기서, 레이저 브리지(11) 형태의 측정 장치가 작업물 캐리어(33) 형태의 운동 가능한 캐리어에 배치되어 있다. 작업물 캐리어(33)는 수직축(C\*)을 중심으로 복수의 위

치로 피봇될 수 있다. 그러한 가동 작업물 캐리어를 갖는 기계 개념이 US 6,565,418 B1에 개시되어 있다. 작업물 스핀들(4)이, 피봇 방향을 기준으로 레이저 브리지(11)에 대해 오프셋되어(본 예에서는 90° 로 오프셋되어) 작업물 캐리어(33)에 배치되어 있다. 작업물 캐리어(33)가 축(C\*)을 중심으로 피봇됨으로 인해, 작업물 스핀들(4) 또는 레이저 브리지(11)는 공구(1)와 상호 작용하게 되는 위치로 움직일 수 있다. 작업물 캐리어는, 180° 로 제 1 작업물 스핀들에 대해 오프셋되어 배치되어 있는 제 2 작업물 스핀들(도면에는 나타나 있지 않음)을 지지할 수 있다. 도 12에 나타나 있는 바와 같이, 제 2 작업물 스핀들은 작업물 캐리어의 후방측에 위치된다. 이렇게 해서, 기계 가공은 작업물 스핀들 중의 하나에서 행해질 수 있고, 마무리된 작업물은, 다른 작업물 스핀들에서 새로히 기계 가공될 작업물로 대체될 수 있다. 결과적으로, 비생산적인 휴지(idle) 시간이 회피된다. 상기 기계 개념에서, 공구 스핀들(2)은, 변위 가능하도록 기계 베드(6)에 위치되는 공구 캐리어(34)에 배치되는 가동 호브 필링 헤드(35)에 수용된다.

[0111] 도 12a는 도 12의 영역(D5)의 확대 상세도를 나타낸다. 그 상세도에서 알 수 있는 바와 같이, 레이저 브리지(11)의 레이저 비임(12)은 본 예에서 수직 방향으로 정렬되어 있지 않고 바람직하게 수직에 대해 경사각( $\delta$ )으로 있다. 여기서, 레이저 브리지(11)는 작업물 캐리어(33)의 윤곽 내부에 유지될 수 있고 그 결과 작업 공간의 밀폐가 더 쉽게 된다.

[0112] 호브 필링 기계의 다른 변형예가 도 13에 나타나 있다. 이 호브 필링 기계는 US 5,857,894에 개시되어 있는 바와 같은 기계 개념에 기반한다. 상기 실시 형태에서, 레이저 브리지(11)는 기계 베드(6)에 고정식으로 배치되며, 측정에 필요한 운동은 변위 및 피봇 가능한 공구 캐리어(34)로 수행된다. 상기 기계 개념에서의 공구 스핀들(2)은 가동 호브 필링 헤드(35)에 수용되며, 이 헤드는 공구 캐리어(34)에 배치되고, 공구 캐리어는 기계 베드(6)에 배치된다. 공구 캐리어(34)는 수직축(C\*)을 중심으로 기계 가공 위치(나타나 있지 않음)와 도 13에 나타나 있는 측정 위치 사이에서 피봇 가능하다. 기계 가공 위치에서, 공구(1)는 작업물(3)을 기계 가동하기 위해 그 작업물과 상호 작용할 수 있도록 배치된다. 이와는 대조적으로, 측정 위치에서, 공구(1)는 레이저 브리지(11) 형태의 측정 장치와 상호 작용할 수 있도록 배치된다. 본 예에서, 기계 가공 위치와 측정 위치 사이의 피봇각은 180° 이다. 그러나 다른 피봇각도 분명히 가능하다.

[0113] 도 13a는 도 13의 영역(D6)의 확대 상세도를 나타낸다. 이 상세도에서 알 수 있는 바와 같이, 레이저 브리지(11)의 레이저 비임(12)은 본 예에서도 수직 방향으로 정렬되어 있지 않고 바람직하게 수직에 대해 각( $\delta$ )을 이루어 있다. 그러나, 레이저 브리지(11)의 고정된 수직 방향 배치도 가능하다.

[0114] 어려운 기계 가공을 위한 기어 절삭 기계(22)에서의 자동화된 공구 측정은 측정 위치(Mp)에서 공구(1)의 전술한 작동 쌍과 측정 장치 사이의 아주 정확한 상대 운동을 필요로 한다. 공구(1)의 다른 작동 쌍과 작업물(3) 사이의 가용 상대 운동은, 일반적으로 마이크로미터 범위 내에서 또는 회전 축에 대해서는 각도 초(angular second) 범위 내에서 높은 레벨의 기본적인 기하학적 정확도를 이미 갖고 있다. 호브 필링 기계(22)의 작업 공간 내에서 아주 정확한 측정을 신뢰적으로 보장하기 위해, 측정 위치(Mp)는 각 기계 가공의 시작시에 또한 필요하다면 때때로 자동적으로 보정되어야 한다. 이러한 목적을 위한 가능한 절차를 아래에서 도 14, 14a 및 14b를 통해 설명한다.

[0115] 도 14는 호브 필링 기계(22)(나타나 있지 않음)에 있는 보정 맨드릴(36)을 나타내며, 이 보정 맨드릴은 X, Y 및 Z에 대한 좌표계를 갖는다. 규정된 높이(h)(도 14a 참조) 및 규정된 보정 직경( $\phi D$ )(도 14b 참조)을 갖는 보정 맨드릴(36)은 공구 스핀들(2)(나타나 있지 않음)에 수용되며, 위치(Z1\*)에 있는 보정면(EK)으로 이동된다. 레이저 브리지(11)의 측정 위치(Mp)가 또한 그 보정면에 위치된다. 그러므로, 보정 맨드릴(36)이 먼저 도 14a의 적절한 X 위치로부터 출발하여 Y 축으로 측정 위치(Mp)의 방향으로 이동되면, 그 보정 맨드릴은 그의 보정 직경( $\phi D$ )으로 레이저 비임(12)과 교차하게 되며, 레이저 비임은 없어지게 된다. 이 경우, CNC 제어기(8)에서 Y 위치(Y1\*.0)를 나타내는 0 신호(27)가 레이저 브리지(11)에서 발생된다. Y 축이 더 움직이면, 보정 직경( $\phi D$ )은 레이저 비임(12)을 다시 차단 해제하고, 0 신호(27)와 유사하게, L 신호(26)가 발생되며, 이 신호는 CNC 제어기(8)에서 Y 위치(Y1\*.L)를 나타낸다. 두 Y 위치 사이의 중심은 CNC 제어기(8)에 의해 취해져 레이저 비임(12)과 작업물 축(C) 사이의 거리(ym)를 규정한다. 그러나, 이는 측정점(Mp)의 아주 정확한 보정에는 아직 충분하지 않다. Y-Z 평면에서의 레이저 비임(12)의 정확한 각도 배향( $\epsilon$ )이 또한 검출되거나 설정되어야 한다. 본 발명에서, 호브 필링 공구(1)의 측정은 임의의 원하는 각도 배향( $\epsilon$ )에서 행해질 수 있고, 물론 수직 배향도

바람직한 방식으로 사용된다. 따라서, 더 높은 Z 위치( $Z2^*$ )에서의 제 2 보정 단계가 합리적이고, Y 위치( $Y2^*.0$ ,  $Y2^*.L$ )가 유사한 방식으로 나타내지고 평가된다. 더욱더 큰 정확도 요건의 경우에, 보정 단계는 추가의 Z 위치에서 수행될 수도 있다. CNC 제어기(8)는 상기 값을 사용하여 각도 배향( $\varepsilon$ )을 아주 정확하게 결정할 수 있다. Y 방향을 따른 상기 보정의 경우에 레이저 비임(12)이 보정 직경( $\phi D$ )과 교차하지 않으면, X 방향을 따른 위치가 조절되어야 한다.

- [0116] 보정 중의 다음 단계는 도 14b에 나타나 있는 거리(xm) 및 각위치( $\delta$ )를 결정하기 위해 X 방향을 따라 행해진다. 레이저 비임(12)에서 공구 축(C)까지의 거리(ym)는 보정을 위한 이전 단계에서 결정되었으므로, 공구 스핀들(2)에서의 Y 축은 회전 대칭형 보정 맨드릴(36)을 상기 위치로 이동시킬 수 있다. 시작시에, 공구 스핀들(2)은 X 축의 제로 위치 및 보정면(EK)의  $Z1^*$  위치에 있다. 그런 다음 공구 스핀들(2)은, 보정 직경( $\phi D$ )이 레이저 비임(12)과 교차할 때까지 보정 맨드릴(36)을 X 방향으로 전진시키고, 전술한 바에 따라, CNC 제어기(8)에서 X 위치( $X1^*.0$ )를 나타내고 따라서 레이저 비임과 작업물 축(C) 사이의 거리(xm)를 규정하는 0 신호(27)를 발생시킨다. X-Z 평면에서의 경사 세팅 각도( $\delta$ )는 레벨( $Z2^*$ )에서 유사한 보정 작업을 사용하여 결정될 수 있다.
- [0117] 따라서, 각 보정 작업 후에, 측정점(Mp)에 대한 보정 거리(ym, xm) 및 관련된 각위치( $\delta$ ,  $\varepsilon$ )는 따라서 CNC 제어기(8)에 파일링되고 또한 추가의 측정에 사용될 수 있다.
- [0118] 그러나, 상기 보정 작업에 대한 설명은, 보정면(EK)에서의 호브 필링 공구(1)의 바람직한 측정은 각도 오차에 대해 대개 독립적이고 그래서 정확히 원통형인 레이저 비임(12)에도 유리하게 사용될 수 있음을 보여준다.
- [0119] 도 15는 공구 스핀들(2)에 바람직한 방식으로 배치될 수 있는 스캐닝 감지 장치(10)를 이용하는 필링된 작업물(3)에 대한 선택적인 후 가공 측정을 도시한다. 상기 측정은 예컨대 종래의 기본 원 측정에 따라 예컨대 적어도 3개의 치부 틸에서 행해진다. 작업물 기계 가공을 위한 세팅의 추가 보정은 필요시에 측정 결과를 통해 수행된다. 이렇게 해서 최적의 품질 보증이 이루어질 수 있다.
- [0120] 공구는 현재의 모든 도에서 아주 개략적으로 나타나 있다. 추가로, 모든 절삭 치부의 절삭면은 위의 도면에 있는 공구의 경우에 공통 면에 위치된다. 그러나, 위의 관찰은 나타나 있는 공구에 한정되지 않고, 어떤 원하는 호브 필링 공구에도, 심지어는 스텝 컷(step cut)을 또는 다른 기하학적 설계를 갖는 호브 필링 공구 또는 다른 기어형 공구에도 사용될 수 있다.
- [0121] 전반적으로, 여기서 제안된 방법은 다음과 같은 이점을 얻을 수 있다:
- [0122] - 작업물의 기계 가공의 시작시 및 그 동안에 레이저 브리지(11)로 비접촉식의 신속하고 아주 정확한 공정내 측정이 가능하고, 모든 측정치는 제어기에 저장된다.
- [0123] - 현재의 측정치를 시작 값과 연속적으로 비교하여, 절삭날에 대한 치수 변화, 예컨대 마모량(V)(도 6b 참조)이 검출될 수 있다.
- [0124] - 보상 곡선(17)으로 3차원의 라운딩된 절삭날(S)을 직접 검출할 수 있고, 그 보상 곡선은 그의 엔빌롭핑 컷으로 호브 필링 중에 필링된 작업물(3)에서 최종 치부 플랭크를 생성하고 규정한다.
- [0125] - 일련의 작업물을 기계 가공할 때, 호브 필링 기계의 CNC 축에 대한 적절한 세팅을 위한 시간 소비적인 탐색이 작용 절삭날의 정확한 측정으로 뚜렷히 감소될 수 있고, 공정 관련 폐기가 크게 회피된다.
- [0126] 요컨대, 여기서 제안된 방법은 다음과 같은 특징을 포함한다:
- [0127] - 라운딩된 절삭날에 접하는 원통형 감지 표면이 측정에 사용될 수 있다.
- [0128] - 원통형 감지 표면은, 각각의 접촉점에서 작업물의 만곡된 치부 플랭크 상의 관련된 접평면에 있고 이 경우 바람직하게는 대응 나선각의 방향으로 정렬되도록 배치된다.
- [0129] - 정확히 원형, 원통형인 고정밀 레이저 비임이 원통형 감지 표면으로서 바람직하게 사용된다. 원통형 감지 인서트를 갖는 측각식 측정 감지 장치가 본 발명의 다른 실시 형태를 위해 일 예로 사용될 수 있다. 그러나, 이와 관련하여, 긴 측정 시간, 측각식 스캐닝 및 복잡한 신호 처리의 단점이 있다.
- [0130] - 그러므로, 측정 레이저 비임은 작업물의 만곡된 치부 플랭크 상의 대응 접촉점의 접평면에 있고, 측정 동안에

다른 접촉점에서는 관련된 나선각으로 피벗되어야 한다. 치부 플랭크 상에서의 점별 나선각의 크기는, 치부의 높이가 증가함에 따라 증가한다. 레이저 비임의 배향 및 따라서 대응 측정 장치의 세팅은 상기 나선각 및 공구 세팅 각도로 결정되고, 레이저 빔을 위해 전체적으로 대략 0 내지 90°의 조절 가능한 각도 범위가 필요할 것이다.

- [0131] - 그러나, 실제로, 레이저 비임을 사용하는 측정 장치가 상기 운동을 해야 한다면 비용 면에서 다소 불리할 것이다. 따라서 레이저 비임은 호브 필링 기계의 작업 공간에서 본질적으로 고정되어 또한 수직 방향으로 유리한 방식으로 배치될 수 있고, 대신에 레이저 비임과 공구 축 사이의 정렬의 세팅은 공구 스핀들의 기존의 CNC 피벗팅 장치로 이루어진다. 그에 대응적으로 선형 이송은 기존의 CNC 축(X, Y, Z)으로 이루어질 수 있다. 이러한 목적으로 기계 세팅은 측정 위치에 대응하여 계산될 것이다. 추가로, 본질적으로 고정된 측정 위치를 작업물 위치로부터 간격을 두고 배치하는 것이 유리하며, 그래서 공구를 갖는 공구 스핀들을 위치시키기 위한 충분한 무충돌 공간이 존재하게 된다.
- [0132] - 고정적으로 배치되는 레이저 비임에 의해, 회전하는 호브 필링 공구의 치형의 라운딩된 절삭날의 영역에서 규정된 회전 속도로 복수의, 바람직하게는 적어도 5개의 반경 방향 측정 트랙을 스캐닝할 수 있고, 공구 세팅 각도의 고정적으로 설정된 값에서 각 특정 트랙을 따라 이동한다. 각 플랭크에 대한 각각의 계산된 접촉점은 X, Y, Z, A 및 B 축으로의 선형 및 회전 이송으로 레이저 비임에 대한 측정 위치에 위치된다. 치형 공구를 회전시킬 때 교번적인 차단으로 신뢰적이고 간단한 L/O 신호가 레이저 비임으로 매우 쉽게 발생할 수 있다. 하나의 절삭날 측이 측정되면, 다른 절삭날 측은 유사한 방식으로 하지만 수정된 세팅으로 측정될 수 있다.
- [0133] - 공구의 절삭 치부가 측정 트랙에서 레이저 비임을 지나 이동되면, L/O 신호를 이용하여 접촉점을 간단하게 검출할 수 있고, 회전하는 CNC 공구 스핀들의 대응하는 각도 값이 검출될 수 있다. 반경 방향 측정 트랙을 위한 각도 값 및 세팅은 CNC 제어기에 테이블 형태로 저장될 수 있고, 다양한 기어 전형적인 측정에 사용될 수 있다.
- [0134] 여기서 제안된 방법은, 원통형 감지 표면(예컨대, 레이저 비임의 형태임)이 접하는 식으로 절삭날을 스캐닝하는 예로서 위에서 설명되었다. 이 경우, 중요한 점은, 각 경우에 가상 절삭날 상의 가상 접촉점이 계산되고 또한 절삭날 상의 가상 접촉점의 위치에 달려 있는, 절삭날과 측정 장치 사이의 배향 및 병진 운동 위치에서 측정이 이루어진다는 것이다. 이 경우, 위에서 언급된 이점 중의 적어도 일부는, 원통형이 아닌 감지 표면을 사용해서도 얻어질 수 있다. 예컨대, 접촉점에 접촉되는 레이저 비임을 사용하는 것이 가능하다. 또한, 예컨대 공 모양으로 된 비원통형의 물리적 감지 수단을 사용하는 것도 가능하다.
- [0135] 위에서 언급된 이점 중의 적어도 일부는 추가적으로, 접방향 스캐닝의 수행을 통해서가 아닌, 다른 방식으로, 예컨대 삼각 측량법 또는 3D 스캔 측정에 의한 거리 측정으로 절삭날을 측정하여 얻어질 수도 있다. 이러한 점에서, 위에서 주어진 방법은 원통형 감지 표면에 의한 접방향 스캐닝에 한정되지 않는다.

## 부호의 설명

- [0136]
- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | 호브 필링 공구    |
| 1v | 가상 호브 필링 공구 |
| 2  | 공구 스핀들      |
| 3  | 작업물, 기어     |
| 3v | 가상 작업물      |
| 4  | 작업물 스핀들     |
| 5  | 이송 캐리지      |
| 6  | 기계 베드       |
| 7  | 메싱 프로브      |
| 8  | CNC 제어기     |
| 9  | 제어 패널       |
| 10 | 스캐닝 감지 장치   |

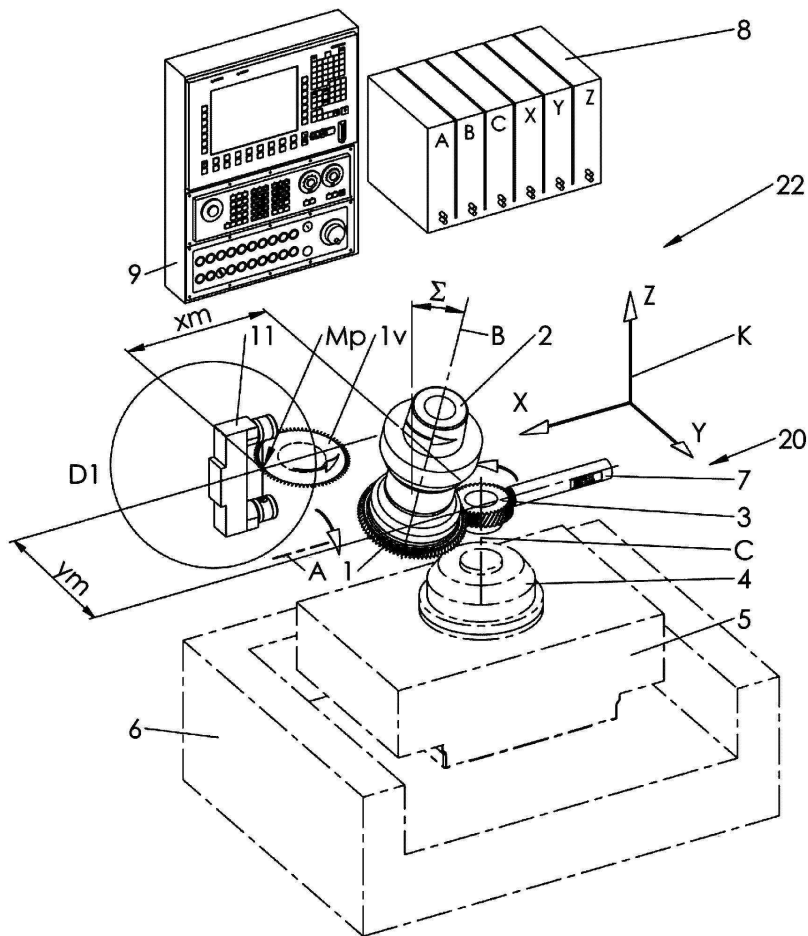
|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| 11              | 레이저 브리지                      |
| 12              | 레이저 비임                       |
| 13              | 표면 곡선                        |
| 14              | 절삭 치부                        |
| 15              | 절삭 치부 중심                     |
| 16              | 절삭날 반경과 여유면 사이의 천이부에 있는 가장자리 |
| 17              | 보상 곡선                        |
| 18              | 절삭 표면                        |
| 19              | 절삭 표면 모따기부                   |
| 20              | 호브 필링 기계의 작업 공간              |
| 21              | 스캐닝된 측정 곡선, 측정치              |
| 22              | 호브 필링 기계, 기어 제작 기계           |
| 23              | 측각식 감지 장치                    |
| 24              | 접촉점의 이동 경로                   |
| 25              | L/0 신호 대역                    |
| 26              | L 신호                         |
| 27              | 0 신호                         |
| 28              | 좌측 절삭날                       |
| 29              | 우측 절삭날                       |
| 30              | 뿌리의 절삭날                      |
| 31              | 선단의 절삭날                      |
| 32              | 절삭날에서 수직선                    |
| 33              | 작업물 캐리어                      |
| 34              | 공구 캐리어                       |
| 35              | 호브 필링 헤드                     |
| 36              | 보정 맨드릴                       |
| 37              | 절삭날 플랭크                      |
| A               | 공구 스핀들의 피봇 축                 |
| B               | 공구 축                         |
| Bxy             | 횡단면에서의 공구 기준 위치              |
| C               | 작업물 축                        |
| Ct              | 공구와 작업물의 접촉점에서의 접평면          |
| Cz              | 작업물 상의 치부 플랭크                |
| C <sup>*</sup>  | 공구 캐리어의 피봇 축                 |
| C <sup>**</sup> | 작업물 캐리어의 피봇 축                |

|               |                                                       |
|---------------|-------------------------------------------------------|
| D1 - D6       | 도의 상세 영역                                              |
| $\emptyset D$ | 보정 맨드릴의 보정 직경                                         |
| EK            | $Z1^*$ 에서의 보정면                                        |
| h             | 보정 맨드릴에서의 높이                                          |
| K             | 원점이 작업물 축(C)에 있는 기계의 X, Y 좌표계                         |
| Mp            | 측정 위치                                                 |
| Mxz           | X 방향으로 레이저 비임의 중심을 통과하는 수직면                           |
| Myz           | Y 방향으로 레이저 비임의 중심을 통과하는 수직면                           |
| Mxy           | 레이저 브리지의 수평 중심면                                       |
| m1 - m5       | 절삭날 상의 가상 접촉점                                         |
| nB            | 공구 스핀들의 회전 속도                                         |
| R             | 호브 킬링 공구의 동심도                                         |
| R1 - R5       | 호브 킬링 공구 상의 측정 트랙의 반경                                 |
| r1 - r5       | 절삭날의 반경                                               |
| S             | 가상 절삭날                                                |
| S1 - S5       | 절삭 표면에 수직이고 보상 곡선에 직각인<br>절삭 치부 상의 절삭 표면              |
| T1 - T5       | 라운드된 절삭날에 접하는 원통형 감지 표면                               |
| V             | 절삭날의 마모                                               |
| X             | 병진 CNC 축                                              |
| $X1^*.0$      | 보정면(EK)에서 보정이 이루어질 때 X 위치                             |
| $X2^*.0$      | Z 위치( $Z2^*$ )에서 보정이 이루어질 때 X 위치                      |
| xm            | 레이저 비임과 작업물 축 사이이 X 거리                                |
| Y             | 병진 CNC 축                                              |
| $Y1^*.0$      | 0 신호가 레이저 브리지에 있고 보정면(EK)에서 보정이 이루어질<br>때 Y 위치        |
| $Y1^*.L$      | L 신호가 레이저 브리지에 있고 보정면(EK)에서 보정이 이루어질<br>때 Y 위치        |
| $Y2^*.0$      | 0 신호가 레이저 브리지에 있고 Z 위치( $Z2^*$ )에서 보정이 이루어질<br>때 Y 위치 |
| $Y2^*.L$      | L 신호가 레이저 브리지에 있고 Z 위치( $Z2^*$ )에서 보정이 이루어질<br>때 Y 위치 |
| ym            | 레이저 비임과 작업물 축 사이의 Y 거리                                |
| Z             | 병진 CNC 축                                              |

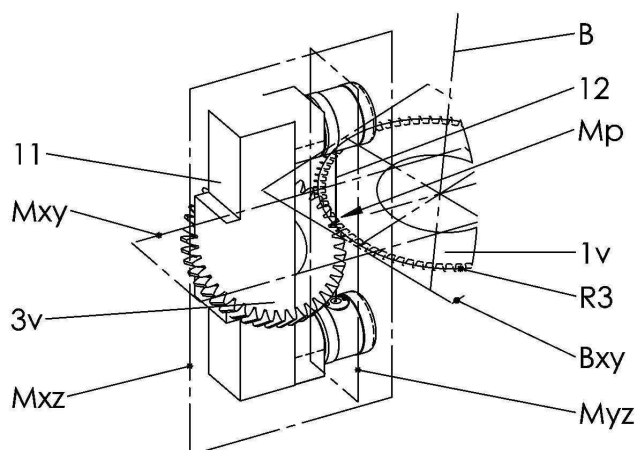
- $Z1^*$  보정면(EK)에서 보정이 이루어질 때 Z 위치
- $Z2^*$  보정이 이루어질 때 Z 위치; 증가됨
- $Z1 - Z5$  절삭날 중심(15)을 기준으로 할 때 공구 상의 접촉점의 Z 높이
- $z1 - z75$  공구 치부의 수, 예컨대  $z75$
- $\beta$  피치원(기준원)의 나선각
- $\beta 1 - \beta 5$  여러 치부 높이에서 작업물 플랭크의 나선각
- $\delta$  X 방향으로 작업물 스핀들의 회전 축에 대한 레이저 비임의 경사각
- $\varepsilon$  Y 방향으로 작업물 스핀들의 회전 축에 대한 레이저 비임의 각위치
- $\Delta$  공차 범위
- $\Sigma$  기계 가공을 위한 축 위치에서의 공구 각도
- $\Sigma 1 - \Sigma 5$  측정을 위한 축 위치에서의 공구 각도
- $\tau$  피치 각도
- $\Phi 1 - \Phi 5$  CNC 공구 스핀들의 각위치

도면

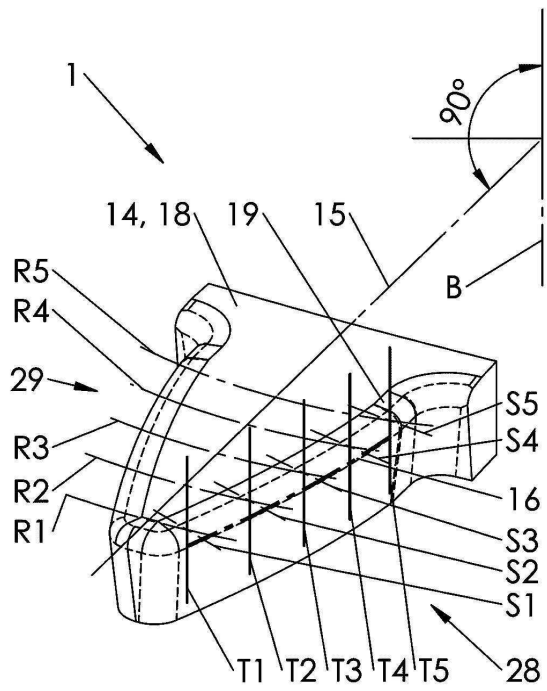
도면1



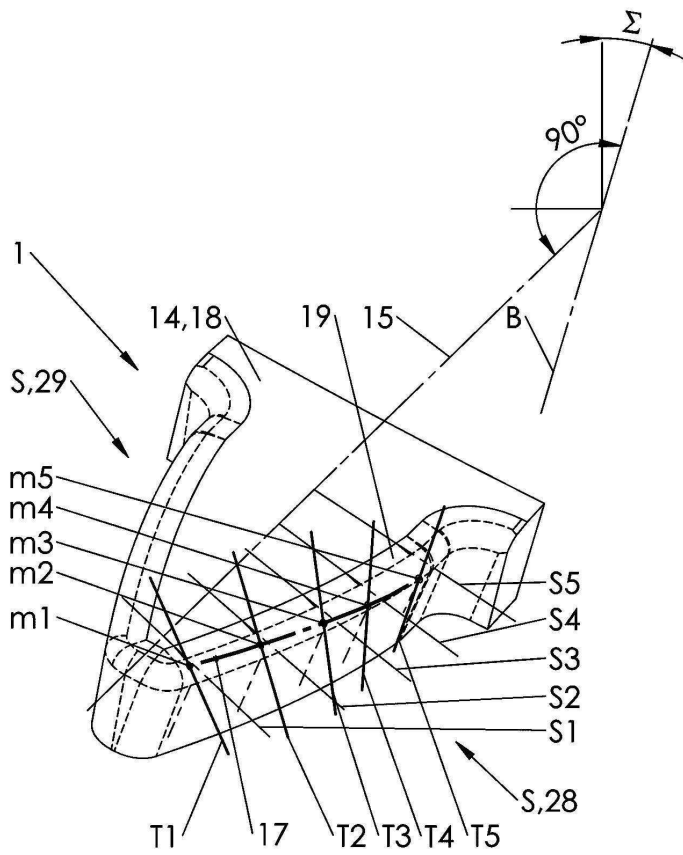
도면1a



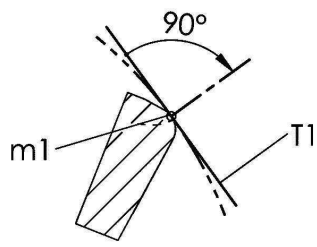
도면2



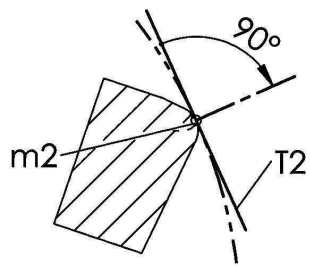
도면3



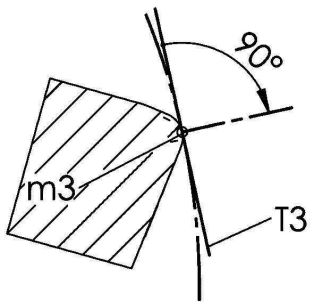
도면3a



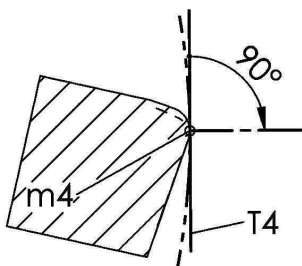
도면3b



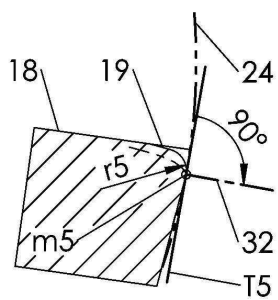
도면3c



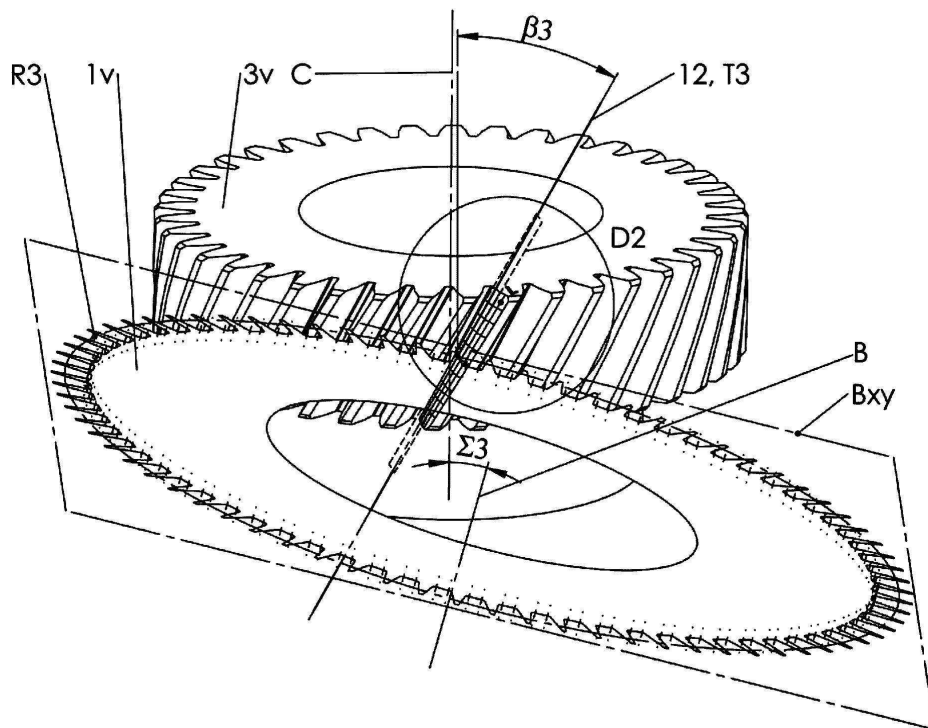
도면3d



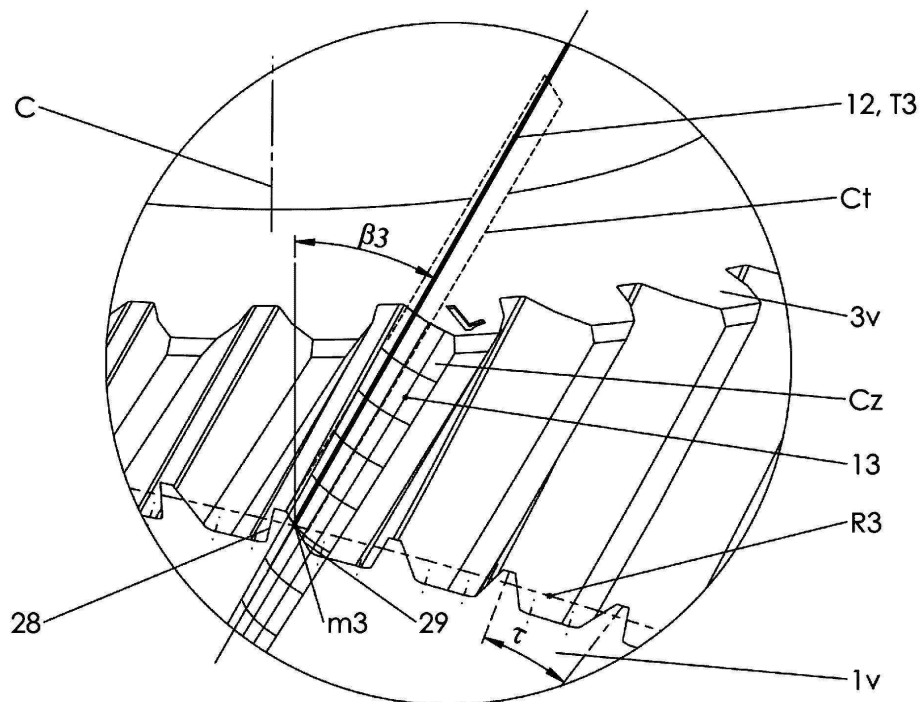
도면3e



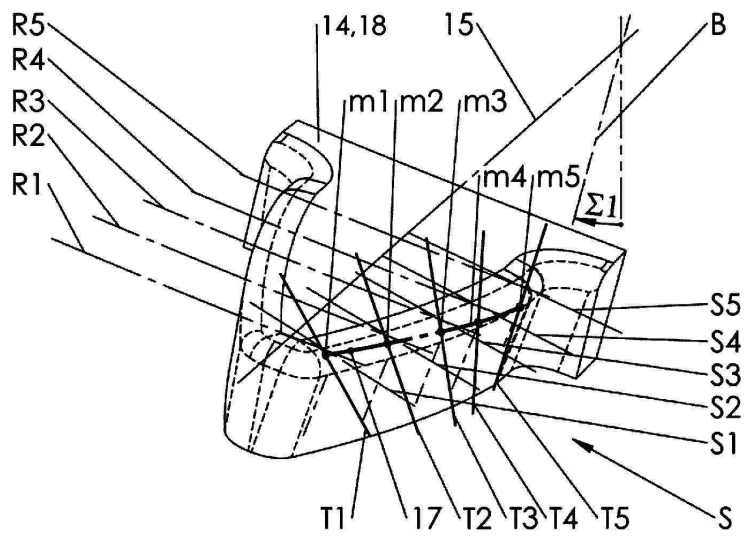
도면4



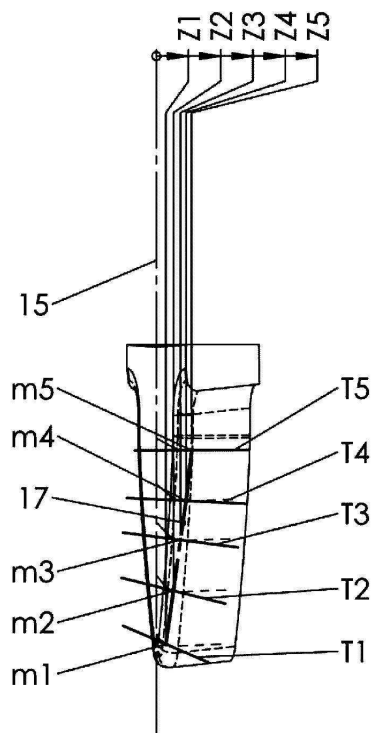
도면4a



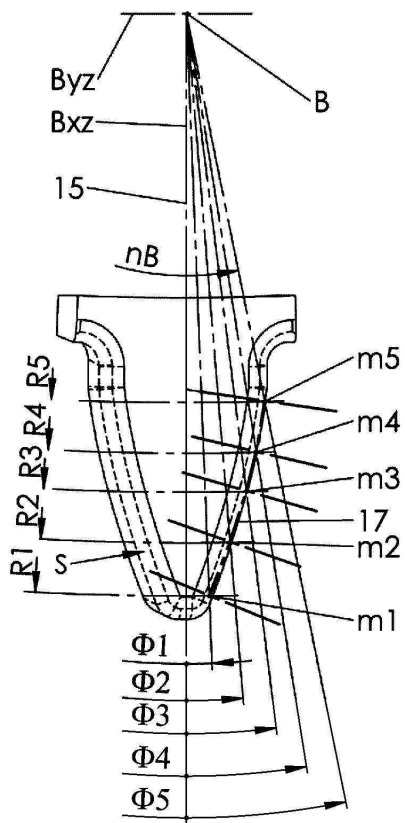
도면5



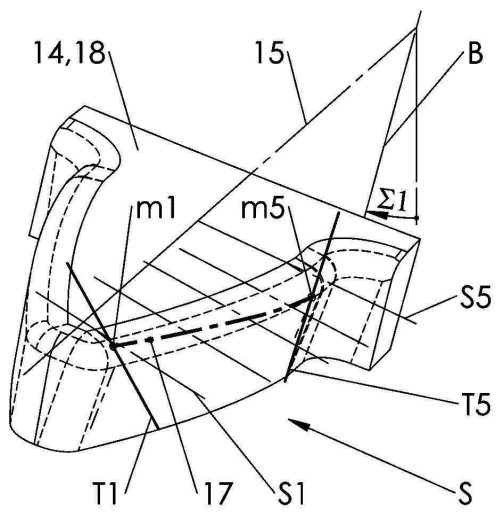
도면5a



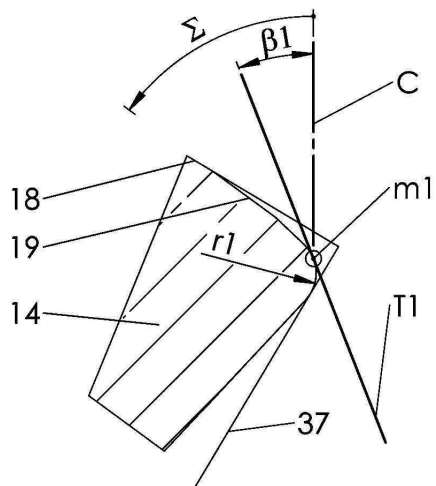
도면5b



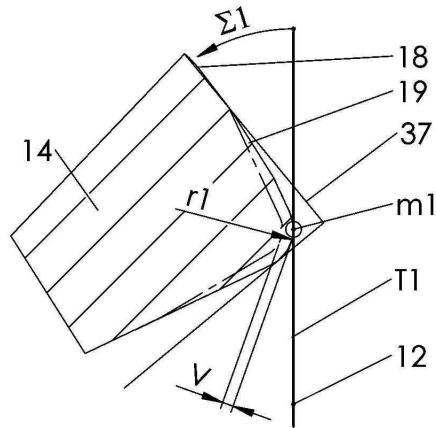
도면6



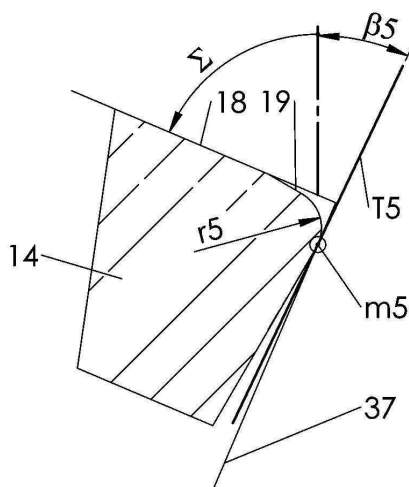
도면6a



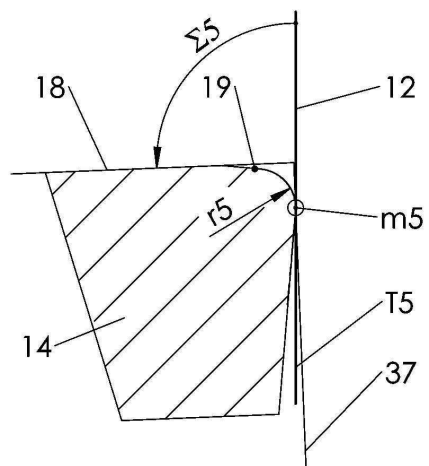
도면6b



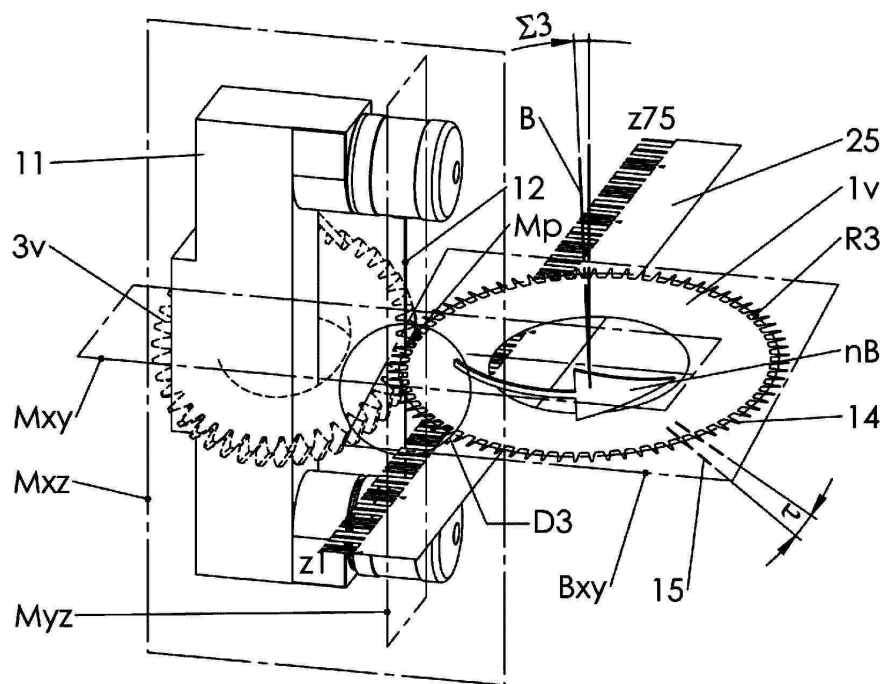
도면6c



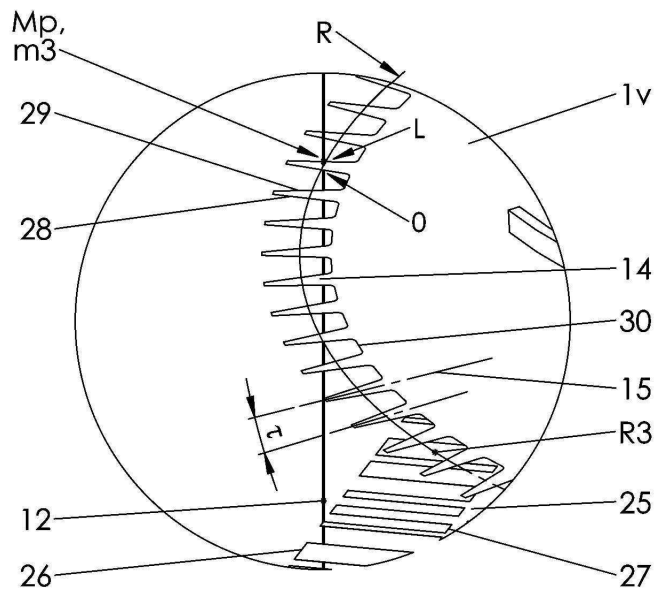
도면 6d



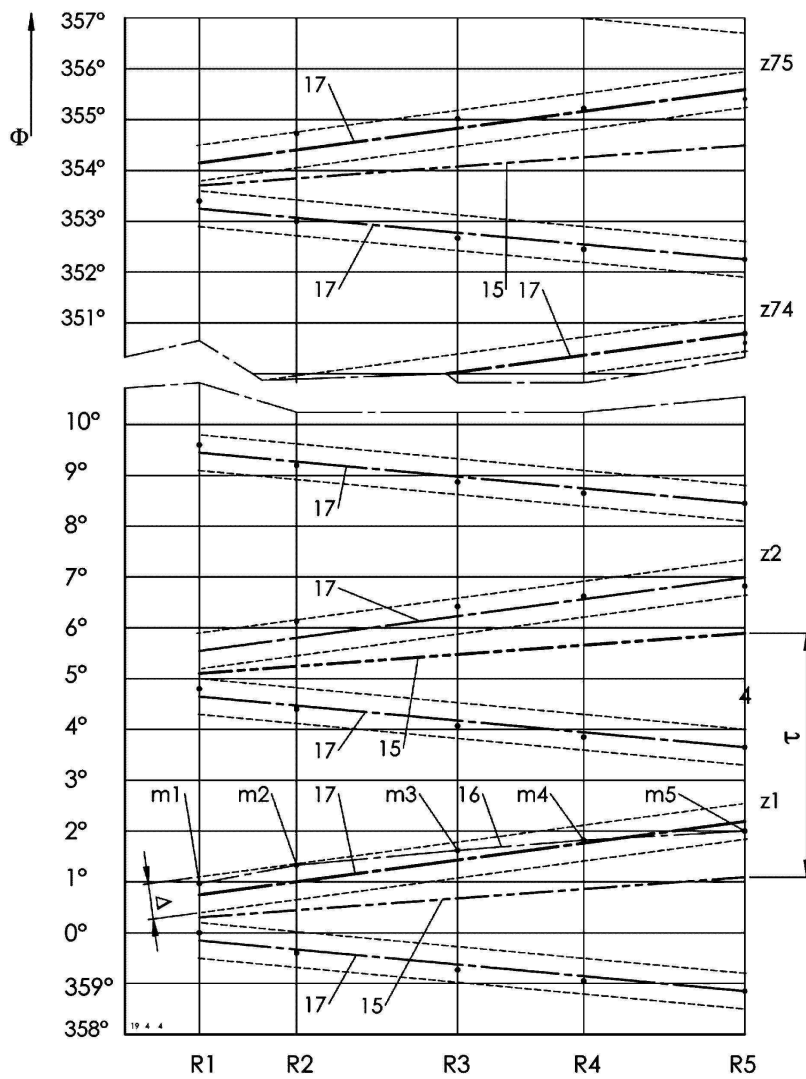
도면7



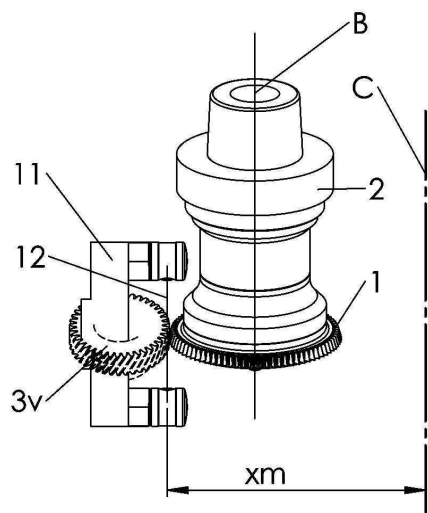
도면7a



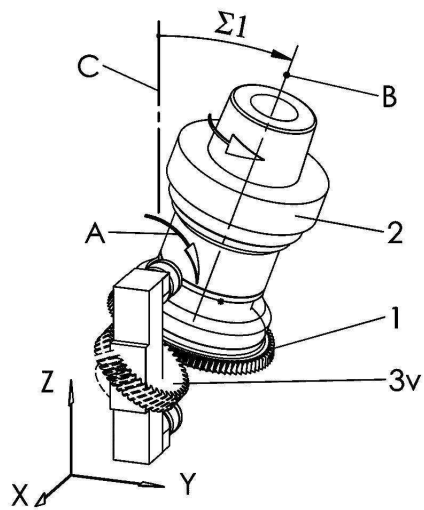
도면8



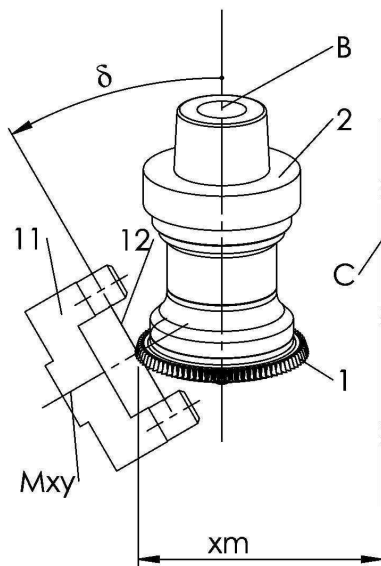
도면9



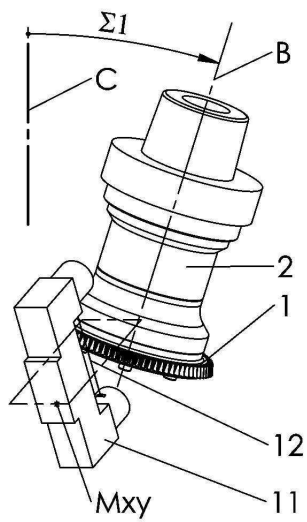
도면9a



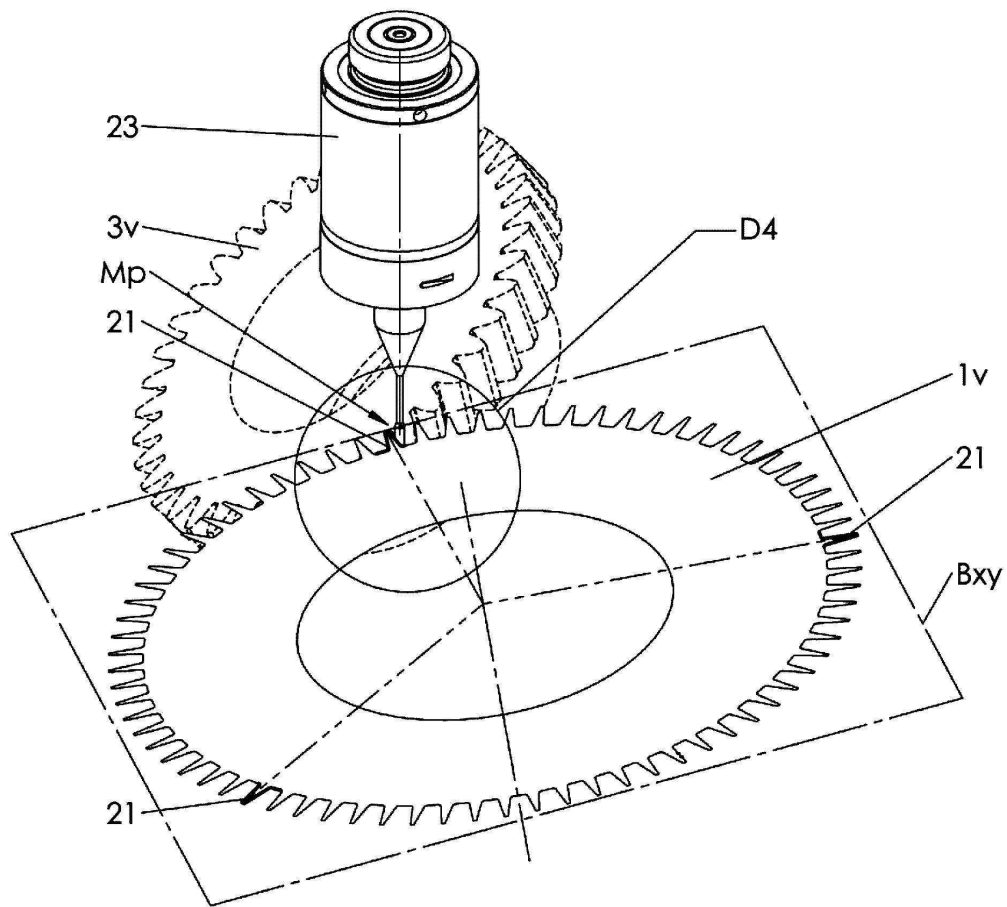
도면10



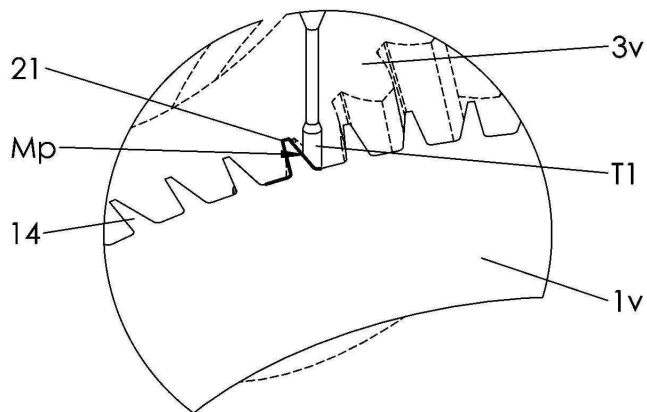
도면10a



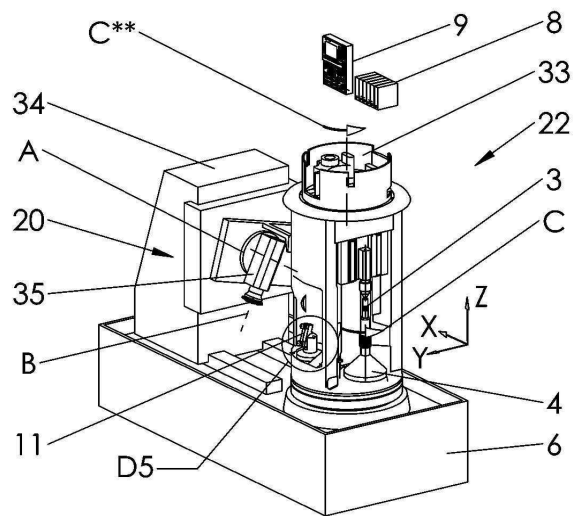
도면11



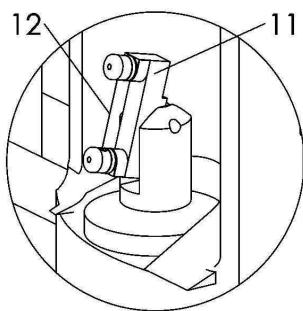
도면11a



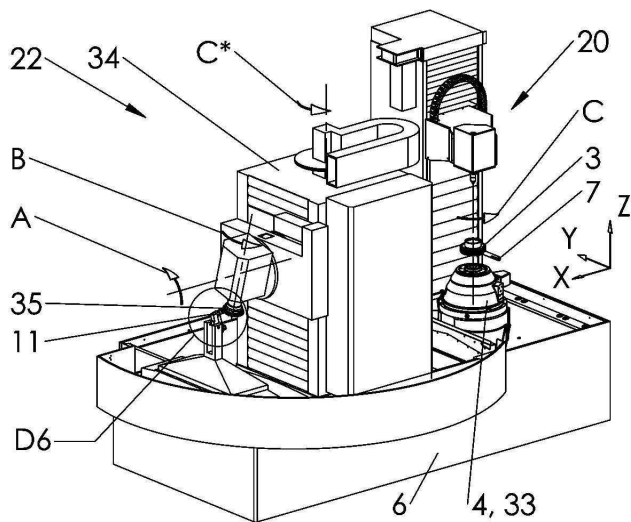
도면12



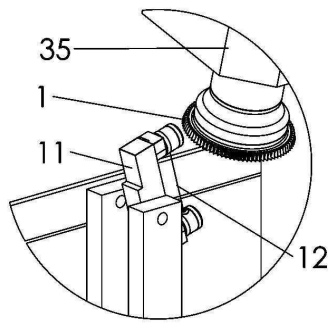
도면12a



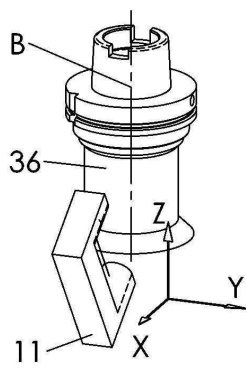
도면13



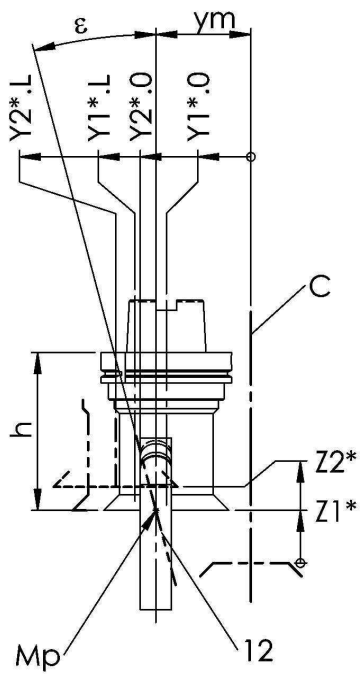
도면13a



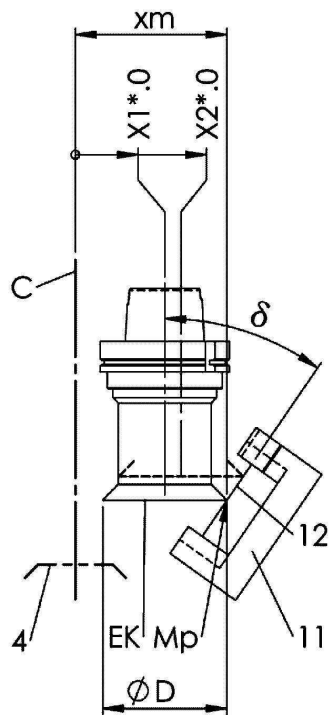
도면14



도면14a



도면14b



도면15

