



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월09일
 (11) 등록번호 10-1976847
 (24) 등록일자 2019년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23F 1/04 (2006.01) B23F 1/06 (2006.01)
 B23F 23/12 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0102025
 (22) 출원일자 2012년09월14일
 심사청구일자 2017년05월17일
 (65) 공개번호 10-2013-0030224
 (43) 공개일자 2013년03월26일
 (30) 우선권주장
 11181521.3 2011년09월15일
 유럽특허청(EPO)(EP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP04336913 A

(73) 특허권자
 클린게인베르크 아게
 스위스, 8050 취리히, 빈즈빌레스트라쎄 171
 (72) 발명자
 하트무스 마르크스
 독일, 40223 뒤셀도르프, 포이어바흐슈트라쎄 36
 닥터. 올라프 보겔
 독일, 76275 에틀링겐, 디젤슈트라쎄 28
 (74) 대리인
 김윤배

전체 청구항 수 : 총 11 항

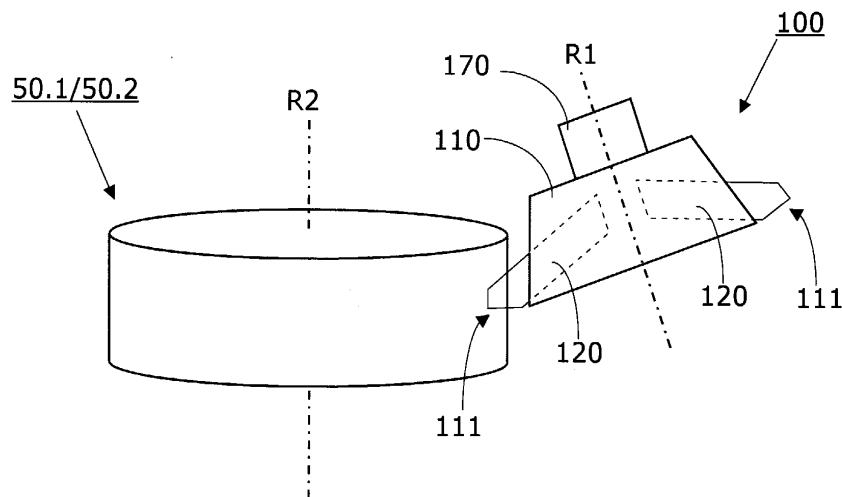
심사관 : 이상용

(54) 발명의 명칭 **세미 컴플리팅 스카이빙 방법 및 세미 컴플리팅 스카이빙 방법을 실행하기 위한 대응하는 스카이빙 공구를 갖춘 장치**

(57) 요약

기어 이빨의 제조 중에 두 측면이 서로 다른 설정을 이용하지만 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법의 응용과 함께 지속적으로 동일한 공구(100)를 이용하여 스카이빙된다는 점이 이 발명의 방법에 대한 특징이다. 예를 들어 공구(100)의 모든 왼쪽 측면 절삭 예지가 2회 사용되는 반면에 오른쪽 측면 절삭 예지는 1회만 사용되는 것이 세미 컴플리팅 접근 방식의 본질이다. 본 발명에 따르면, 이전에 제1 공작물(50.1)의 가공 중에 더 강한 부하를 받았던 측면 절삭 예지가 이제 다음의 스텝에서 덜 빈번하게 사용되도록 기어 이빨을 제조하기 위해 동일한 공구(100)가 사용된다. 이것은, 다른 측면 절삭 예지가 제2 공작물(50.2)의 제조 중에 더 강하게 또는 더 빈번하게 사용되도록 함으로써 달성된다.

대표도 - 도7



명세서

청구범위

청구항 1

스카이빙 공구(100)를 이용하여 회전 대칭형 주기 구조를 갖는 제1 공작물(50.1) 및 제2 공작물(50.2)을 스카이빙하기 위한 방법으로서,

- 제1 공작물(50.1)을 제공하는 스텝,

- 제1 공작물(50.1)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제1 상대 위치(RP1)를 접근시키는 스텝,
- 제1 공작물(50.1)의 제1 스카이빙 가공 동작을 실행하되, 이 제1 스카이빙 가공 동작 중에,

제1 공작물(50.1)의 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54) 또는 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공되고 각각의 다른 측면(53; 54)이 예비가공되도록 하는 스텝,

- 제1 공작물(50.1)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제2 상대 위치(RP2)를 접근시키는 스텝,
- 제1 공작물(50.1)의 제2 스카이빙 가공 동작을 실행하되, 이 제2 스카이빙 가공 동작 중에,

이미 제1 스카이빙 가공 동작 중에 예비가공되어 있던 제1 공작물(50.1)의 주기 구조의 측면(53; 54)이 마무리 가공되도록 하는 스텝,

- 제2 공작물(50.2)을 제공하는 스텝,

- 제2 공작물(50.2)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제3 상대 위치(RP3)를 접근시키는 스텝,
- 제2 공작물(50.2)의 제3 스카이빙 가공 동작을 실행하되,

이 제3 스카이빙 가공 동작 중에,

제1 공작물(50.1)에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공된 경우는, 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54)이 마무리 가공되고 모든 왼쪽 측면(53)이 예비가공되거나,

또는 제1 공작물(50.1)에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54)이 마무리 가공된 경우는, 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공되고 모든 오른쪽 측면(54)이 예비가공되도록 하는 스텝,

- 제2 공작물(50.2)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제4 상대 위치(RP4)를 접근시키는 스텝,
- 제2 공작물(50.2)의 제4 스카이빙 가공 동작을 실행하되, 이 제4 스카이빙 가공 동작 중에,

이미 제3 스카이빙 가공 동작 중에 예비가공되어 있던 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 측면(53; 54)이 마무리 가공되도록 하는 스텝을 갖춘 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 공작물(50.1)의 제1 스카이빙 가공 동작 및 제2 스카이빙 가공 동작이 다음의 스텝을 구비하는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

- 제1 회전 축(R1) 주위의 스카이빙 공구(100)의 회전

- 제2 회전 축(R2) 주위의 제1 공작물(50.1)의 결합된 회전

- 제2 회전 축(R2)에 평행한 방향으로 제1 공작물(50.1)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 축방향 이송 운동(VB)의 실행.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 공작물(50.2)의 제3 스카이빙 가공 동작 및 제4 스카이빙 가공 동작이 다음의 스텝을 구비하는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

- 제1 회전 축(R1) 주위의 스카이빙 공구(100)의 회전
- 제2 회전 축(R2) 주위의 제2 공작물(50.2)의 결합된 회전
- 제2 회전 축(R2)에 평행한 방향으로 제2 공작물(50.2)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 축방향 이송 운동(VB)의 실행.

청구항 4

제1항에 있어서, 스카이빙 공구(100)가 다수의 절삭 이빨(111)을 구비하고, 각 절삭 이빨(111)이 오른쪽 측면(54)을 절삭하기 위한 제1 측면 절삭 에지(113), 왼쪽 측면(53)을 절삭하기 위한 제2 측면 절삭 에지(112), 및 제1 측면 절삭 에지(113)와 제2 측면 절삭 에지(112) 사이의 천이 영역에 놓이는 헤드 절삭 에지(114)를 구비하는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 제1 측면 절삭 에지(113)를 이용하여 실행되는 절단의 수와 제2 측면 절삭 에지(112)를 이용하여 실행되는 절단의 수가 같아지도록 제1 공작물(50.1) 및 제2 공작물(50.2)의 스카이빙 가공 동작이 실행되는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 헤드 절삭 에지(114)가 제1 공작물(50.1) 및 제2 공작물(50.2)에 마무리되어야 할 간극(52)의 이빨 베이스(55)에서의 간극 폭보다 작은 폭을 갖고, 헤드 절삭 에지(114)는 이빨 베이스(55)에서의 간극 폭의 2/3보다 적거나 그와 같은 폭을 갖는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상대 위치(RP1, RP2, RP3, RP4) 중의 적어도 두 개의 상대 위치가 제1 공작물(50.1) 또는 제2 공작물(50.2)의 각도 회전을 통해 다르게 되어 있는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 제2 상대 위치(RP2)가 제3 상대 위치(RP3)에 대응하고, 제1 상대 위치(RP1)가 제4 상대 위치(RP4)에 대응하는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 제1, 제2, 제3 및 제4 스카이빙 가공 동작이 경화 전의 소프트 가공의 범위에 있는 공작물(50.1, 50.2)에 실행되는 것을 특징으로 하는 스카이빙 방법.

청구항 10

제1항에 따른 방법을 실행하도록 프로그램되어 있는 CNC 컨트롤러(201)를 가진 것을 특징으로 하는 머신(200).

청구항 11

제10항에 있어서, 스카이빙 공구(100)의 절삭 에지(112, 113, 114)의 가능한 절삭 부하를 가장 균일하게 하기 위해, 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙을 수행하도록 설계되어 있는 것을 특징으로 하는 머신(200).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 객체는, 기어 이빨(gear teeth) 또는 다른 주기 구조(periodic structure)의 세미 컴플리팅 스카이빙(semi-completing skiving)을 위한 방법 및 세미 컴플리팅 스카이빙 방법을 실행하기 위한 대응하는 스카이빙 공구를 갖춘 장치이다.

배경 기술

[0002] 기어 휠을 제조하기 위한 많은 방법이 있다. 소프트 예비가공에서는, 호빙(hobbing), 기어 성형(gear shaping), 제네레이팅 플레이닝(generating planing) 및 파워 스카이빙(power skiving) 사이를 구분할 수 있다. 호빙과 스카이빙은 이후에 더 상세히 설명되는 바와 같이 소위 연속적인 방법이다.

[0003] 기어 휠을 절삭함에 있어, 간헐적인 인덱싱 방법(intermittent indexing method) 또는 단일의 인덱싱 방법(single indexing method)과, 연속적인 인덱싱 방법 또는 면(face) 호빙이라고도 불리는 연속적인 방법 사이에는 구별되는 점이 있다.

[0004] 예를 들어, 연속적인 방법에 있어서는, 대응하는 커터들을 포함하는 공구가 공작물(workpiece)의 측면(flank)들을 절삭하는데 사용된다. 공작물은, 척(chuck)으로 연속하여, 즉 중단되지 않는 방법으로 마무리 절삭(finish cut)된다. 연속적인 방법은, 복잡한 결합 순서의 이동 시퀀스(movement sequence)에 기초를 두고 있는바, 공구와 가공해야 할 공작물이 서로에 대하여 연속 인덱싱 이동을 수행한다. 인덱싱 이동은, 대응하는 기계의 다수의 축 드라이브(axis drive)의 각기 조화되거나 또는 결합된 구동으로부터 얻어진다.

[0005] 단일의 인덱싱 방법에서는, 하나의 이빨 간극(tooth gap)이 가공되고, 그 후 다음 이빨 간극이 가공되기 전 공작물이 공구에 관하여 회전하는 동안에, 예를 들어 공구의 상대적인 이동 및 소위 인덱싱 이동(인덱싱 회전)이 일어난다. 따라서, 기어 휠은 단계적으로 제작된다.

[0006] 도 1에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 성형 공구(1)의 회전축(R1)과 공작물(2)의 회전축(R2) 사이의 교차각(축 교차각이라고도 함)이 0도이기 때문에, 시작 부분에서 언급된 기어 성형방법은 원통형 휠 기어에 의하여 설명되거나 또는 나타내어질 수 있다. 만일 축 교차각이 0도이면, 2개의 회전축(R1, R2)은 서로 평행하게 연장된다. 공작물(2)과 성형 공구(1)는 각각 그들의 회전축(R2, R1) 주위를 연속하여 회전한다. 성형 공구(1)는, 회전 이동에 더하여, 도 1에 이중 화살표(s_{mx})로 나타낸 왕복(stroke) 이동을 수행하고, 또 이러한 왕복 이동 중에 공작물(2)로부터 칩을 제거한다.

[0007] 얼마 전에, 스카이빙(skiving)이라고 불리는 방법이 새롭게 시행되었다. 그 기초는 약 100년 정도이다. 이러한 주제에 대해 번호 DE 243514를 갖는 첫 번째 특허출원은 1912년으로 거슬러 올라간다. 시작 연도의 초기의 고려 및 조사 후, 스카이빙은 더 이상 추가로 진지하게 채택되지 않았다. 그때까지, 부분적으로 경험적이었던 복잡한 공정들이, 스카이빙 방법에 알맞은 공구 기하 구조(tool geometry)를 찾기 위하여 필요했다.

[0008] 대략 1980년대 중반에, 스카이빙은 다시 채택되었다. 스카이빙의 원리는 우선 오늘날의 시뮬레이션 방법과 기계들의 현대적인 CNC 컨트롤러에 의한 생산적이고 재생산가능하며 확고한 방법으로 구현될 수 있다. 게다가, 오늘날의 공구재료의 높은 내마모성, 거대한 높은 정적 및 동적 강성 및, 현대적인 기계들의 동기화된 실행의 높은 품질이 중요했다.

[0009] 도 2a에 나타낸 바와 같이, 스카이빙에 있어서, 스카이빙 공구(10)(스카이빙 휠이라고도 함)의 회전축(R1)과 공

작물(20)의 회전축(R2) 사이의 축 교차각(Σ)은 미리 정해져 있는데, 이 각도는 0은 아니다. 스카이빙 공구(10)와 공작물(20) 사이의 결과로서 생기는 상대적인 이동은 헬리컬(helical) 이동이고, 이는 회전 성분(회전 운동)과 전진 성분(병진 운동)으로 분해될 수 있다. 롤링 헬리컬 기어전동(rolling helical gearing)은, 구동 기술 관련 유사한 예(analogue)로 생각될 수 있고, 여기서 회전 성분은 롤링(rolling, 구름)에 대응하고 또 전진 성분은 측면의 미끄러짐(gliding)에 대응한다. 축 교차각(Σ)의 절대값이 커질수록, 공작물(20)의 제작을 위해 요구되는 병진 운동의 성분이 더욱 증가한다. 이는, 공작물(20)의 이빨 측면의 방향으로 스카이빙 공구(10)의 절삭날들의 이동 성분을 발생시키기 때문이다. 스카이빙에서, 동등한 헬리컬 기어전동의 맞물린 기어 휠의 상대적인 조합 이동의 미끄러짐 성분은, 절삭 이동을 실행하기 위하여 이용된다. 스카이빙에서는, 공작물(20)의 회전축(R2)에 평행한 느린 축방향 이송(Sax, 축방향 이송이라고도 함)만이 요구되고, 따라서 소위 기어 성형(gear shaping)을 위하여 전형적인 성형 이동은 생략된다. 그러므로, 스카이빙에서 발생하는 역방향의 왕복 이동은 없게 된다.

[0010] 스카이빙에서의 절삭속도는, 스카이빙 공구(10) 또는 공작물(20)의 회전속도와 회전축(R1, R2)의 이용된 축 교차각(Σ)에 의하여 직접 영향을 받는다. 축 교차각(Σ)과 미끄러짐 성분은, 주어진 속도에서의 재료의 가공을 위하여 최적의 절삭속도가 얻어지도록 선택되어야 한다.

[0011] 이전에 알려진 스카이빙 방법의 이동 시퀀스와 추가의 상세한 설명은 도 2a의 전술한 개략적인 설명으로부터 얻을 수 있다. 도 2a는 원통형 공작물(20)에서의 외부 기어 이빨의 스카이빙을 나타낸다. 공작물(20)과 공구(10)(여기서 원통형 스카이빙 공구(10))는, 도 2a에서 알 수 있는 바와 같이 각속도(ω_1, ω_2)에 기초하여 반대 방향으로 회전한다.

[0012] 게다가, 추가의 상대적인 이동이 있다. 공구(10)를 이용하여 공작물(20)의 전체 기어 이빨 폭을 가공할 수 있도록 하기 위하여 축방향 이송(s_{ax})이 요구된다. 축방향 이송은, 공작물(20)의 회전축(R2)에 평행한 방향으로 공작물(20)에 관하여 공구(10)의 변위를 일으킨다. 이 공구(10)의 이송의 방향은, 도 2a에 있어서 Sax에 의해 식별된다. 만일 공작물(20)에 헬리컬 기어 이빨이 필요하다면(즉, $\beta_2 \neq 0$), 도 2a에 나타낸 바와 같이 그 회전축(R2) 주위의 공작물(20)의 추가적인 회전에 대응하는 다른 이송(s_D)이 축방향 이송(s_{ax})에 중첩된다. 다른 이송(s_D) 및 축방향 이송(Sax)은, 공작물(20)에 관한 공구(10)의 결과적인 이송이 생성되는 이빨 간극의 방향으로 발생하도록 설계점에서 서로에 대해 채용된다. 게다가, 예를 들어 공작물(20)의 기어 이빨의 극대화(crownin g)에 영향을 주도록 하기 위하여 반경방향 이송(s_{rad})이 이용될 수 있다.

[0013] 스카이빙에서, 절삭속도의 벡터(\vec{v}^c)는 실질적으로 축 교차각(Σ)에 의해 서로에 대하여 경사진 공구(10)와 공작물(20)의 회전축(R1, R2)의 2개의 속도 벡터(\vec{v}^1, \vec{v}^2)의 차로써 얻어진다. 여기서, \vec{v}^1 은 공구(10)의 원주에서의 속도벡터이고, \vec{v}^2 는 공작물(20)의 원주에서의 속도벡터이다. 스카이빙 공정의 절삭속도(\vec{v}^c)는, 동등한 헬리컬 기어전동에 있어서 축 교차각(Σ)과 회전속도에 의하여 변화될 수 있다. 전술한 바와 같이 비교적 느린 축방향 이송(s_{ax})은, 스카이빙 방법에서 절삭속도(\vec{v}^c)에 무시할 수 있는 작은 영향을 줄 뿐이다. 따라서 축방향 이송(s_{ax})은, 도 2a에서 벡터($\vec{v}^1, \vec{v}^2, \vec{v}^c$)를 갖는 벡터 다이어그램에서는 고려되고 있지 않다.

[0014] 도 2b는 원추형 스카이빙 공구(10)를 이용하여 공작물(20)의 외부 기어 이빨을 스카이빙하는 것을 나타낸다. 도 2b에는, 축 교차각(Σ), 절삭속도의 벡터(\vec{v}^c), 공구(10)의 원주에서의 속도벡터(\vec{v}^1), 공작물(20)의 원주에서의 속도벡터(\vec{v}^2), 공구(10)의 나선각(helix angle, β_1) 및 공작물(20)의 나선각(β_2)도 나타내어져 있다. 여기서, 나선각(β_2)은 0이 아니다. 공구(10)의 이빨 헤드는 도 2b에서 참조부호 4에 의해

식별된다. 이빨 면(teeth face)은 도 2b에서 참조부호 5에 의해 식별된다. 2개의 회전축(R1, R2)은 교차하지 않지만, 서로에 대하여 비스듬히 배열된다. 원추형 스카이빙 공구(10)에 의해, 설계점(AP)은 2개의 회전축(R1, R2)의 공통으로 수직한 부분에 선택되는바, 이는 스카이빙 공구(10)의 틸팅(tilting, 기울어짐)이 반드시 필요하지 않기 때문이다. 여기서 설계점(AP)은 소위 접촉점(BP)과 일치한다. 동등한 헬리컬 롤링 기어전동의 피치 원(pitch circle)은 이 설계점(AP)에서 접촉한다.

- [0015] 스카이빙에서, 적어도 하나의 기하학적으로 정의된 측면 절삭 에지를 구비하는 공구(10)가 사용된다. 측면 절삭 에지/측면 절삭 에지들은 도 2a 및 도 2b에는 나타나어져 있지 않다. 측면 절삭 에지들의 형상 및 구성은, 구체적인 설계에 있어서는 실제로 고려하지 않으면 안되는 관점들에 속한다.
- [0016] 게다가, 스카이빙에서는 공구 자체가 커다란 중요성(significance)을 가진다. 도 2a에 나타난 예에서는, 스카이빙 공구(10)는 직선으로 이빨이 형성된 스퍼(spur) 기어의 형상을 갖는다. 도 2a에서 메인 바디(main body)의 외부 윤곽은 원통 형상이다. 그러나, 이것은 도 2b에 도시된 바와 같이 원뿔 형상(원추 형상이라고도 함)으로 될 수도 있다. 스카이빙 공구(10)의 하나 또는 복수의 이빨이 측면 절삭 에지의 전체 길이에 걸쳐 맞물리기 때문에, 공구(10)의 각 기어 이빨은 측면 절삭 에지에서 충분한 여유각을 필요로 한다.
- [0017] 소위 세미 컴플리팅 접근 방식(approach)이 스카이빙에서 추종될 수 있다는 것이 알려져 있다. 접근 방식은, 이빨 간극의 오른쪽 및 왼쪽 측면 모두가 제1 스텝에서 가공되지만 오른쪽 또는 왼쪽 측면의 기하 구조만이 마무리 가공되는 세미 컴플리팅 방법으로 지정되어 있다. 다음에, 두 번째 스텝(step)에서는, 기계 설정이 변경된 후에, 두 측면 중 하나가 소망하는 간극 폭과 이빨 기하 구조를 얻기 위해 재작업(rework)된다. 세미 컴플리팅 방법의 응용에 대한 하나의 이유는, 측면들이 더 자유롭게 설계될 수 있다는 점이다. 즉, 소위 측면 변형이 컴플리팅 방법보다 더 쉽게 가능하다. 또한, 간극 폭이 작업 휠의 간단한 선회에 의해 변경된다는 점에서 이빨 두께도 세미 컴플리팅에서 수정될 수 있다.
- [0018] 세미 컴플리팅 방법은 원래 Zyklo-Palloid® 방법에서 예비밀링(premill)되어 있는 기어 이빨의 단일의 인덱싱 방법에서의 연속으로부터 베벨 기어에 대해 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 이전의 스카이빙 방법의 몇 가지의 연구는, 스카이빙 공구(10)의 설계에 따라, 스카이빙 공구(10)의 중요한 마모가 발생할 수 있다는 것으로 나타났다. 이 명세서에는 또한, 세미 컴플리팅 접근 방식의 스카이빙에 대한 응용을 위해 적용된다. 따라서, 스카이빙 공구(10)의 마모가 감소되도록 하거나, 또는 스카이빙 공구(10)의 서비스 수명이 개선되도록 허용하는 솔루션을 모색하였다. 공작물(20)의 기어 절삭 중의 생산 비용이 실질적으로 공구 서비스 수명에 의해 영향을 받기 때문에, 스카이빙 방법은 감소된 마모를 통해 더 비용적으로 유효하게 된다.
- [0020] 본 발명의 목적은, 기어 휠 또는 공작물에 대한 생산 비용의 감소에 의해 구별되는 기어 휠의 이빨 측면 또는 다른 주기 구조를 가공하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- [0021] 특히, 가장 긴 가능한 공구 서비스 수명을 보장하는 것에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0022] 이러한 목적은, 여기서 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법(alternating semi-completing skiving method)으로 지정되어 있는 방법에 의해 본 발명에 따라 달성된다. 즉, 이러한 목적은, 세미 컴플리팅 방법의 원리에 기초를 두고 있는 방법에 의해 본 발명에 따라 달성된다. 가장 균일한 가능한 부하 및 따라서 측면 절삭 에지와 선택적으로 스카이빙 공구의 헤드 절삭 에지의 마모를 달성하기 위해, 교번의 접근 방식이 실현된다.
- [0023] 이것이, 예를 들어 기어 이빨의 제조 중에 두 측면이 서로 다른 설정(setting)을 이용하지만 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법의 응용과 함께 지속적으로 동일한 공구를 이용하여 스카이빙되는 이 발명의 방법에 대한 특징이다. 이것은, 예를 들어 모든 왼쪽 측면 절삭 에지가 2회 사용되는 반면에 오른쪽 측면 절삭 에지는 1회만 사용되는 세미 컴플리팅 접근 방식의 본질이다. 따라서, 본 발명에 의하면, 이전에 더 강하거나 및/또는 더 긴 가공 시간의 지배 하에 있던 측면 절삭 에지(설명되는 예에서는 왼쪽 측면 절삭 에지)가 후속의 스텝에서 덜 강

하게 또는 덜 빈번하게 사용되도록 하는 방식으로 동일한 공구가 기어 이빨을 제조하는 데 사용된다. 이것은, 다른 측면 절삭 예지(설명되는 예에서는 오른쪽 측면 절삭 예지)가 두 번째 기어 이빨의 제조 중에 더 강하게 또는 더 빈번하게 사용되도록 함으로써 달성된다.

- [0024] 본 발명은 주로 비축물(stock)의 가공에 있어서 예비 기어 절삭을 위해 개발되었다.
- [0025] 본 발명에 의하면, 측면 절삭 예지의 마모에 더하여, 헤드 절삭 예지에서의 마모도 또한 등화되거나 또는 균일하게 분포될 수 있다.
- [0026] 따라서, 본 발명은 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법에 관한 것이다. 즉, 본 발명은 세미 컴플리팅의 관점이 연속 스카이빙 방법에 적용되고, 공구의 절삭 이빨의 부하가 측면 절삭 예지의 교번의 사용에 의해 가능한 한 균일하게 분포되도록 하는 방법에 관한 것이다.
- [0027] 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법은, 기어 이빨 등과 같은 회전 대칭형 주기 구조의 생산과 공동으로 사용될 수 있다.
- [0028] 여기서는 스카이빙 공구로 지정되어 있는 공구가, 교번의 세미 컴플리팅 스카이빙 방법에서 사용된다.
- [0029] 본 발명은 하나의 스카이빙 공구만을 채용하면서도 회전 대칭형 주기 구조를 갖는 적어도 두 개의 공작물을 스카이빙하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 다음과 같은 스텝(step)이 실행된다:
 - [0030] - 제1 공작물을 제공하는 스텝,
 - [0031] · 제1 공작물에 관하여 스카이빙 공구의 제1 상대 위치(relative position)를 접근시키는 스텝,
 - [0032] · 제1 공작물의 제1 스카이빙 가공 동작(제1 가공 단계(machining phase)라고도 함)를 실행하되, 이 제1 스카이빙 가공 동작 중에,
 - [0033] 제1 공작물의 주기 구조의 모든 오른쪽 또는 모든 왼쪽 측면이 마무리 가공되고 각각의 다른 측면이 예비가공되도록 하는 스텝,
 - [0034] · 제1 공작물에 관하여 스카이빙 공구의 제2 상대 위치를 접근시키는 스텝,
 - [0035] · 제1 공작물의 제2 스카이빙 가공 동작(제2 가공 단계라고도 함)를 실행하되, 이 제2 스카이빙 가공 동작 중에,
 - [0036] 이미 제1 스카이빙 가공 동작 중에 예비가공되어 있던 제1 공작물의 주기 구조의 측면들이 마무리 가공되도록 하는 스텝,
 - [0037] - 제2 공작물을 제공하는 스텝,
 - [0038] · 제2 공작물에 관하여 스카이빙 공구의 제3 상대 위치를 접근시키는 스텝,
 - [0039] · 제2 공작물의 제3 스카이빙 가공 동작(제3 가공 단계라고도 함)를 실행하되, 이 제3 스카이빙 가공 동작 중에,
 - [0040] 제1 공작물에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 왼쪽 측면이 마무리 가공된 경우는, 제2 공작물의 주기 구조의 모든 오른쪽 측면이 마무리 가공되고 모든 왼쪽 측면이 예비가공되거나,
 - [0041] 또는
 - [0042] 제1 공작물에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 오른쪽 측면이 마무리 가공된 경우는, 제2 공작물의 주기 구조의 모든 왼쪽 측면이 마무리 가공되고 모든 오른쪽 측면이 예비가공되도록 하는 스텝,
 - [0043] · 제2 공작물에 관하여 스카이빙 공구의 제4 상대 위치를 접근시키는 스텝,
 - [0044] · 제2 공작물의 제4 스카이빙 가공 동작(제4 가공 단계라고도 함)를 실행하되, 이 제4 스카이빙 가공 동작 중에,
 - [0045] 이미 제3 스카이빙 가공 동작 중에 예비가공되어 있던 제2 공작물의 주기 구조의 측면들이 마무리 가공되도록 하는 스텝.
 - [0046] 여기서 주지해야 할 것은, 제3 및 제4 가공 단계가 반드시 제1 및 제2 가공 단계 바로 뒤에 수행되도록 할 필요가 없다는 점이다. 예를 들어, 다수의 공작물에 대해 제1 및 제2 가공 단계를 수행하고, 그 후에 다른 공작물

에 대해 제3 및 제4 가공 단계를 수행하도록 하는 것도 가능하다. 그렇지만, 대체로 세미 컴플리팅 가공 중의 교대를 통해 스카이빙 공구의 오른쪽 측면 절삭 에지 및 왼쪽 측면 절삭 에지의 부하의 대략 동등한 분포가 달성된다는 것을 보장해야 한다.

- [0047] 여기서 주지해야 할 것은, 공작물의 회전 대칭형 주기 구조는 반드시 대칭 이빨, 또는 대칭 이빨 간극, 홈 (groove), 또는 채널을 가지도록 할 필요가 없다는 점이다. 간략화를 위해, 대칭 이빨을 갖는 공작물은 이후에 나타내어지고 설명된다. 그렇지만, 본 발명은 비대칭 구조에도 적용될 수 있다.
- [0048] 여기서 주지해야 할 것은, 제1 및 제2 상대 위치와 제3 및 제4 상대 위치가 서로 다르다는 점이다. 모든 실시예에서, 제1 상대 위치는 제4 상대 위치에 대응하는 것이 바람직하고, 제2 상대 위치는 제3 상대 위치에 대응하는 것이 바람직하다.
- [0049] 헤드 절삭 에지는 제1 공작물 및 제2 공작물에 제조해야 할 (이빨) 간극의 이빨 베이스에서의 간극 폭보다 작은 스카이빙 공구에 대한 폭을 갖는다.
- [0050] 게다가, 본 발명에 따르면, 공작물에 대한 간극 폭에 관하여 헤드 절삭 블레이드의 폭이 선택된다는 점에서 헤드 절삭 블레이드의 마모도 또한 균일하게 분포될 수 있다. 따라서, 헤드 절삭 블레이드는 이빨 베이스에서의 간극 폭의 2/3보다 적거나 그와 같은 폭을 갖는 것이 특히 바람직하다.
- [0051] 모든 실시예에서, 이빨 또는 다른 주기 구조가 형성될 때까지 재료가 공작물에서 연속해서 제거되도록 공작물과 공구 사이의 상대적인 이동 시퀀스(상대적인 이동이라 함)가 미리 정의되어 실행되는 것이 본 발명의 스카이빙에 대한 특징이다.
- [0052] 본 발명에 따르면, 반경방향 운동(radial movement)은 예를 들어 독일 특허출원 DE3915976 A1의 기술적인 가르침에 따라 이빨의 극대화(crowning)에 영향을 주기 위하여 스카이빙 공구의 상대적인 이송 운동(feed movement)에 중첩될 수 있다.
- [0053] 본 발명에 따른 방법은, 바람직하게는 "기어 이빨 없는", 즉 경화 전의 소프트 가공(soft machining, 예비 기어 절삭이라 함)의 범위에 있는 공작물에 이용된다.
- [0054] 본 발명에 따른 방법은 또한 특정 상황 하의 하드 가공(hard machining)을 위해 사용될 수 있다.
- [0055] 스카이빙 중에, 회전하는 공구는 제2 회전 축의 방향으로 회전하는 공작물에 관하여 축방향 이송 운동을 실행하는데, 이 축방향 이송 운동은 절삭 방향과 같은 방향 또는 반대 방향으로 확장된다.
- [0056] 공구의 회전 축은 항상 본 발명에 따른 스카이빙 시의 공작물의 회전 축에 관하여 비스듬히 배치되는바, 축 교차각(Σ)은 항상 0이 아니다.
- [0057] 게다가, 공구는 예를 들어 유럽특허청에 출원번호 EP11167703.5 하에 2011년 5월 26일에 출원된 본 출원인의 병행 출원(parallel application)에 설명된 바와 같은 발명에 따른 스카이빙 중에 공작물을 향하거나 또는 공작물로부터 멀어지는 방향으로 기울어질 수 있다.
- [0058] 본 발명에 따른 스카이빙은 연속적인 칩 제거 방법이다.
- [0059] 본 발명에 따른 공구들은, 컴플리트 공구(complete tool), 즉 실질적으로 한 조각에 있어서 실시되고 있는 공구로서 모든 실시예에 대해 설계될 수 있다. 컴플리트 공구에 있어서, 절삭 이빨은 공구의 통합된 구성요소이다.
- [0060] 본 발명의 모든 실시예에 대해, 바람직하게는 바 커터(bar cutter)의 형태로 커터 인서트(insert)를 구비한 디스크형, 링형 또는 플레이트형 커터 헤드 메인 바디를 갖는 커터 헤드 공구(여기서는 바 커터 공구라고도 함)가 특히 바람직하다. 또한, 절삭 플레이트를 구비한 디스크형 또는 플레이트형 커터 헤드 메인 바디를 갖는 절삭 플레이트 공구로서 설계되어 있는 발명의 실시예도 가능하다.
- [0061] 본 발명에 따르면, 바 커터 공구의 샤프트는 다른 스카이빙 공구에 비해 좁게 실현될 수 있다. 따라서, 더 높은 패킹 밀도가 가능하다. 또한, 다른 세미 컴플리팅 접근 방식에 비해 더 많은 바 커터 공구가 디스크형, 링형, 또는 플레이트형 커터 헤드 메인 바디에 하우징될 수도 있다.
- [0062] 본 발명의 방법은, 외부 공구뿐만 아니라 오히려 내부 공구에 의해 적용될 수 있다.

발명의 효과

[0063] 본 발명은, 종래의 세미 컴플리팅 스카이빙에 관하여 일련의 장점을 제공하는데, 이는 아래와 같이 요약된다:

[0064] - 더 길어진 공구의 서비스 수명;

[0065] - 더 낮아진 공작물 비용;

[0066] - 저감된 공구 고장;

[0067] - 더 좋아진 비용 효율.

[0068] 본 발명에 따른 방법은, 건식 가공(dry machining) 및 또한 습식 가공(wet machining)과 공동으로 모두 수행될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0069] 본 발명의 실시예를 참조하여 그리고 첨부하는 도면을 참조하여 이하에서 본 발명의 특징과 장점이 설명될 것이다. 개념적으로 도시한 모든 도면에서, 간략화를 위하여, 공작물과 스카이빙 공구는 피치 원(또는 피치 원통 위의 공작물)에서의 상황으로 단순화된다. 나타낸 관계들은 또한 높이를 갖는 기어 이빨 모두에 대해 적용된다.

도 1은 기어 성형 중에 외부에 이빨이 형성된 공작물(externally-toothed workpiece)과 맞물려 있는 원통형 외부 윤곽을 가진 성형 휠을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2a는 스카이빙 중에 외부에 이빨이 형성된 공작물과 맞물려 있는 원통형 외부 윤곽을 가진 직선으로 이빨이 형성된 스카이빙 휠(straight-toothed skiving wheel)을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2b는 스카이빙 중에 외부에 이빨이 형성된 공작물과 맞물려 있는 원추형 외부 윤곽을 가진 나선형으로 이빨이 형성된 스카이빙 휠(helical-toothed skiving wheel)을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3a의 (A)는 제1 공작물의 왼쪽 측면의 마무리 기어 절삭 및 오른쪽 측면의 동시 예비 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 및 왼쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지가 사용되는 제1 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3a의 (B)는 제1 공작물의 오른쪽 측면의 마무리 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지만이 사용되는 제2 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3b의 (C)는 제2 공작물의 오른쪽 측면의 마무리 기어 절삭 및 왼쪽 측면의 동시 예비 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 및 왼쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지가 사용되는 제3 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3b의 (D)는 제2 공작물의 왼쪽 측면의 마무리 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 왼쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지만이 사용되는 제4 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4a의 (A)는 제1 공작물의 왼쪽 측면의 마무리 기어 절삭 및 오른쪽 측면의 동시 예비 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 및 왼쪽 측면 절삭 예지 및 컴플리트 헤드 절삭 예지가 사용되는 제1 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4a의 (B)는 제1 공작물의 오른쪽 측면의 마무리 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지의 오른쪽 부분만이 사용되는 제2 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4b의 (C)는 제2 공작물의 오른쪽 측면의 마무리 기어 절삭 및 왼쪽 측면의 동시 예비 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 오른쪽 및 왼쪽 측면 절삭 예지 및 컴플리트 헤드 절삭 예지가 사용되는 제3 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4b의 (D)는 제2 공작물의 왼쪽 측면의 마무리 기어 절삭 중에 스카이빙 공구의 절삭 이빨의 왼쪽 측면 절삭 예지 및 헤드 절삭 예지의 왼쪽 부분만이 사용되는 제4 가공 단계의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 5a는 공작물의 단면의 평면도를 나타내는 것으로, 제1 가공 단계 중에 이빨 간극을 통과하는 절삭 이빨의 위치를 아주 개략적인 형태로 나타내는 도면이다.

도 5b는 도 5a에 따른 공작물의 단면의 평면도를 나타내는 것으로, 제2 가공 단계 중에 이빨 간극을 통과하는 절삭 이빨의 위치를 아주 개략적인 형태로 나타내는 도면이다.

도 6은 제2 가공 단계 중에 스카이빙 공구(도시하지 않음)의 절삭 이빨을 갖는 커터 바가 이빨 간극을 통해 어떻게 안내되는지를 인식할 수 있는 스카이빙 중의 공작물의 단면을 나타내는 도면이다.

도 7은 외부에 이빨이 형성된 원통형 공작물과 함께 -20° 의 경사각(δ)에서 본 발명과 공동으로 사용될 수 있는 원뿔형상으로 끝이 뾰족해진(tapering) 스카이빙 공구를 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 스카이빙 공구를 절삭 휠 컴플리트 공구의 형태로 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 9a는 또 다른 스카이빙 공구를 충분한 포지티브 경사각(δ)에서 사용하기에 알맞은 절삭 휠 컴플리트 공구의 형태로 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 9b는 도 9a에 나타낸 스카이빙 공구를 $+20^\circ$ 의 경사각(δ)이 미리 정의되어 있는 외부에 이빨이 형성된 원통형 공작물과 함께 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 10a는 또 다른 스카이빙 공구를 충분한 네거티브 경사각(δ)에서 사용하기에 알맞은 절삭 휠 컴플리트 공구의 형태로 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 10b는 도 10a에 나타낸 스카이빙 공구를 -20° 의 경사각(δ)이 미리 정의되어 있는 외부에 이빨이 형성된 원통형 공작물과 함께 아주 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 11은 내부 스카이빙 링의 몇 개의 커터 바만이 나타내어져 있고 내부 스카이빙 링의 링형상의 메인 바디는 나타내어져 있지 않은, 아래로부터 비스듬하게 직선으로 이빨이 형성된 공작물의 내부 스카이빙 중에 소위 내부 스카이빙 링의 일부를 개략적으로 나타내는 사시도이다.

도 12는 내부에 이빨이 형성된 공작물(internally-toothed workpiece)의 기어 절삭 중의 스카이빙 공구를 갖춘 본 발명에 따른 기계의 사시도를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0070] 본 발명의 설명에서는 관련 공보나 특허에서도 사용되고 있는 용어들을 사용했다. 그러나, 이러한 용어의 사용은 단지 보다 나은 이해를 위한 것이다. 특허청구범위의 발명의 사상과 보호의 범위는 특정의 용어 선택에 의해서 제한적으로 해석되지 않는다. 본 발명은 별 어려움 없이 다른 용어 시스템이나 기술 분야에 전달될 수 있다. 따라서, 이들 용어는 다른 기술분야에서 적용될 것이다.

[0071] 예를 들어, 회전 대칭형 주기 구조는 외부 또는 내부 기어 이빨을 갖는 (스피어 기어와 같은) 기어 휠이다. 그렇지만, 예를 들어 브레이크 디스크, 클러치 요소 또는 전송 요소 등도 고려할 수 있다. 특히, 이것은 피니언 샤프트, 웜기어, 기어 휠 펌프, 링조인트 허브(링조인트는 예를 들어 차동 기어로부터 자동차 휠로 힘을 전달하기 위하여 모터 차량 섹터에 있어서 사용됨), 스플라인 샤프트 연결부, 슬라이딩 슬리브, 벨트 풀리 등의 생산에 관한 것이다. 여기서 주기 구조는 주기적으로 순환하는 구조로서 지정되어 있다.

[0072] 이하에서는, 주로 기어 휠, 이빨 및 이빨 간극에 대하여 설명한다. 그러나, 위에서 언급한 바와 같이, 본 발명은 다른 주기 구조를 갖는 다른 구성요소에 대해서도 적용될 수 있다. 이 경우, 이들 다른 구성요소는 이빨 간극에는 관련되지 않지만, 예를 들어 슬롯이나 홈에 관련된다.

[0073] 제1 및 제2 공작물(50.1, 50.2)이 이하에 논의된다. 제2 공작물(50.2)은 전형적으로는 아직 가공되지 않은 형태와 공작물(50.1)로부터 마무리 가공된 형태에서 다르지 않다. 전형적으로, 여기서 제1 가공 단계(machining phase)로서 지정되어 있는 제1 스텝 후의 공작물(50.1)과, 여기서 제3 가공 단계로서 지정되어 있는 제3 스텝 후의 제2 공작물(50.2) 사이에는 차이가 있다.

[0074] 본 발명에 따른 방법의 기본적인 국면은, 도 3a의 (A)~도 3b의 (D) 및 도 4a의 (A)~도 4b의 (D)에 나타낸 매우 개략적인 도면을 참조하여 이하에 설명된다.

[0075] 제1 방법은, 주로 스카이빙 공구(100)의 모든 오른쪽 측면 절삭 에지(113) 및 모든 왼쪽 측면 절삭 에지(112)의 균일한 부하에 관한 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)를 기초로 설명된다. 스카이빙 공구(100)의 헤드 절단 블레이드(114)는 여기서는 최적화를 위해 이용하지 않았다. 도 3a의 (A) 및 도 3a의 (B)는 회전 대칭형 주기 구조를 갖지만 스카이빙 공구(100)를 이용하는 제1 공작물(50.1)의 스카이빙에 관한 것이고, 그리고 도 3b의 (C) 및 도 3b의 (D)는 회전 대칭형 주기 구조를 갖지만 동일한 스카이빙 공구(100)를 이용하는 제2 공작물(50.2)의 스카이

빙에 관한 것이다. 이들 도면은 매우 개략적이고 단지 스카이빙 공구(100)의 하나의 이빨 간극 및 하나의 절삭 이빨(111)만을 나타내고 있다. 다음의 라인들은 도 3a의 (A) 및 도 3a의 (B)에서의 스카이빙 공구(100)와 공작물(50.1)의 상대적인 위치 및 도 3b의 (C) 및 도 3b의 (D)에서의 스카이빙 공구(100)와 공작물(50.2)의 상대적인 위치를 인식하는 데 도움을 주기 위해 그려져 있다. ML은 절삭 이빨(111)의 중심 라인을 나타낸다. 가상의 간극 중심은 라인 LM으로 표시되어 있다. 두꺼운 점선은, 나타낸 순간에 공작물(50.1 또는 50.2) 상의 재료를 각각 제거하는 절삭 이빨(111)의 부분들을 개략적으로 나타내고 있다.

- [0076] 이빨 또는 다른 주기 구조는 또한 도면에서 간단화를 위해 대칭 구조를 나타내고 있지만 본 발명의 모든 실시예에서 비대칭 구조로 할 수 있다.
- [0077] 이 방법은 다음의 스텝들을 구비하고 있다:
- [0078] - 제1 공작물(50.1)을 제공한다. 이 스텝은, 예를 들어 제1 공작물(50.1)을 스카이빙 머신(200)으로 도입하는 스텝과, 제1 공작물(50.1)을 공작물 스펀들(180) 상에 처킹(chucking)하는 스텝을 구비할 수 있다.
- [0079] · 이제, 제1 공작물(50.1)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제1 상대 위치(RP1)가 접근하고 있다. 제1 상대 위치(RP1)는 도 3a의 (A)에 표시되어 있다(여기서 중심 라인 ML은 가상의 간극 중심 LM의 왼쪽에 위치되어 있다).
- [0080] · 제1 상대 위치(RP1)에서는, 제1 공작물(50.1)의 제1 스카이빙 가공 동작(제1 가공 단계라고도 함)이 시작된다. 이 제1 가공 단계 중에는, 제1 공작물(50.1)의 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54) 또는 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공되고, 각각의 다른 측면(53, 54)이 예비가공된다. 참조 부호 53f(f는 마무리(finish)되어 있음을 나타냄)에 의해 표시된 바와 같이 왼쪽 측면이 제1 가공 단계 중에 마무리 가공되어 있는 예가 도 3a의 (A)에 나타내어져 있다. 대조적으로, 오른쪽 측면들은 참조 부호 54v(v는 예비가공되어 있음을 나타냄)에 의해 표시된 바와 같이 예비가공되어 있을 뿐이다. 제1 가공 단계 중에는 모든 측면 절삭 예지(112, 113 및 114)가 전부 사용된다.
- [0081] · 이제, 제1 공작물(50.1)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제2 상대 위치(RP2)가 접근하고 있다. 제2 상대 위치(RP2)는 도 3a의 (B)에 표시되어 있다(여기서 중심 라인 ML은 가상의 간극 중심 LM의 오른쪽에 위치되어 있다).
- [0082] · 제2 상대 위치(RP2)에서는, 제1 공작물(50.1)의 제2 스카이빙 가공 동작(제2 가공 단계라고도 함)이 시작된다. 이 제2 가공 단계 중에는, 이미 제1 가공 단계 중에 예비가공되어 있던 제1 공작물(50.1)의 주기 구조의 측면(53, 54)이 마무리 가공된다. 나타낸 예에서는, 참조 부호 54f(f는 마무리되어 있음을 나타냄)에 의해 표시된 바와 같이 오른쪽 측면은 제2 가공 단계 중에 마무리 가공된다. 제2 가공 단계 중에는, 모든 오른쪽 측면 절삭 예지(113) 및 컴플리트 헤드 절삭 예지(114)가 사용된다. 여기서는, 왼쪽 측면 절삭 예지(112)는 사용되지 않는다.
- [0083] - 제1 공작물(50.1)의 가공에 뒤따라서, 또는 추가의 제1 공작물이 (동일한 방법 계획(scheme)에 따라) 가공된 후에, 제2 공작물(50.2)이 제공된다. 이 스텝은, 예를 들어 제2 공작물(50.2)을 스카이빙 머신(200)으로 도입하는 스텝과, 제2 공작물(50.2)을 공작물 스펀들(180) 상에 처킹하는 스텝을 구비할 수 있다. 이것은, 리처킹(re-chucking) 없이 제1 공작물(50.1)을 가공하는 것으로부터 제2 공작물(50.2)을 가공하는 것으로의 변경을 허용하기 위해, 두 개의 공작물 스펀들(180)과 함께 스카이빙 머신(200)을 갖추는 것도 또한 가능하다.
- [0084] · 이제, 제2 공작물(50.2)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제3 상대 위치(RP3)가 접근하고 있다. 여기서는, 제2 상대 위치(RP2)에서와 마찬가지로, 중심 라인 ML이 가상의 간극 중심 LM의 오른쪽에 위치되어 있다.
- [0085] · (예를 들어, 제2 상대 위치(RP2)에 대응할 수 있는) 제3 상대 위치(RP2)에서는, 제2 공작물(50.2)의 제3 스카이빙 가공 동작(제3 가공 단계라고도 함)이 시작된다. 이 제3 가공 단계 중에는,
- [0086] (도 3a의 (A)에서의 경우와 마찬가지로) 제1 공작물(50.1) 상에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공되어 있는 경우에는, (도 3b의 (C)에 있어서 나타낸 바와 같이) 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54)이 마무리 가공되고 모든 왼쪽 측면(53)이 예비가공되거나,
- [0087] 또는 제1 공작물(50.1) 상에서의 제1 스카이빙 가공 동작의 실행 중에 주기 구조의 모든 오른쪽 측면(54)이 마무리 가공되어 있는 경우에는, 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 모든 왼쪽 측면(53)이 마무리 가공되고 모든 오른쪽 측면(54)이 예비가공된다.
- [0088] 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)에 나타낸 예에서는, 도 3a의 (A)에 있어서 참조 부호 53f(f는 마무리되어 있음을 나

타냄)에 의해 표시된 바와 같이 주기 구조의 모든 왼쪽 측면들이 제1 가공 단계 중에 제1 공작물(50.1) 상에서 마무리 가공되었다. 따라서, (도 3b의 (C)에 나타낸) 제3 가공 단계 중에는, 참조 부호 54f(f는 마무리되어 있음을 나타냄)에 의해 도 3b의 (C)에 표시된 바와 같이 주기 구조의 모든 오른쪽 측면들이 마무리 가공되었다. 왼쪽 측면들은 참조 부호 53v(v는 예비가공되어 있음을 나타냄)에 의해 도 3b의 (C)에 표시된 바와 같이 예비가공될 뿐이었다. 모든 측면 절삭 예지(112, 113 및 114)는 제3 가공 페이지 중에 전부 다시 사용되었다.

[0089] · 이제, 제2 공작물(50.2)에 관하여 스카이빙 공구(100)의 제4 상대 위치(RP4)가 접근하고 있다. 제4 상대 위치(RP4)는, 도 3a의 (A)와 도 3b의 (D)의 비교에 기초해서 명백하게 된 제1 상대 위치(RP1)에 대해 나타낸 예에 있어서 동일하다. 제1 상대 위치(RP1)에서와 마찬가지로, 여기서도 중심 라인 ML은 가상의 간극 중심 LM의 왼쪽에 위치되어 있다.

[0090] · 제4 상대 위치(RP4)에서는, 제2 공작물(50.2)의 제4 스카이빙 가공 동작(제4 가공 단계라고도 함)이 시작된다. 이 제4 가공 단계 중에는, 이미 제3 가공 단계 중에 예비가공되어 있던 제2 공작물(50.2)의 주기 구조의 측면(53, 54)이 마무리 가공된다. 나타낸 예에서는, 도 3b의 (D)에 참조 부호 53f(f는 마무리되어 있음을 나타냄)에 의해 표시된 바와 같이 왼쪽 측면이 마무리 가공된다. 제4 가공 단계 중에는 모든 왼쪽 측면 절삭 예지(112) 및 전체적인 헤드 절삭 예지(114)가 사용된다. 여기서는, 오른쪽 측면 절삭 예지(113)는 사용되지 않는다.

[0091] 전반적으로, 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)에 따른 제1 공작물(50.1) 및 제2 공작물(50.2)의 제조 중에는, 왼쪽 측면 절삭 예지(112)가 3회 사용되고, 오른쪽 측면 절삭 예지(113)가 3회 사용되며, 헤드 절삭 예지가 하나의 커터에 의해 절단된 이빨 간극(52)마다 4회 사용된다. 따라서, 측면 절삭 예지(112, 113)가 균일하게 로드된다.

[0092] 더욱이, 오른쪽 측면 절삭 예지(113), 왼쪽 측면 절삭 예지(112) 및 헤드 절삭 예지(114)가 절삭 이빨(111)에 제공되고 있음을 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)에서 알 수 있다. 나타낸 예에서는, 헤드 절삭 예지(114)는 대략 제조해야 할 이빨 간극(52)의 이빨 베이스(55)의 베이스 폭의 절반에 상당하는 폭(도면의 평면에서 보았을 때)을 가진다. 이러한 치수기입(dimensioning)은, 제1 공작물(50.1)의 가공 중, 구체적으로는 제1 가공 단계(도 3a의 (A)) 및 제2 가공 단계(도 3a의 (B)) 중에 헤드 절삭 예지(114)가 2회 사용되는 결과를 가져 온다. 따라서, 제2 공작물(50.2)에서는, 헤드 절삭 예지(114)가 또한 2회 사용된다. 대조적으로, 헤드 절삭 예지(114)의 폭이 제조해야 할 이빨 간극(52)의 베이스 폭의 절반보다 크게 만들어지는 경우에는, 도 4a의 (A)~도 4b의 (D)에 기초해서 이후에 설명되는 바와 같이 헤드 절삭 예지(114)의 일부만이 다수 회 사용된다.

[0093] 제2 방법은, 뿐만 아니라 스카이빙 공구(100)의 모든 오른쪽 측면 절삭 예지(113) 및 모든 왼쪽 측면 절삭 예지(112)의 균일한 부하에 관한 도 4a의 (A)~도 4b의 (D)에 기초해서 설명될 것이다. 스카이빙 공구(100)의 헤드 절삭 예지(114)는 여기서는 최적화를 위해 이용했다. 도 4a의 (A) 및 도 4a의 (B)는 또한 회전 대칭형 주기 구조를 갖지만 스카이빙 공구(100)를 이용하는 제1 공작물(50.1)의 스카이빙에 관한 것이고, 그리고 도 4b의 (C) 및 도 4b의 (D)는 회전 대칭형 주기 구조를 갖지만 동일한 스카이빙 공구(100)를 이용하는 제2 공작물(50.2)의 스카이빙에 관한 것이다.

[0094] 도 4a의 (A)~도 4b의 (D)가 실질적으로 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)에 대응하기 때문에, 도 3a의 (A)~도 3b의 (D)의 설명에 대해 참조가 이루어진다. 헤드 절삭 예지(114)는 대략 이빨 베이스(55)의 간극 폭의 2/3에 상당하는 폭을 가짐을 도 4a의 (B) 및 도 4b의 (D)에 기초해서 알 수 있다.

[0095] 도 4a의 (A)에 나타내어져 있는 제1 가공 단계에서는, 두꺼운 점선에 기초해서 여기에서 인식될 수 있는 바와 같이, 모든 측면 절삭 예지(112, 113) 및 전체적인 헤드 절삭 예지(114)가 사용된다. 도 4a의 (A)에서는, 왼쪽 측면(53f)이 마무리 가공되고, 오른쪽 측면(54v)이 예비가공된다. 게다가, 이빨 베이스는 헤드 절삭 예지(114)의 전체 폭에 걸쳐 가공되었다.

[0096] 도 4a의 (B)에서는, 오른쪽 측면(54f)은 제2 가공 단계 중에 마무리 가공된다. 게다가, 이빨 베이스(55)에서의 간극 폭의 대략 오른쪽 세 번째가 마무리 가공된다. 도 4a의 (B)에 나타내어져 있는 제2 가공 단계에서는, 두꺼운 점선에 기초해서 여기에서 인식될 수 있는 바와 같이, 오른쪽 측면 절삭 예지(113) 및 기껏해야 헤드 절삭 예지(114)의 오른쪽 절반만이 사용된다.

[0097] 도 4b의 (C)에 나타내어져 있는 제3 가공 단계에서는, 두꺼운 점선에 기초해서 여기에서 인식될 수 있는 바와 같이, 모든 측면 절삭 예지(112, 113) 및 전체적인 헤드 절삭 예지(114)가 다시 사용된다. 도 4b의 (C)에서는, 오른쪽 측면(54f)이 마무리 가공되고, 왼쪽 측면(53v)이 예비가공된다. 게다가, 이빨 베이스는 헤드 절삭 예지(114)의 전체 폭에 걸쳐 가공되었다.

- [0098] 도 4b의 (D)에서는, 왼쪽 측면(53f)은 제4 가공 단계 중에 마무리 가공된다. 게다가, 이빨 베이스(55)에서의 간극 폭의 대략 왼쪽 세 번째가 마무리 가공된다. 도 4b의 (D)에 나타내어져 있는 제4 가공 단계에서는, 두꺼운 점선에 기초해서 여기에서 인식될 수 있는 바와 같이, 왼쪽 측면 절삭 에지(112) 및 기껏해야 헤드 절삭 에지(114)의 왼쪽 절반만이 사용된다.
- [0099] 전반적으로, 도 4a의 (A)~도 4b의 (D)에 따른 제1 공작물(50.1) 및 제2 공작물(50.2)의 제조 중에는, 왼쪽 측면 절삭 에지(112)가 3회 사용되고, 오른쪽 측면 절삭 에지(113)가 3회 사용되며, 헤드 절삭 에지가 하나의 커터에 의해 절단된 이빨 간극(52)마다 3회 사용된다. 따라서, 측면 절삭 에지(112, 113) 및 헤드 절삭 에지(114)가 균일하게 로드된다.
- [0100] 절삭 이빨(111)은, 컴플리트 공구, 바 커터 공구, 또는 절삭 플레이트 공구로서 실현되는 스카이빙 공구(100)의 일부로 될 수 있다.
- [0101] 도 5a 및 도 5b는 대략 도 3a의 (A) 및 (B)의 상황에 상당하는 도면을 나타내고 있다.
- [0102] 도 5a는 공작물(50.1)의 부분을 평면도로 나타내고 있는 것으로, 이빨 간극(52)을 통과하는 절삭 이빨(111)의 위치가 매우 개략적인 형태로 나타내어져 있다. 이송 방향(VR), 절삭 방향(SR), 절삭 이빨(111)의 위치, 그리고 절삭 표면(121)의 개략적인 형상은 도 5a 및 도 5b에 기초해서 인식할 수 있다. 이송 방향(VR)은, 간극 방향으로 확장되고, 공작물(50.1)의 그에 결합되어 있는 축방향 이송 및 차동 이송으로 구성되어 있다. 절삭 방향(SR)은 여기서 이송 방향(VR)과 예각을 형성한다. 도 5a는 예를 들어 제1 가공 단계 중의 개략적인 스냅 샷(snapshot)을 나타낸다. 측면 절삭 에지(112, 113) 및 헤드 절삭 에지(114)는 도 5a에 점선으로 나타내어져 있고, 절삭 이빨(111)의 이들 요소는 공작물(50.1)의 재료에 의해 감춰져 있다. 나타낸 순간에는, 측면 절삭 에지(112, 113) 모두 및 헤드 절삭 에지(114)도 사용된다.
- [0103] 도 5b는 예를 들어 제2 가공 단계 중의 개략적인 스냅 샷을 나타낸다. 측면 절삭 에지(112)를 볼 수 있다. 측면 절삭 에지(113)는 작은 부분만을 인식할 수 있다. 헤드 절삭 에지(114)는 공작물(50.1)의 재료에 의해 도 5b에서 감춰져 있다. 더 나은 설명을 위해, 중요성이 도 3a의 (A) 및 도 3b의 (D)의 맥락에 설명된 보조 라인(LM 및 ML)도 또한 도 5a 및 도 5b에 나타내어져 있다.
- [0104] 도 6은 본 발명에 따른 스카이빙 중에 제2 공작물(50.2)의 한 부분을 나타내는 것으로, 절삭 이빨(111)을 갖는 커터 바(120)가 이빨 간극(52)을 통해 어떻게 안내되는지를 인식할 수 있다. 도 6에 나타내어져 있는 스카이빙 공구(100)(바 커터 공구라고도 함)는, 다수의 커터 바(120)를 수용하기 위한 메인 바디(main body)를 구비하고 있다. 그렇지만, 여기서는 하나의 스카이빙 공구(100)만을 나타내고 있다.
- [0105] 모든 실시예에서, 각 절삭 이빨(111)은 절삭 표면(121)을 갖고, 모든 절삭 표면(121)은 바람직하게는 공구(100)의 회전 축(R1)에 관하여 정면의 평면에 또는 정면의 원뿔형 표면(conical surface)에 회전 대칭가능하게 배열된다(선택적으로는 계단 각도(stair angle)에 의해 단부 평면 및 원뿔형 표면에 관하여 개별적으로 기울어진다).
- [0106] 즉, 절삭 표면(121)은 바람직하게는 단부 평면에 대해 축퇴(degenerate)될 수 있는 정면의 원뿔형 표면에 공구(100)의 회전 축(R1)에 관하여 회전 대칭가능하게 배열된다.
- [0107] 절삭 표면(121)은, 평평한 면 또는 절삭 헤드(절삭 이빨(111))에 대해 약간 구부러진 면으로서 실현될 수 있다. 절삭 표면(121)은 또한 절삭면 기준 평면에 관하여 약간 원호 형상으로 될 수도 있다.
- [0108] 본 발명에 따르면, 두 개의 회전 축(R1, R2)은 항상 서로 비스듬하게 되어 있다. 따라서, 축 교차각(Σ)은 여기서 항상 제로가 아니다.
- [0109] 공구(100)는 바람직하게는 스카이빙 중에 공작물(50.1, 50.2) 쪽으로 향하거나 또는 공작물(50.1, 50.2)로부터 멀어지는 방향으로 기울어질 수 있다. 공구(100)의 대응하는 경사는 선택 사항이다. 경사는 일반적으로는 충돌을 피하기 위해 사용된다. 대응하는 경사각은 δ 에 의해 지정되어 있다. 경사에 관한 상세한 설명은, 예를 들어 유럽특허청에 출원 번호 EP11167703.5 하에 2011년 5월 26일에 출원된 본 출원인의 병행 출원에 기재되어 있다.
- [0110] 경사각(δ)은 바람직하게는 $-30^\circ \sim 30^\circ$ 의 범위에 있다
- [0111] 도 7은 -20° 의 경사각(δ)에서 발명의 맥락에서 사용될 수 있는 원뿔형으로 끝이 뾰족해진 스카이빙 공구(100)의 아주 개략적인 도면을 나타낸다. 도 7에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 스카이빙 공구(100)는 바람직하게

는 바 커터(120)의 형태로 커터 인서트를 갖춘 커터 헤드 메인 바디(110)(여기서는 잘려진 원뿔(원뿔형)의 형태를 가짐)를 갖는 소위 커터 헤드 공구이다. 스카이빙 공구(100)는 매우 개략적으로 여기에 나타내어져 있는 공구 스핀들(170)에 의해 머신(200)으로의 이동에 관해서 연결되어 있다. 스카이빙 공구(100)는, $\delta = -20^\circ$ 의 경사에도 불구하고 스카이빙 중에 스카이빙 공구(100)의 공작물(50.1 또는 50.2)과의 충돌이 발생하지 않도록 선택된 (커터 바(120)를 포함하는 커터 헤드 메인 바디(110)의 3차원 외주 형태의 의미에서) 충돌 윤곽을 가진다.

[0112] 그렇지만, 스카이빙 공구(100)는 또한 예를 들어 도 8에 나타낸 바와 같은 또 다른 형태를 가질 수 있다. 도 8은 절삭 휠의 형태를 갖는 스카이빙 공구(100)를 나타낸다. 이것은, 절삭 이빨(111)이 스카이빙 공구(100)의 일부인 컴플리트 공구(complete tool)이다. 스카이빙 공구(100)는 도 8에서 참조 부호가 제공된 것 중의 어느 하나, 여기서는 24개의 절삭 이빨(111)을 갖고 있다. 스카이빙 공구(100)의 메인 바디는 여기서는 잘려진 원뿔 디스크의 형태 또는 잘려진 원뿔의 형태로 플레이트를 갖고 있다. 단일의 절삭 이빨(111)은 스카이빙 공구(100) 옆에 길다란 형태로 나타내어져 있다. 측면 절삭 에지(112, 113), 헤드 절삭 에지(114) 및 절삭 표면(121)은 이 절삭 이빨(111)에 지정되어 있다.

[0113] 도 9a는 본 발명과 공동으로 사용될 수 있는 또 다른 스카이빙 공구(100)를 나타낸다. 절삭 이빨(111)의 절삭 표면(121)은 여기서는 (선택적으로 기울어진) 원뿔형 표면에 배열되어 있다. 도 9b는 원통형 공작물(50.1 또는 50.2)과 맞물려 있는 도 9a에 따른 스카이빙 공구(100)를 나타낸다. 스카이빙 공구(100)는 충분한 경사각(δ)에서 여기서는 공작물(50.1, 50.2)로부터 떨어져서 기울어져 있다. 여기서 경사각(δ)은 대략 20° 이다.

[0114] 도 9a 및 도 9b에 나타낸 스카이빙 공구(100)는 직선으로 이빨이 형성된 베벨 기어(bevel gear)의 형태를 갖고, 여기서 이 베벨 기어의 이빨은 절삭 이빨(111)을 나타낸다. 절삭 표면(121)은 더 작은 직경을 갖는 단부 측에 위치되어 있다. 더 정확하게는, 절삭 표면(121)은 보충 원뿔, 즉 (선택적으로는 그에 관하여 기울어진) 원뿔형 표면에 배열되어 있다. 도시된 스카이빙 공구(100)의 헬리컬 각(helical angle, β_1)은 0° 이다. 0° 가 아닌 헬리컬 각(β_1)에 대해서는, 대응하는 스카이빙 공구(100)가 나선으로 이빨이 형성된 베벨 기어의 기본 형상을 가진다.

[0115] 도 10a는 본 발명과 공동으로 사용될 수 있는 또 다른 스카이빙 공구(100)를 나타낸다. 절삭 이빨(111)의 절삭 표면(121)은 여기서는 (선택적으로 기울어진) 원뿔형 표면에 배열되어 있다. 도 10b는 원통형 공작물(50.1 또는 50.2)과 맞물려 있는 도 10a에 따른 스카이빙 공구(100)를 나타낸다. 스카이빙 공구(100)는 충분한 경사각(δ)에서 여기서는 공작물(50.1, 50.2)로부터 떨어져서 기울어져 있다. 여기서 경사각(δ)은 대략 -18° 이다.

[0116] 도 10a 및 도 10b에 나타낸 스카이빙 공구(100)는 직선으로 이빨이 형성된 베벨 기어의 형태를 갖고, 여기서 이 베벨 기어의 이빨은 절삭 이빨(111)을 나타낸다. 절삭 표면(121)은 더 큰 직경을 갖는 단부 측에 위치되어 있다. 더 정확하게는, 절삭 표면(121)은 보충 원뿔, 즉 (선택적으로는 그에 관하여 기울어진) 원뿔형 표면에 배열되어 있다. 도시된 스카이빙 공구(100)의 헬리컬 각(β_1)은 0° 이다. 0° 가 아닌 헬리컬 각(β_1)에 대해서는, 대응하는 스카이빙 공구(100)가 나선으로 이빨이 형성된 베벨 기어의 기본 형상을 가진다.

[0117] 도 11은 직선으로 이빨이 형성된 공작물(50.1 또는 50.2)의 내부 스카이빙 중에 소위 내부 스카이빙 공구(100)의 일부의 개략적인 사시도를 나타내는 것으로, 내부 스카이빙 공구(100)의 몇 개의 커터 바(120)만이 나타내어져 있다. 이빨(51) 또는 이빨(51) 사이의 이빨 간극(52)은 각각 직선으로 이빨이 형성된 공작물(50.1, 50.2) 상에서 이미 거의 마무리되었다. 내부 스카이빙 링(100)의 링형상의 메인 바디는 나타내어져 있지 않다. 커터 바(120)의 좁은 샤프트(여기서는 직사각형 단면으로 나타냄)가 링형상의 메인 바디 내에서 어떻게 문제 및 충돌 없이 배열될 수 있는지 도 11에 기초해서 잘 알 수 있다. 절삭 이빨(111) 및 절삭 표면(121)은 도 11에 있어서 커터 바(120)의 하나 위에 지정되어 있다. 나타낸 예에서는, 절삭 이빨(111)의 절삭 표면(121)은 단부 플레이트에 관하여 약간 기울어져 있다.

[0118] 내부 스카이빙에 대한 상응하는 방법의 상세한 설명은, 예를 들어 유럽특허청에 출원 번호 EP11173901.7 하에 2011년 7월 14일에 출원된 본 출원인의 병행 출원에 기재되어 있다.

[0119] 본 발명에 따른 교번의 세미 컴플리트 스카이빙을 위해 설계되어 있는 머신(200)은, 축 R1 및 R2의 결합 또는 축 이동의 조정을 허용하는 CNC 컨트롤러(201)를 가지고 있다. CNC 컨트롤러(201)는 머신(200)의 일부분으로 될 수 있고, 또는 머신(200)으로의 통신 접속(202)에 의해 외부적으로 실현되거나 설계될 수 있다. 대응하는 머신(200)은 공작물 50.1 또는 50.2에 관하여 스카이빙 공구의 이송 운동(VB)을 실행하기 위해(나타낸 예에서는, 공작물 50.1 또는 50.2은 내부에 이빨이 형성된 공작물임), 소위 "전자적 기어 트레인(electronic

gear train, 전자적 기어 열)" 또는 "전자적 축 결합이나 프로그램된 축 결합"으로 구성되어 있다. 다양한 가공 단계 중에, 헬리컬 기어 드라이브의 상대적인 이동에 상응하는 대응하는 상대적인 이동이 스카이빙 공구(100)와 공작물(50.1, 50.2) 사이에서 발생하도록, 스카이빙 공구(100)와 공작물(50.1, 50.2)의 결합된 이동이 수행된다. 전자 기어 트레인, 또는 전자적 축 결합이나 프로그램된 축 결합은 각각 머신(200)의 적어도 두 축의 속도 동기화를 보장한다. 이 경우, 공구 스피들(170)의 적어도 회전 축(R1)은 공작물 스피들(180)의 회전 축(R2)에 결합된다. 게다가, 공구 스피들(170)의 회전 축(R1)은 바람직하게는 모든 실시예에서 방향(R2)에서의 축 이송 운동(VB)에 결합된다. 이 축 이송 운동(VB)은 이동 204(수직으로) 및 208(수평으로)의 중첩에 기인한다. 게다가, 공작물 스피들(180)은 이중 화살표(206)로 나타낸 바와 같이 선회 축(SA)에 평행한 (회전) 캐리지(205)에 의해 선형적으로 변위될 수 있다. 더욱이, 공구 스피들(180) 및 공작물(50.1, 50.2)을 포함하는 (회전) 캐리지(205)는 이중 화살표(207)로 나타낸 바와 같이 선회 축(SA) 주위로 회전될 수 있다. 축 교차각(Σ)은 선회 축(SA) 주위의 회전에 의해 설정될 수 있다. 회전 축(R1, R2)의 축 간격은 선형 변위 이동(206)에 의해 설정될 수 있다.

[0120] 도 12에 나타낸 바와 같이, 수직 배열에 기초를 두고 있는 머신(200)이 바람직하게 사용된다. 이러한 수직 배열에서, 공구 스피들(170)을 포함하는 스카이빙 공구(100)가 공작물 스피들(180)을 포함하는 공작물(50.1, 50.2) 위에 장착되거나, 또는 그 반대로 된다. 스카이빙 시에 발생하는 칩(chip)은 중력의 영향으로 인해 아래쪽으로 하강하고, 예를 들어 칩 베드(chip bed, 도시하지 않음)를 통해 제거될 수 있다.

[0121] 더욱이, 본 발명에 따른 스카이빙을 위해 설계된 머신(200)은 상술한 축의 정확하면서 복잡한 기하학적 및 이동학적 기계 설정 및 축 이동을 보장한다. 바람직하게는, 머신(200)은 모든 실시예에서 6축을 갖는다. 다음과 같은 축 이동이 선호된다:

- [0122] - 제1 회전 축(R1) 주위의 스카이빙 공구(100)의 회전;
- [0123] - 제2 회전 축 R2 주위의 공작물(50.1, 50.2)의 결합된 회전;
- [0124] - 선회 축(SA) 주위의 회전 운동;
- [0125] - 204에 평행한 선형 수직 이동;
- [0126] - 206에 평행한 선형 수평 이동;
- [0127] - 208에 평행한 선형 수평 이동.

[0128]

[0129] 설명된 스카이빙 방법은 모든 실시예에서 건식(dry) 또는 습식(wet) 형태로 적용될 수 있는데, 이때 건식 형태의 스카이빙의 사용이 선호된다.

[0130] 설명된 스카이빙 방법의 적용 범위는 크고, 크게 변화하는 회전 대칭형 주기 구조의 생산에서의 응용으로 확장된다.

부호의 설명

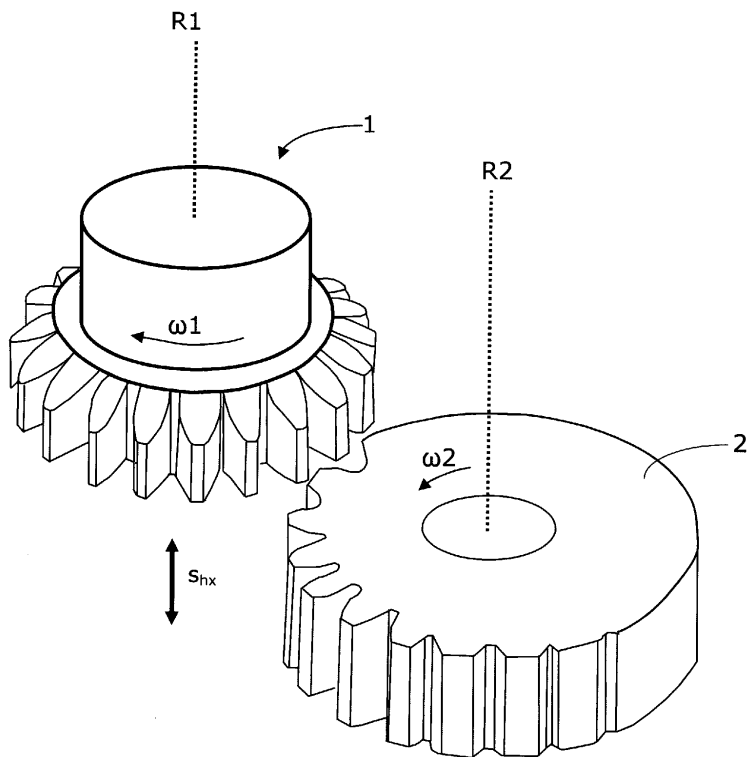
- [0131] 1 성형 휠
- 2 공작물
- 4 이빨 헤드
- 5 이빨 먼
- 10 스카이빙 공구
- 20 (스카이브된) 공작물
- 50.1 제1 (스카이브된) 공작물
- 50.2 제2 (스카이브된) 공작물
- 51 이빨

52	이빨 간극
53	왼쪽 측면
53v	예비가공된 왼쪽 측면
53f	마무리 가공된 왼쪽 측면
54	오른쪽 측면
54v	예비가공된 오른쪽 측면
54f	마무리 가공된 오른쪽 측면
55	이빨 베이스
100	스카이빙 공구
110	커터 헤드 메인 바디
111	절삭 이빨/절삭 헤드
112	제2 측면 절삭 에지/왼쪽 측면 절삭 에지
113	제1 측면 절삭 에지/오른쪽 측면 절삭 에지
114	헤드 절삭 에지
120	커터 바
121	절삭 표면
170	공구 스핀들
180	공작물 스핀들
200	머신
201	CNC 컨트롤러
202	통신 연결
204	수직 이동 성분
205	캐리지
206	선형 변위
207	선회 이동
208	선형 수평 이동
AP	설계점
BP	접촉점
β_1	공구의 헬리컬 각(나선각)
β_2	공작물의 헬리컬 각(나선각)
δ	경사각(도면에는 나타내지 않았음)
LM	가상의 간극 중심
ML	중심 라인
R1	공구의 회전축(공구 축)
R2	공작물의 회전축(공작물 축)

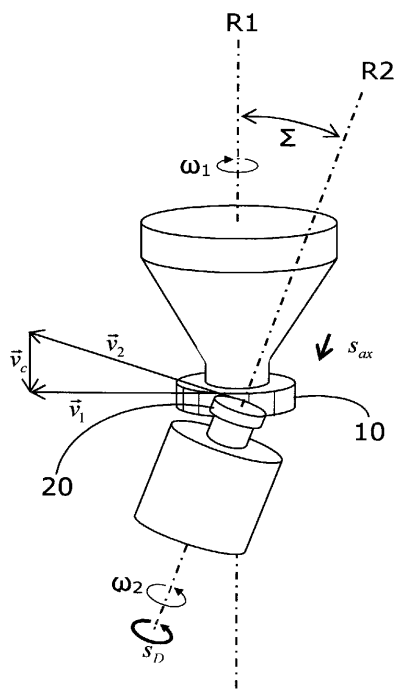
RP1	제1 상대 위치
RP2	제2 상대 위치
RP3	제3 상대 위치
RP4	제4 상대 위치
SA	선회 축
S_{hx}	왕복 운동
S_{ax}	축방향 이송
S_D	차동 이송
S_{rad}	반경방향 이송
SR	절삭 방향
Σ	축 교차각
VB	이송 운동
VR	이송 방향
v_c	절삭 속도의 절대값
\rightarrow v_c	절삭속도 벡터
\rightarrow v_1	스카이빙 공구의 속도 벡터
\rightarrow v_2	공작물의 속도 벡터
ω_1	축(R1) 주위의 회전
ω_2	축(R2) 주위의 회전

도면

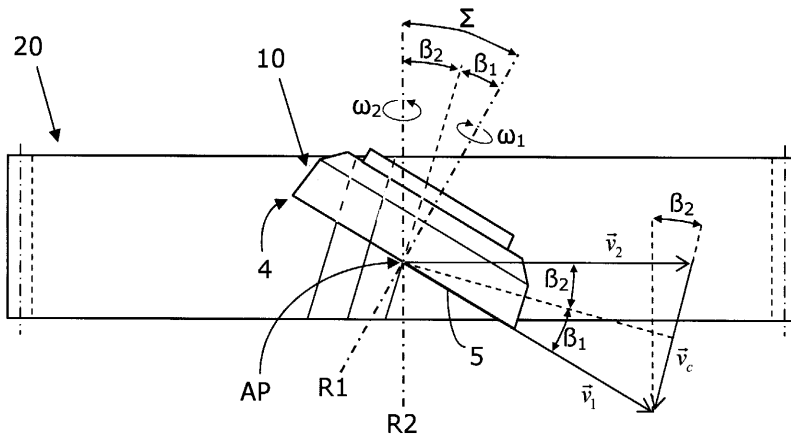
도면1



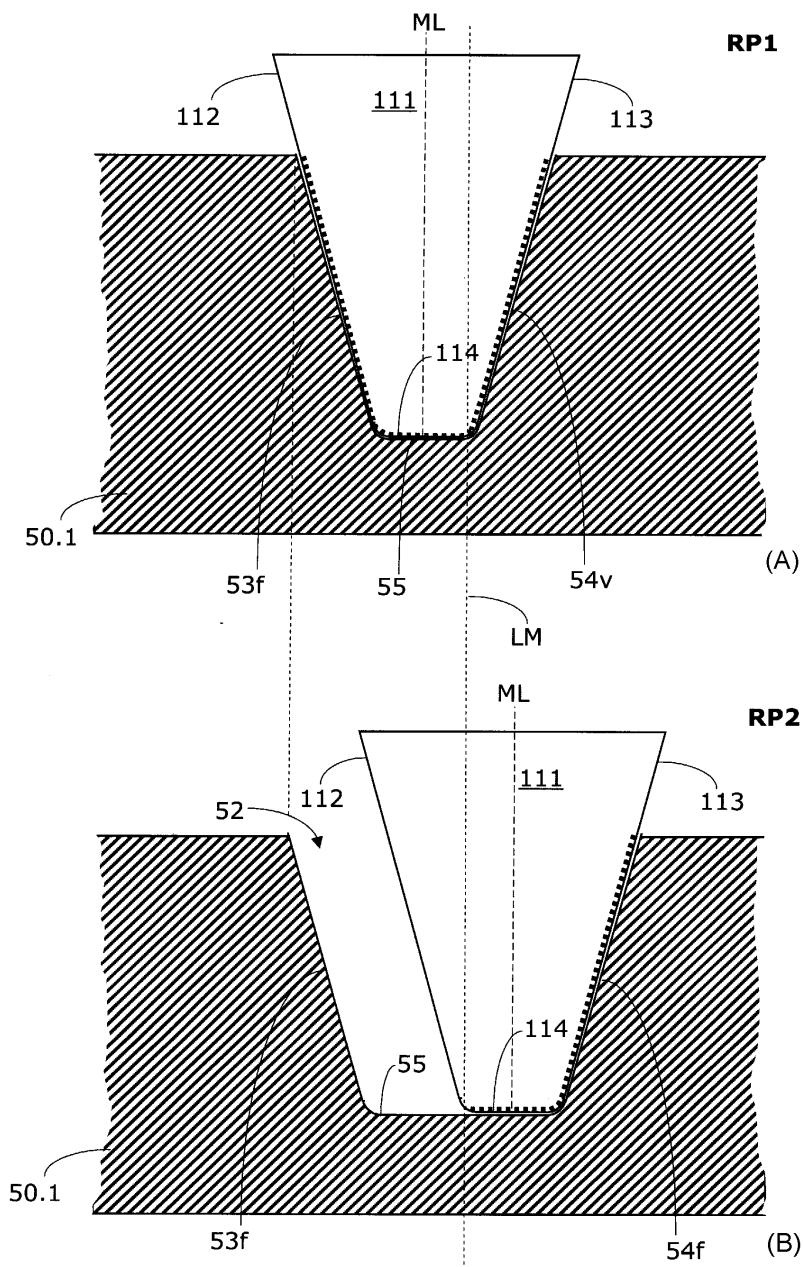
도면2a



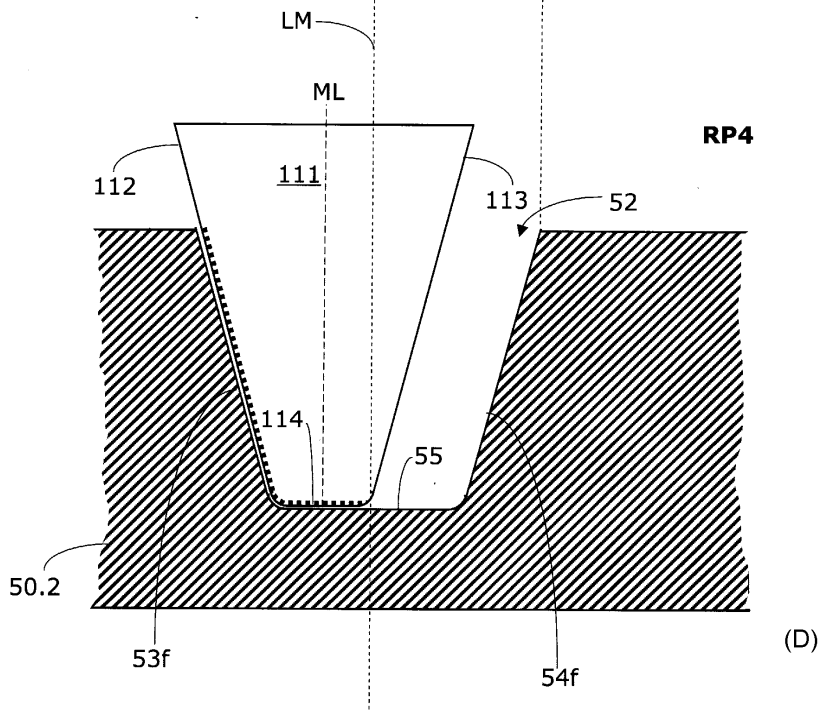
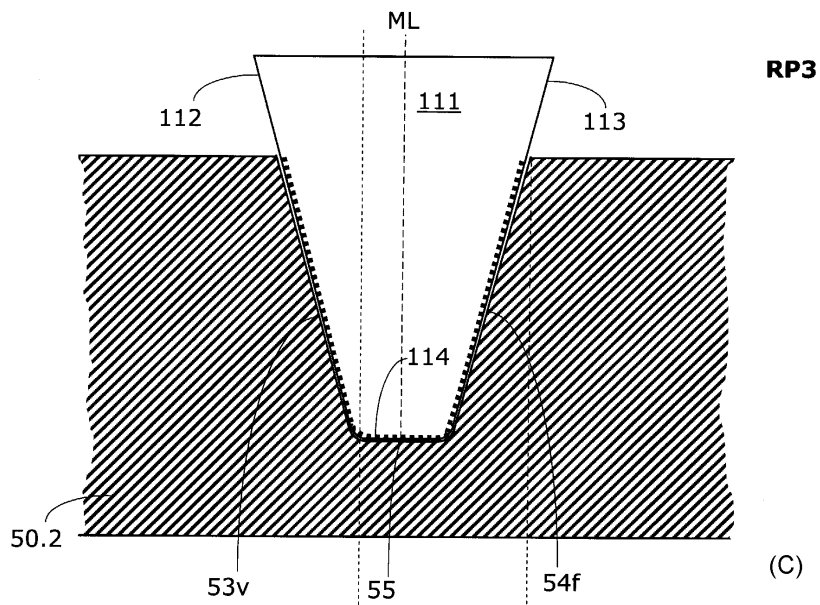
도면2b



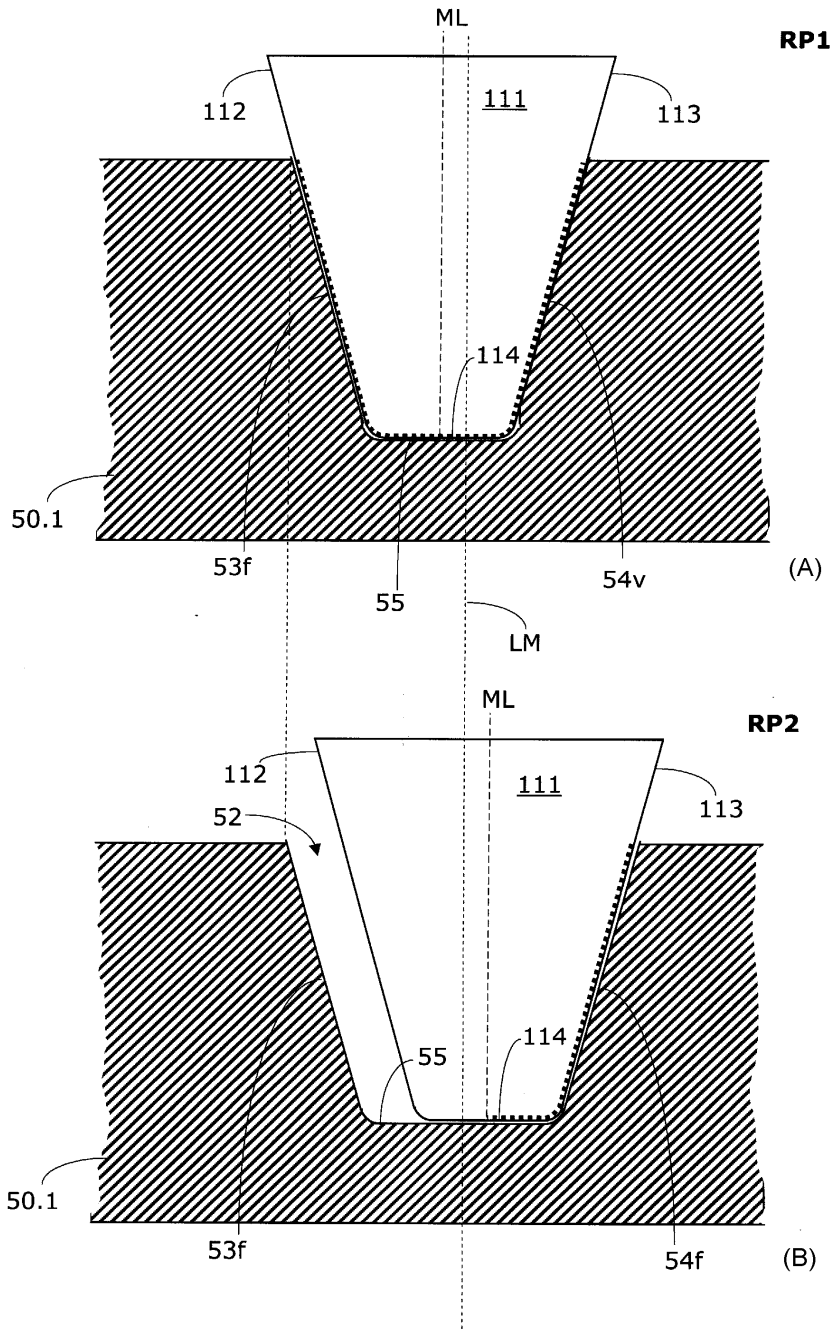
도면3a



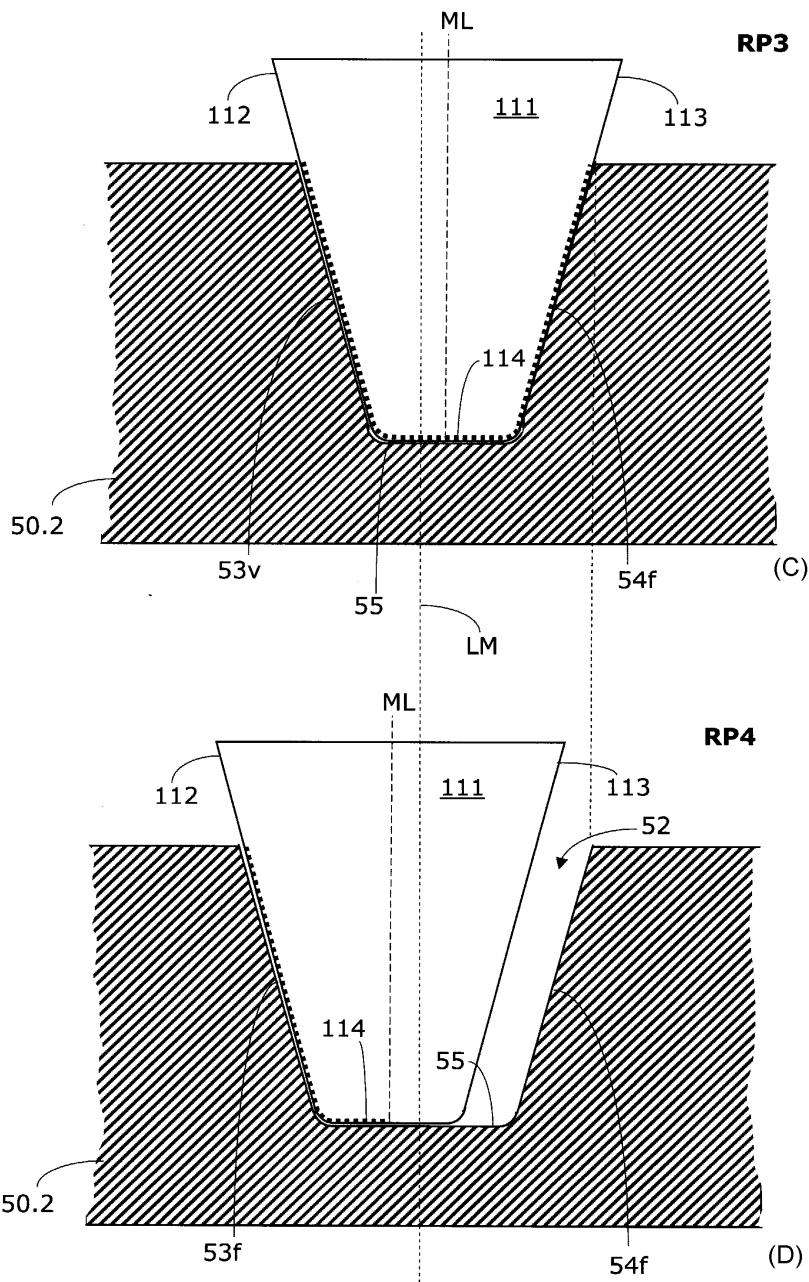
도면3b



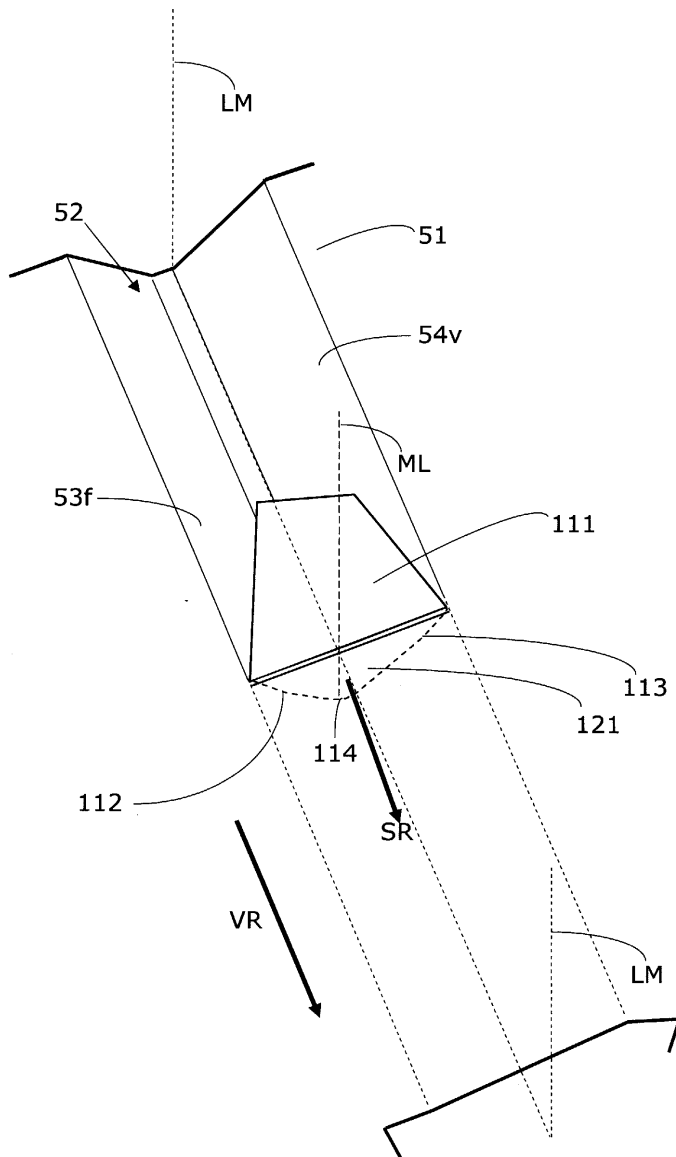
도면4a



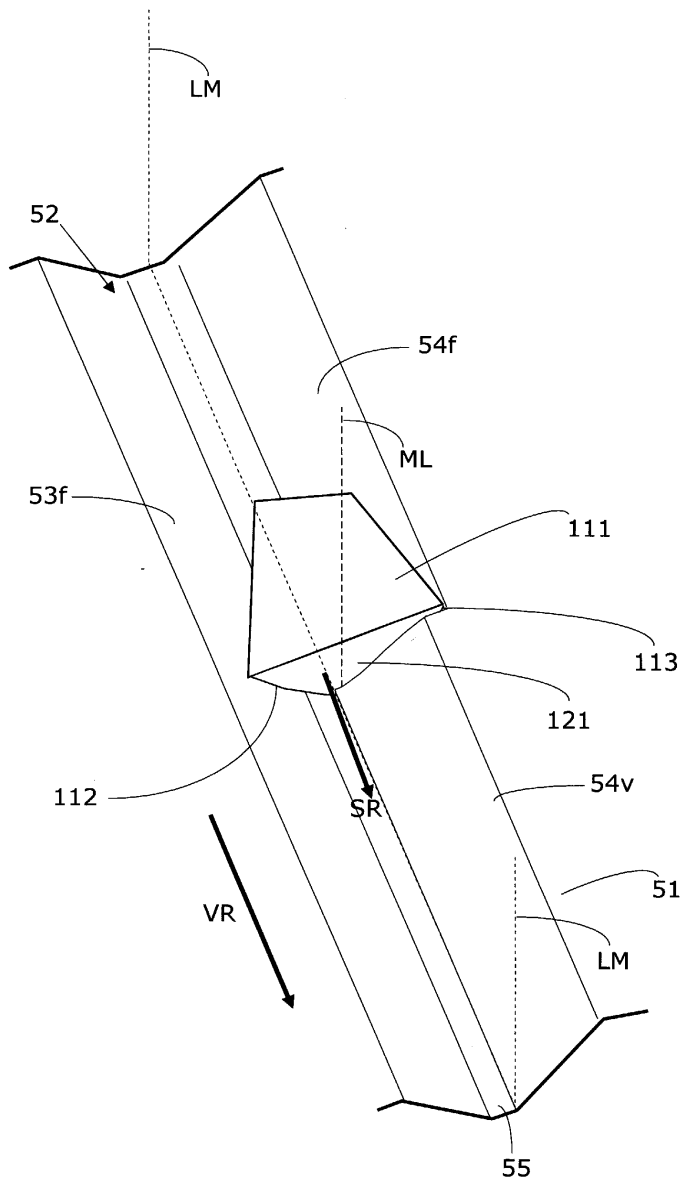
도면4b



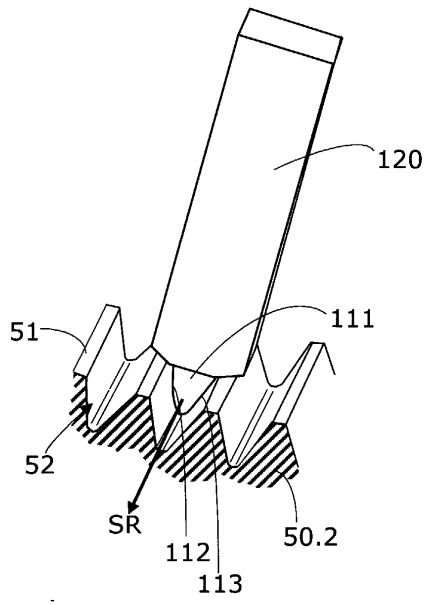
도면5a



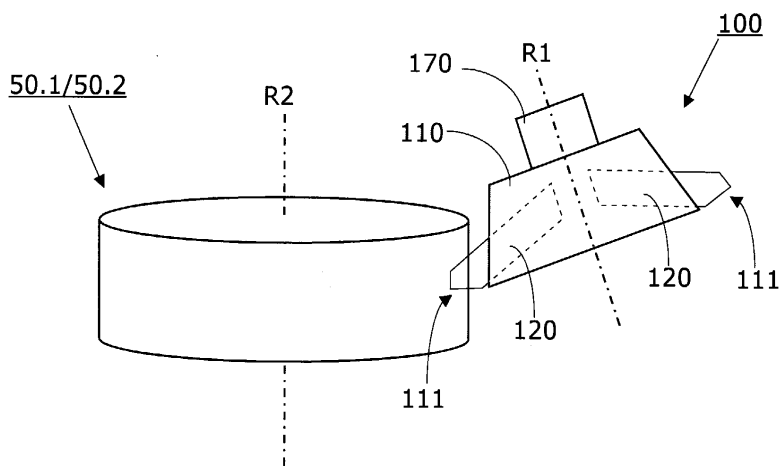
도면5b



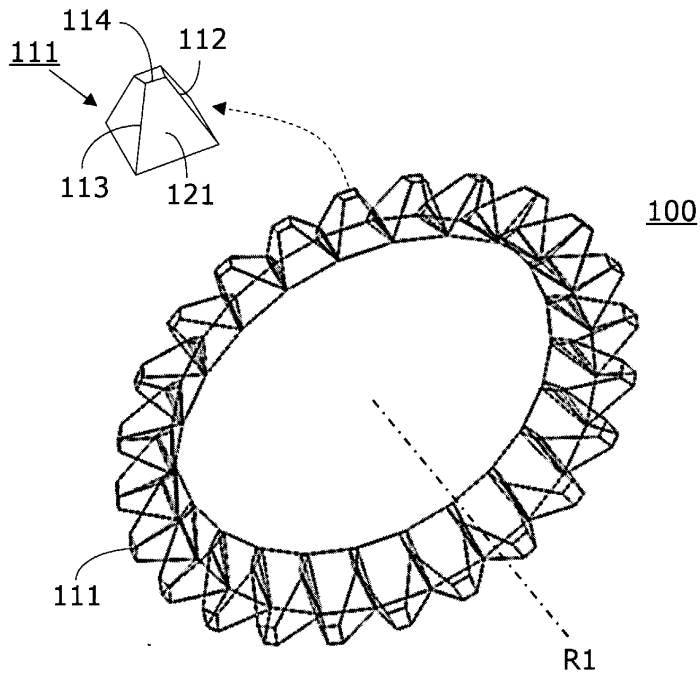
도면6



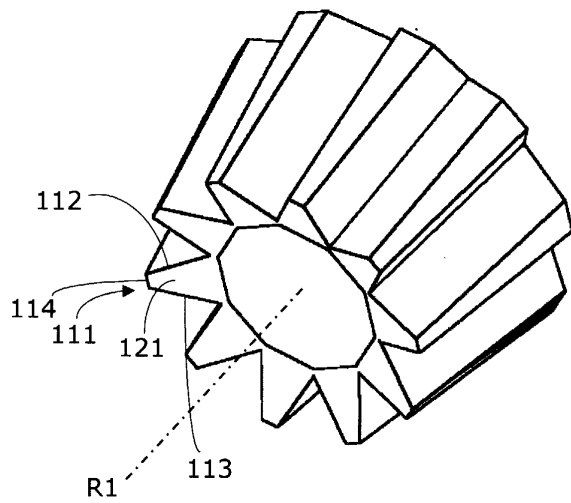
도면7



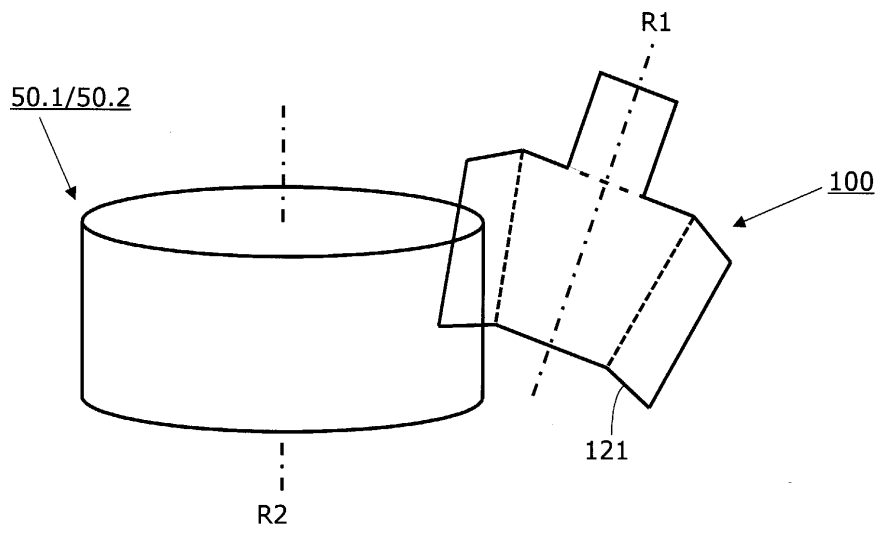
도면8



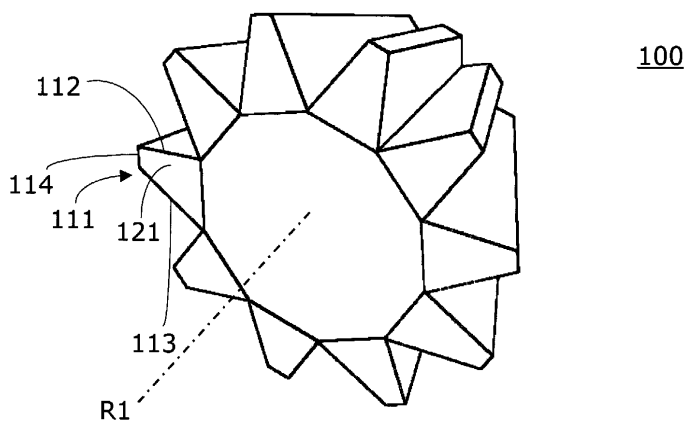
도면9a



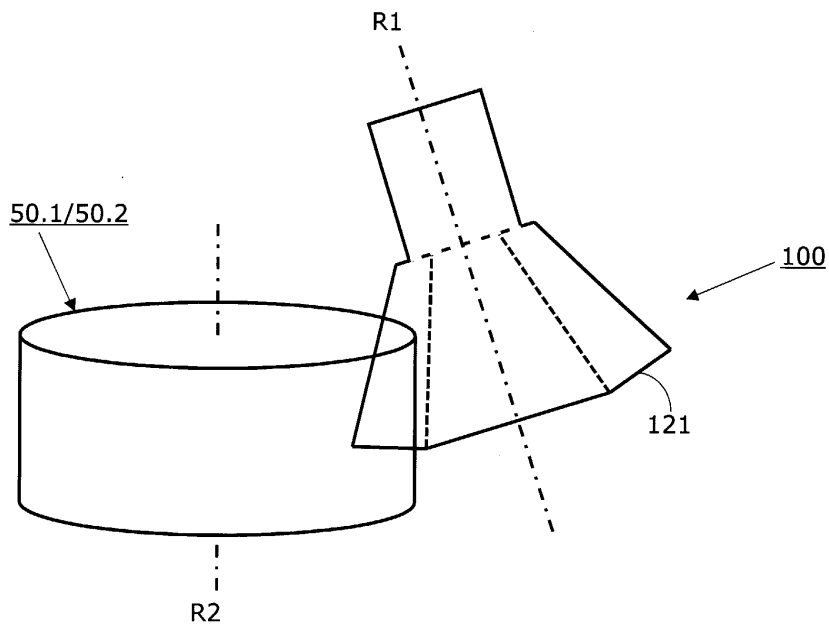
도면9b



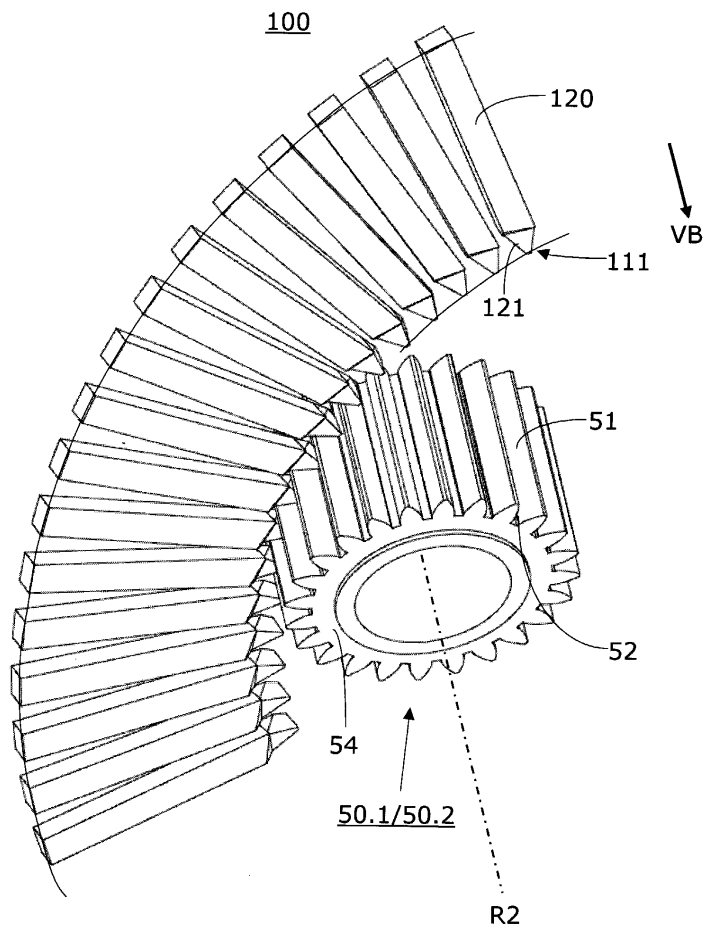
도면10a



도면10b



도면11



도면12

