



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0011689
(43) 공개일자 2024년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23F 19/10 (2006.01) B23F 21/00 (2006.01)
B23F 23/00 (2024.01)
(52) CPC특허분류
B23F 19/10 (2013.01)
B23F 21/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7039021
(22) 출원일자(국제) 2022년05월10일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년11월13일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/062597
(87) 국제공개번호 WO 2022/248211
국제공개일자 2022년12월01일
(30) 우선권주장
10 2021 002 704.3 2021년05월25일 독일(DE)

(71) 출원인
글리슨-파아우터 마쉬넨파브리크 게엠베하
독일 71636 루트비히스부르크 다이믈러슈트라쎄 14
(72) 발명자
크레셀 위르겐
독일 71282 헤밍겐 플라우호할데 7
(74) 대리인
특허법인와이에스장

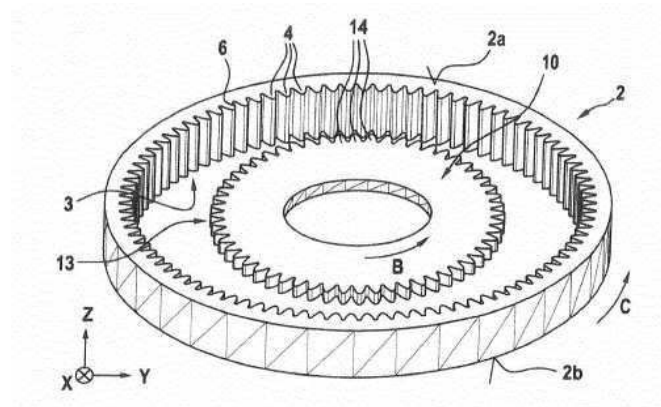
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크 영역을 기계가공하기 위한 방법, 챔퍼링 공구, 이 방법을 수행하기 위한 제어 명령어를 갖는 제어 프로그램, 및 기어 절삭기

(57) 요약

본 발명은 공구 치형 배열체에 의해 피가공물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위한 방법에 관한 것이고, 이 방법에서 치형 배열체는 상호 롤링 커플링으로 각각의 치형 배열체 회전 축을 중심으로 회전한다. 본 발명에 따르면, 2개의 치형 배열체 회전 축은 서로 실질적으로 평행하고, 기계가공은 복수의 피가공물 회전에 걸쳐 수행되고, 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체 사이에서, 피가공물 회전 축에 평행한 제1 상대 이동이 수행되고, 특히 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변되는 제2 상대 이동에 의해 피가공물 치형 배열체의 프로파일에 횡방향으로 피가공물 회전 축에 직교하는 평면에서 공구 치형 롤링 위치의 엔벨로프 위치는 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크와 상기 엔벨로프의 맞물림 위치에 대해 시프트되는 점을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B23F 23/006 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

공구 치형(tooth) 배열체(13)에 의해 피가공물 치형 배열체(3)의 단부면(2b)과 치형 플랭크(flank) 사이에 형성된 치형 에지(edge)를 기계가공하기 위한 방법으로서, 상기 치형 배열체들(3, 13)은 상호 롤링 커플링(rolling coupling)으로 이들 각각의 치형 배열체 회전 축들(C, B)을 중심으로 회전하고,

상기 방법에서,

상기 2개의 치형 배열체 회전 축들(C, B)은 서로 실질적으로 평행하고, 상기 기계가공은 복수의 피가공물 회전에 걸쳐 수행되고, 상기 피가공물 회전 축에 평행한 제1 상대 이동(Z)은 상기 피가공물 치형 배열체(3)와 상기 공구 치형 배열체(13) 사이에서 수행되고, 공구 치형 롤링 위치(29i)의 엔벨로프(envelope)(28) 위치는 특히 상기 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 변경되는 제2 상대 이동(V)에 의해 상기 피가공물 치형 배열체의 프로파일에 횡방향으로 상기 피가공물 회전 축(C)에 직교하는 평면(X-Y)에서 상기 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크와 상기 엔벨로프의 맞물림 위치에 대해 시프트(shift)되는 것을 특징으로 하는, 방법.

청구항 2

공구 치형 배열체(13)에 의해 피가공물 치형 배열체(3)의 치형 플랭크 영역을, 특히 피가공물 치형 배열체(3)의 단부면(2b)과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위한, 특히 제1항에 따른 방법으로서, 상기 방법에서 상기 치형 배열체들(3, 13)은 이들 각각의 치형 배열체 축들(C, B)을 중심으로 롤링 커플링으로 회전하고, 상기 치형 플랭크 영역 상의 기계가공은 새로운 치형 배열체 표면을 생성하고, 이 경우 상기 기계가공은 복수의 피가공물 회전에 걸쳐 수행되고, 상기 피가공물 회전 축에 평행한 방향 성분을 갖는 제1 상대 이동(Z)은 상기 피가공물 치형 배열체(3)와 상기 공구 치형 배열체(13) 사이에서 수행되고, 공구 치형 롤링 위치(29i)의 엔벨로프(28) 위치는 특히 상기 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변되는 제2 상대 이동(V)에 의해 상기 피가공물 치형 배열체의 프로파일에 횡방향으로, 상기 피가공물 회전 축(C)에 직교하는 평면(X-Y)에 대한 투영으로 볼 때 상기 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크와 상기 엔벨로프의 맞물림 위치에 대해 시프트되고, 그 결과 각각의 피가공물 회전의 한 패스(pass) 동안 절삭면을 따라 재료가 제거되고, 상기 새로운 치형 배열체 표면의 형상은 상기 복수의 피가공물 회전의 절삭면의 단부 영역으로 구성되는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 회전 축들의 중심 거리 축에 횡방향으로 이어지는 상기 피가공물 치형 배열체 및/또는 공구 치형 배열체의 횡방향 이동(Q)은 상기 제2 상대 이동에 기여하는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 횡방향 이동(Q)은 상기 피가공물 치형 배열체의 추가 회전(ΔC)을 포함하는, 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서, 상기 횡방향 이동은 상기 피가공물 회전 축에 직교하고 상기 중심 거리 축(X)에 직교하는 방향 성분이 이러한 축들을 따른 각각의 방향 성분보다 우세한 선형 기계 축(Y)의 이동을 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피가공물 치형 배열체의 치형 베이스에서의 치형 에지가 또한 기계가공되는, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 회전 축들의 중심 거리 축 방향으로 이어지는 상기 피가공물

치형 배열체 및/또는 상기 공구 치형 배열체의 반경 방향 이동(ΔX)이 상기 제2 상대 이동에 기여하는, 방법.

청구항 8

제3항, 제6항 및 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 치형 베이스에서 챔퍼(8)의 형상은 상기 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 상기 반경 방향 이동을 조정함으로써 영향을 받고, 상기 치형 플랭크 영역 내의 상기 치형 에지에서 재료 제거의 형태는 상기 제1 상대 이동의 이동 상태 및 상기 반경 방향 이동의 이동 상태에 따라 상기 횡방향 이동을 조정함으로써 결정되는, 방법.

청구항 9

제4항 또는 제5항에 있어서, 치형 높이 방향으로 상기 재료 제거의 프로파일은 상기 추가 회전(ΔC) 및 상기 선형 기계 축 이동(ΔX , ΔY)으로부터의 횡방향 이동 기여도들을 중첩함으로써 결정되는, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 추가 기계가공 패스로, 특히 이와 달리 동일하거나 바람직하게는 상기 제1 및 제2 상대 이동의 위상 시프트된 커플링으로, 그러나 특히 상기 제1 상대 이동의 역이동 방향으로 수행되는 이동 제어로 수행되는 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피가공물의 치형 팁에서 회전 속도는 적어도 10 m/min, 바람직하게는 적어도 20 m/min이고, 특히 적어도 40 m/min인, 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 기계가공 동안 상기 치형 에지 상에 챔퍼(chamfer)(8)가 생성되는, 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 공구 치형 배열체의 프로파일은 실질적으로 상기 롤링 커플링에 대한 상기 피가공물 치형 배열체의 역치형(counter-tooth) 배열체의 프로파일인, 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방법은 단일 플랭크 방법을 사용하여 수행되고, 다른 치형 플랭크(들)는 상기 피가공물의 각각의 치형 갭(들) 중 하나에서 하나의 치형 플랭크의 기계가공 후에 기계가공되는, 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 다른 치형 플랭크(들)의 기계가공은 하나의 치형 플랭크와 동일한 공구로 그리고/또는 동일한 클램핑 공정에서 수행되는, 방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 공구 치형 배열체의 치형 두께는 2-플랭크 기계가공용 롤링 커플링에 필요한 치형 두께와 비교할 때 감소된, 방법.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 공구 회전 축을 따른 상기 공구 치형 배열체의 치수(h)는 1.5 cm 미만, 바람직하게는 1 cm 미만, 더욱 바람직하게는 0.7 cm 미만이고, 특히 0.4 cm 미만인, 방법.

청구항 18

기계가공 공구(13)를 사용하여, 피공작물 치형 배열체(3)의 치형 플랭크 영역, 특히 피공작물 치형 배열체(3)의 단부면(2b)과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위한, 특히 제1항 내지 제17항 중 어느 한

항에 따른 방법으로서,

특히 챔퍼 형태의 새로운 치형 배열체 표면이 수정 기능을 사용하여 상기 치형 플랭크 영역에서의 기계가공에 의해서 형성되며, 이 수정 기능에서, 수정된 기계 축 제어는 상기 새로운 치형 배열체 표면을 위한 가상 형상과 연관되고, 중앙 영역으로부터 상기 단부면(2b)까지의 제1 전이 영역에서 그리고/또는 상기 중앙 영역으로부터 상기 치형 플랭크까지의 제2 전이 영역에서의 가상 형상은 더 많은 재료를 제거하는 방식으로 상기 피공작물의 목표 형상으로부터 벗어나고,

상기 처리는, 특히 상기 수정 기능을 선택한 후 또는 자동적으로, 상기 수정된 기계 축 제어에 기반하여, 상기 기계가공 공구와 상기 피공작물 치형 배열체 사이의 압축력에 의해서 유발되는 피처리 치형 플랭크 영역 상의 재료 뒤틀림의 형성을 방지하는, 방법.

청구항 19

피가공물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위한 챔퍼링(chamfering) 공구(10)로서, 기계가공은 실질적으로 상호 롤링 커플링으로 그리고 공구 치형 배열체 형태로 서로 평행한 치형 배열체 회전 축들로 수행되고, 특히 제2항 내지 제18항 중 어느 한 항 이상의 특징에 따른 방법에 따라 기계가공하기 위해 설계된 상기 공구 치형 배열체의 치형 플랭크에 의해서 기계가공 표면이 형성된, 챔퍼링 공구(10).

청구항 20

기어 절삭기에서 실행될 때 제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 기계를 제어하는 제어 명령어를 갖는 제어 프로그램.

청구항 21

피가공물 회전 축(C)을 중심으로 피가공물 치형 배열체를 회전 구동하기 위한 적어도 하나의 피가공물 스핀들 및 이의 회전 축(C)을 중심으로 공구 치형 배열체를 회전 구동하기 위한 적어도 하나의 공구 스핀들, 상기 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체 사이에서, 상기 피가공물 회전 축에 평행한 제1 상대 이동을 가능하게 하는 적어도 하나의 제1 기계 축(Z)을 구비하는 기어 절삭기(100)로서, 제어 장치(99)는 제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 제어 명령어를 갖는 것을 특징으로 하는, 기어 절삭기(100).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보조 치형(tooth) 형성 분야에 관한 것으로, 특히 공구 치형 배열체에 의해 피가공물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크(flank) 사이에 형성된 치형 에지(edge)를 기계가공하기 위한 방법에 관한 것이며, 이 방법에서 치형 배열체들은 롤링 커플링(rolling coupling)으로 이들 각각의 치형 배열체 회전 축을 중심으로 회전한다.

배경 기술

[0002] 보조 치형 형성을 위한 방법은 공지되어 있고, 개요는 문헌[Thomas Bausch, "Innovative Gear Manufacturing," 3rd edition, on page 304]에서 찾아질 수 있다. 보조 치형 형성을 위한 시작점은 예를 들어 기어 호빙, 기어 성형, 또는 기어 스카이빙에 의해 생성된 후의 치형 배열체이다. 치형 배열체를 생성하기 위한 이러한 기계가공 방법을 통해, 초기에 치형 배열체의 단부 에지를 따라 소위 1차 버르(burr)가 나타나고, 이 경우 기계가공 공구의 절삭날은 예를 들어 참고 문헌[Bausch in Fig. 8.1-1, top center on page 304]에 표시된 것처럼 부상(emerge)된다. 이러한 버르는 예리하고 단단하여 부상을 방지하고 후속 공정을 위해 치형 배열체 기하학적 구조를 개선하기 위해 제거되어야 한다. 이는 일반적으로 고정 디버링 강, 연행 디버링 디스크 또는 파일링 디스크를 사용하여 달성되고, 일반적으로 치형 배열체의 생산 공정과 직접 관련된다.

[0003] 1차 버르를, 예를 들어, 선회함으로써, 또는 DE 10 2014 018 328호에 개시된 바와 같이, 스카이빙 휠(skiving wheel)의 후방측을 사용하여 전단함으로써, 단순히 제거하는 것은 치형 에지의 품질에 대한 요건을 충족하지 못하는 경우가 많다. 그러므로, 일반적으로 치형 에지(단부 에지)에 챔퍼(chamfer)를 형성한다. 문헌 참조 Bausch에서, 단부 에지는 좌측 상단의 도 8.1-1에서 B로 표시되고 직선형 치형 배열체를 위해 챔퍼가 생성된 우

측 상단의 도면에 표시된다. 본 발명은 치형 배열체가 생성된 후에 형성된 형태의 치형 에지가 재료 제거에 의해 제거되어 치형 에지로부터 돌출된 1차 버르의 전단을 넘어 기존 치형 에지의 형상을 그대로 유지하는 방법에 관한 것이다.

- [0004] 오랫동안 널리 보급되어 여전히 자주 사용되는 챔퍼링(chamfering) 기술은 이른바 롤러 압력 디버링 또는 롤러 디버링이다. 이 경우, 에지는 롤러 디버링 휠로 가압하여 챔퍼로 소성 형성된다. 그러나, 공정에서 발생하는 재료 변위로 인해 치형 플랭크 및 단부면에 재료(2차 버르)가 축적되어, 결과적으로 적절한 조치를 사용하여 차례로 제거해야 한다. 이러한 시스템은 예를 들어 EP 1 279 127 A1호에 설명되어 있다.
- [0005] 롤러 압력 디버링은 매우 간단한 방법인 반면(일반적으로 기어 모양의 공구는 회전식으로 구동될 필요조차 없고, 대신에 피공작물 치형 배열체에 대해 접촉 압력으로 자유롭게 유지되어 챔퍼링되고 다음으로 롤링 커플링으로 피동 피공작물과 작동된다), 이렇게 생성된 2차 버르는 이 방법의 단점이다. 단부면 상의 2차 버르는 예를 들어 디버링 강을 사용하여 비교적 쉽게 다시 여전히 전단될 수 있지만, 특히 치형 플랭크 상에 생성된 2차 버르는 피가공물이 경화된 후에 여전히 수행될 수 있는 매우 정밀한 기계가공의 문제이다. 이러한 플랭크측 2차 버르가 상기 경화 전에 제거될 경우, 가장 깊은 인피드로 치형 배열체를 생성하는 기계에 대한 추가적인 기계가공 패스가 가능하거나, 또는 예를 들어 DE 10 2009 018 405 A1호에 설명된 바와 같은 특수 공구의 사용이 가능하다.
- [0006] WO 2009/017248호는 치형 플랭크로부터 단부면 쪽으로 2차 버르 발생의 무게를 시프트(shift)하는 것을 제안한다. 그러나, 기술의 추가적인 접근법은 기하학적으로 정의되거나 기하학적으로 정의되지 않은 절삭날로 제거함으로써 가압 방식 대신 절삭으로 재료 제거/챔퍼 형성을 초래하는 방향으로 진행된다(DE 10 2016 004 112 A1).
- [0007] 기하학적으로 정의된 절삭날을 사용한 절삭 챔퍼링의 경우, 치형 에지를 챔퍼링하는 데 사용되는 기계가공 공구가 피가공물 치형 배열체를 생성하는 데 사용되는 호브와 동일한 샤프트에 마련되는 변형이 알려져 있지만(EP 1 495 824 A2), 별도의 배열체도 가능하며(DE 10 2009 019 433 A1), 이를 통해 일 단부면 및 다른 단부면에서 전방 단부를 기계가공할 때 챔퍼링 공구를 회동시켜 내부에서 외부로 절단부가 이루어질 수 있다.
- [0008] DE 10 2013 015 240 A1호는 호브와 유사하게 보이지만 동일한 프로파일 영역의 절삭 원이 겹치는 이른바 "챔퍼 절단 유닛"을 개시하고 있으며, 프로파일은 챔퍼링 커터 치형부가 피가공물 치형 배열체의 치형 갭을 통과할 때 후자가 치형 갭의 양측 플랭크 상에서 완전히 챔퍼링되도록 설계된다. 기어 호빙에 더 밀접하게 배향된 추가적인 절삭 챔퍼링은 DE 10 2018 001 477 A1호에 설명되어 있다. 이 경우, 복수의 공구 치형부가 피가공물 치형 갭을 통과함에 따라 여러 절단부에서 단일 플랭크 방법을 사용하여 챔퍼링이 수행된다. 예를 들어, 플랭크 기계가공의 경우, 수평에 대해, 예를 들어 수직 피가공물 축에서, 공구 회전 축을 회동하는 피벗 각도를 0으로 설정할 수도 있다.
- [0009] DE 10 2013 015 240 A1호에 개시된 "챔퍼 절단 유닛"과 유사한 원리에 따르면, 예를 들어 기어치 배열체를 위해 베벨을 생성하는 데 사용되는 치형 에지 상의 플라이 커터 같은 제거부도 있고, 여기서 예를 들어 엔드밀 형태로 실현되는 회전 플라이 커터는 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크가 생성될 최종 기하학적 구조에 평행한 절삭 공정에 의해 기계가공 영역을 통해 단일 패스로 기계가공되는 피가공물 치형 배열체의 축에 대해 비스듬한 방식으로 공구 회전 축과 정렬된다. 제2 플라이 커터 공구는 다른 피가공물 치형 플랭크에 사용될 수 있다. 이는 예를 들어 문헌 참조 Bausch 323페이지에 설명되어 있다.
- [0010] 절삭 챔퍼링을 위한 또 다른 방법은 WO 2015/014448호에 개시되어 있다. 이 경우, 시작점은 축 교차각을 가진 기어 스카이빙 치형 배열체 맞물림부이고, 기어 스카이빙 방법에서의 정상 위치에 비해, 공구 축은 절삭 동작을 변경하도록 추가로 틸팅되고, 이는 그 후 챔퍼를 생성하는 데 사용된다. 비스듬한 축 구성이 이미 구조적으로 기어 절삭기에 통합된 DE 10 2014 218 082 A1호에 개시된 방법은 동일한 원리를 기반으로 한다. 기어 스카이빙의 원리에 따라 작동하는 이러한 두 개의 챔퍼링 공정을 통해, 절삭 메커니즘은 축 교차각을 통해, 그리고 따라서 기어 스카이빙과 유사하게 발생한다.
- [0011] 또 다른 챔퍼링 기술은 엔드 밀링 커터가 기계 축 이동에 의해 치형 에지를 따라 이동되는 DE 10 2018 108 632 호에 알려져 있다. 이러한 챔퍼링 기술은 피가공물 상의 간섭 윤곽으로 인해 "챔퍼 절단 유닛" 또는 기어 호빙형 공구를 사용하여 쉽게 도달할 수 없는 단부 에지에 특히 매우 적합하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명에 의해 다뤄지는 목적은 치형 에지 기계가공의 비교적 단순성과 만족스러운 유연성의 양호한 조합을 목표로 하는 초기에 언급된 유형의 방법을 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 이 목적은 기술적인 관점으로부터 기술적 개발에 의해서 달성되며, 이 개발은 실질적으로, 2개의 치형 배열체 회전 축이 서로 실질적으로 평행하고, 기계가공이 복수의 피가공물 회전에 걸쳐 수행되고, 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체 사이에서, 피가공물 회전 축에 평행한 제1 상대 이동이 수행되고, 특히 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변되는 제2 상대 이동에 의해 피가공물 치형 배열체의 프로파일에 횡방향으로 피가공물 회전 축에 직교하는 평면에서 공구 치형 롤링 위치의 엔벨로프(envelope) 위치가 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크와 상기 엔벨로프의 맞물림 위치에 대해 시프트(shift)되는 점을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 방법에서, 절삭은 형성될 새로운 표면 형상의, 특히 챔퍼의, 표면을 따라 또는 이와 평행하게 수행되지 않고, 서로 실질적으로 평행한 치형 배열체 회전 축으로 인해 그리고 엔벨로프의 시프트로 인해 피가공물 회전 축에 실질적으로 직교하는 평면에서 슬라이스로 수행된다. 예를 들어, 챔퍼인, 원래의 치형 에지 대신에 형성된 표면은 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변되는 엔벨로프를 통해 달성되는 슬라이스형 재료 제거의 단부 영역으로 구성된다. 원하는 더 낮은 챔퍼 표면 거칠기에 따라, 예를 들어 축방향 제1 상대 이동 중에 수행되는 기계가공 공정 또는 피가공물 회전 수는 이에 대응하여 더 높게 선택될 수 있고, 이에 따라 "슬라이스" 수는 더 높게 선택될 수 있다. 따라서, 피가공물 치형 플랭크 상의 재료로부터 재료가 제거된다. 공구 치형 배열체의 치형 플랭크는 기계가공의 기계가공 표면 역할을 한다.

[0015] 이러한 방식으로, 제1 상대 이동은 대응하는 많은 수의 이송 단계를 갖는 축방향 이송 이동으로서 간단한 설계로 수행될 수 있다. 이 경우, 제2 상대 이동은 각각의 다음 이송 단계 전에 맞물림 위치(제로 위치)로 재설정되는 점에서 진동 방식으로 이어질 수 있다. 그러나, 더 빠른 기계가공 시간의 관점에서, 제1 상대 이동은 예를 들어 피가공물 회전 축(C)에 평행한 기계 축(Z)을 통해 예를 들어 시간이 지남에 따라 선형 진행과 함께 연속 이송 이동으로 수행되는 것이 바람직하다. 이송 속도 $Z(t)$ 가 증가함에 따라, 피가공물 회전 축에 대해 볼 때 공구 치형 배열체는 피가공물 치형 배열체의 기계가공된 단부면 영역에서 치형 갭과 점점 겹친다. 예를 들어, 기계가공 과정에서, 공구 치형 배열체는 챔퍼 깊이까지 챔퍼를 생성할 때 치형 에지의 기계가공에 필요한 만큼 피가공물 치형 배열체에 침투된다. 롤링 커플링으로 피가공물 치형 배열체와 엔벨로프의 맞물림 위치에 대한 엔벨로프의 추가적인 실행된 시프트 없이, 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체는 예를 들어, 바람직한 실시예에 따르면, 공구 치형 배열체의 프로파일이 피가공물 치형 배열체의 치형 프로파일에 대한 정합(mating) 프로파일로서 설계되는 경우에 적어도 일부 영역에서 또는 적어도 하나의 치형 플랭크를 따라 완전히 기어 및 메이팅(mating) 기어처럼 서로 롤오프(roll off)할 수 있다. 그러나, 피가공물 치형부들의 재료 안으로의 엔벨로프의 시프트 때문에, 전술된 "슬라이스로" 재료 제거가 발생하고, 이는 단부면에서 시작하여 기계가공되는 영역의 원하는 연장으로, 예를 들어 챔퍼 폭까지, 연장된다. 그 후, 이송 속도를 증가시키면서 시프트를 감소시킴으로써 원하는 챔퍼 표면을 생성할 수 있다. 시프트 이동이 또한 시간에 따른 선형 시프트로 실행되는 경우, 생성된 챔퍼 표면의 예에서 실질적으로 평면인 표면 영역이 형성될 수 있으며(또는 피치 원(pitch circle) 상의 섹션에서 볼 수 있듯이 실질적으로 직선형 프로파일), 편차 또는 비선형적으로 선택된 $V(Z)$ (여기서 V 는 제2 상대 이동을 나타내고 Z 는 제1 상대 이동을 나타냄)에 의해서, 거의 모든 원하는 프로파일의 기계가공 영역 및 따라서, 예를 들어, 만곡된 챔퍼를 생성하는 것이 또한 가능하다.

[0016] 특히 바람직한 실시예에서, 회전 축의 중심 거리 축에 횡방향으로 이어지는 피가공물 및/또는 공구 치형 배열체의 횡방향 이동은 제2 상대 이동에 기여한다. 원칙적으로, 중심 거리 축 방향(반경 방향)으로의 시프트가 또한 고려될 수 있지만, 정확하게 다수의 피가공물 치형 배열체의 통상적인 맞물림 각도를 사용하면, 언급된 횡방향 이동이 더 적합하고, 특히 (후술되는 바와 같이) 베이스 영역에서 기계가공이 필요한 경우에 반경 방향 이동이 포함될 수 있다.

[0017] 이와 관련하여 다시 바람직한 실시예에서, 횡방향 이동은 피가공물 치형 배열체의 추가 회전(ΔC)을 포함한다. 이는 제어 측면에서 구현하기 쉽고 예를 들어 접선 기계 축이 없는 간단한 처리 기계의 구현을 가능하게 한다. 이러한 추가 회전은 롤링 커플링을 유지하기 위해 나선형 치형 배열체로 발생할 수 있는 임의의 추가 회전을 넘어서는 추가 회전으로 이해해야 한다.

[0018] 대안적인 또는 추가 변형에서, 횡방향 이동은 피가공물 회전 축에 직교하고 중심 거리 축에 직교하는 방향 성분이 이러한 축을 따라 각각의 방향 성분보다 우세한 선형 기계 축의 이동을 포함할 수 있다. 간단하게 설계된

기계 축 구성에서, 이러한 선형 축은, 반경 방향 축(X) 및 축방향(피가공물 축에 평행한) 축 Z에 횡방향으로, 그리고 특히 직각으로 연장되는 접선 축 Y일 수 있다. 공구에 따라, 추가 회전(ΔC)의 효과는 이러한 Y 성분과 비교할 때 반경 방향 성분도 포함하므로, 예를 들어 추가 회전(ΔC) 및 선형 이동(ΔY)의 이러한 두 횡방향 이동 성분의 조합을 통해 기계가공의 변형은 피가공물 치형 배열체의 치형 높이를 통해 설정될 수 있다. 피가공물 치형 배열체의 추가 회전 대신에 또는 이와 함께, 공구 치형 배열체의 추가 회전(ΔB)도 사용될 수 있다.

[0019] 본 방법은 또한 피가공물 치형 배열체의 치형 베이스에서 치형 에지를 기계가공할 가능성을 제공한다. 특히, 이러한 목적을 위해, 회전 축의 중심 거리 축 방향으로 이어지는 피가공물 및/또는 공구 치형 배열체의 반경 방향 이동이 제2 상대 이동에 기여하도록 제공되는 것이 바람직하다. 특히 단순한 설계에서, 제2 상대 이동으로서 반경 방향 이동만 사용할 수도 있지만, 챔퍼가 생성되는 경우 베이스 영역 내의 챔퍼를 플랭크 영역 내의 챔퍼 형상과 결합시킬 수 있다. 그러므로, 반경 방향 이동에 더하여, 진술한 메커니즘들 중 하나에 따라 횡방향 이동도 수행되도록 제공되는 것이 특히 바람직하다. 그 후, 제2 상대 이동은 접선 및 반경 방향 성분을 갖는 형태로 안내된다.

[0020] 이와 관련해서, 치형 베이스에서 챔퍼의 형상이 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 반경 방향 이동을 조정함으로써 영향을 받고, 치형 플랭크 영역 내의 치형 에지에서 재료 제거의 형태가 제1 상대 이동의 이동 상태 및 반경 방향 이동의 이동 상태에 따라 횡방향 이동을 조정함으로써 결정되도록 제공될 수도 있다. 이를 통해 플랭크 영역 내의 재작업된 치형 에지의 디자인은 베이스 영역 내의 디자인과 분리될 수 있다. 평소와 같이, 접선 방향(Y)에 대한 챔퍼 폭은 플랭크 법선 방향과 관련된 맞물림 각도에 대한 정보로부터 계산될 수 있다.

[0021] 추가적인 바람직한 실시예에서, 치형 높이 방향으로 재료 제거 프로파일의 프로파일은 추가 회전 및 선형 기계 축 이동으로부터의 횡방향 이동 기여도를 중첩함으로써 결정된다. 위에서 이미 나타낸 바와 같이, 따라서 예를 들어 챔퍼와 같은 재작업된 치형 에지의 디자인에서 더 큰 가변성이 달성된다.

[0022] 추가적인 편의적 실시예는 추가 기계가공 패스로, 특히 이와 달리 동일하거나 바람직하게는 이동의 위상 시프트된(예를 들어, 180° 만큼) 커플링으로, 그리고 바람직하게는 제1 상대 이동의 역이동 방향으로 수행되는 이동 제어로 수행될 수 있다. 이러한 추가 기계가공 패스를 사용하면, 나머지 피가공물 치형부의 재료로부터 완전히 분리되지 않은 임의의 칩을 진단할 수 있다. 따라서, 부상 또는 후퇴 이동은 바람직하게는 칩투 동안 형성된 표면을 평탄화하는 데 사용된다. 예를 들어, 피가공물 회전당 이송 속도와 동일한 복귀 스트로크를 사용하여, 챔퍼 표면 상의 단차 높이(도 2 아래 참조)를, 예를 들어 180° 의 위상 시프트만큼 반감시킨다. 대안적인 또는 추가적인 칩 분리가 요구되는 한에 있어서, 예를 들어, 브러시가 또한 사용될 수 있다.

[0023] 특히 바람직한 실시예에서, 피가공물의 치형 팁에서 회전 속도는 적어도 10 m/min, 더 바람직하게는 적어도 20 m/min이고, 특히 적어도 40 m/min이다. 더 바람직하게는, 이러한 회전 속도는 60 m/min보다 훨씬 더 높고, 더 바람직하게는 120 m/min보다 높고, 특히 180 m/min보다 높다. 따라서 기계가공은 대략적으로, 예를 들어, 일반적인 치형 배열체의 기어 스카이빙 동안에 또한 발생하는 회전 속도의 크기의 오더(order)로 발생할 수 있다. 이러한 방식으로, 적당한 절삭 조건에서, 다수의 피가공물 회전이, 예를 들어 3회 이상, 6회 이상, 심지어 10회 이상일 수, 수행되더라도, 총 기계가공 시간은 합리적인 한계 내에서 유지된다.

[0024] 바람직한 실시예에서, 제1 상대 이동에 대한 피가공물 회전당 이송 속도는 적어도 2 μm , 바람직하게는 적어도 4 μm , 훨씬 더 바람직하게는 적어도 10 μm 이고, 특히 적어도 20 μm , 및/또는 0.6 mm이하, 바람직하게는 0.4 mm 이하이고, 특히 0.2 mm 이하이다.

[0025] 이 방법을 사용하면, 챔퍼뿐만 아니라 예를 들어 변속 기어 치형 배열체와 같은 치형 배열체에 베벨형 구조를 생성할 수 있다. 본 방법의 특히 바람직한 실시예에서, 기계가공은 치형 에지에 챔퍼를 생성하고, 그 챔퍼 폭은 바람직하게는 피치 원 상의 치형 두께의 30% 미만이고, 특히 20% 미만이다.

[0026] 공구 치형 배열체가 상이하게 설계된 영역을 갖고 특히 프로파일의 특정 영역에 걸쳐 형성된 치형 배열체로 설계되고, 필요한 경우 기계가공이 상이한 치형 배열체 영역이 피가공물 치형 배열체의 치형 높이 방향으로 상이한 영역의 기계가공을 수행하는 여러 개의 기계가공 패스로 설계되는 변형을 고려할 수 있다. 그럼, 특히 바람직한 실시예에서, 공구 치형 배열체의 프로파일은 실질적으로 롤링 커플링에 대한 피가공물 치형 배열체의 역치형 배열체의 프로파일이다. 이 경우, 공구 치형 배열체는 범용 공구와 비교할 때 피가공물별 치형 배열체이다. 그러나, 이는 2-플랭크 방법을 사용해야 함을 의미하지는 않는다. 대신, 기계가공이 단일 플랭크 방법을 사용하여 수행되는 것이 바람직하고, 그 후 다른 치형 플랭크(들)는, 예를 들어 피가공물의 각각의 치형 갭(들) 중 하나에서 하나의 치형 플랭크의 기계가공 후에, 기계가공된다.

- [0027] 이러한 단일 플랭크 방법에서도, 다른 치형 플랭크(들)는 하나의 치형 플랭크와 동일한 공구로 및/또는 동일한 클램핑 공정에서 기계가공되는 것이 바람직하다. 이는 방법 순서를 단순화하고 사용될 공구의 수를 줄인다.
- [0028] 추가적인 편의적 실시예에서, 공구 치형 배열체의 치형 두께는 2-플랭크 기계가공용 롤링 커플링에 필요한 치형 두께와 비교할 때 감소된다. 이로 인해 대향 플랭크에서 충돌 위험이 줄어든다.
- [0029] 전체 치형 배열체의 측면에서, 공구 치형 배열체는 피가공물의 각 치형 잭(스킵 팩터가 없는 피치)에 적합한 공구 치형부를 가질 수도 있다. 그러나, 본 방법은 예를 들어 스킵 팩터가 2 또는 3인 전체 치형 배열체보다 더 적은 치형부로 수행될 수도 있지만, 바람직하게 여전히 적어도 다수의 치형부를 통해 평균적으로 4의 스킵 팩터를 초과하지 않고, 특히 3의 스킵 팩터를 초과하지 않는다.
- [0030] 바람직한 실시예에서, 공구 치형 배열체는 공구 회전축 방향의 치수에 대해 얇게 설계될 수 있으며, 예를 들어, 이와 관련하여 치수가 1.5 cm 이하이다. 공구 치형 배열체의 작업 출력은 치형 배열체를 생성하는 공구의 작업 출력과 비교할 때 더 낮으므로, 치수가 1 cm 미만, 더욱 바람직하게는 0.7 cm 미만인 훨씬 더 얇은 치형 배열체를 사용할 수 있지만, 0.4 cm 이하의 공구 치형 배열체의 더 작은 디스크 두께에서 최대 3 mm, 심지어 2 mm 이하의 디스크 두께까지의 변형예를 또한 고려할 수 있다. 작업이 미니어처 범위에서 수행되어야 하는 경우, 예를 들어 와이어 EDM으로 생성된 1 mm 이하, 심지어 0.5 mm 이하, 특히 0.3 mm 이하의 디스크 두께도 고려된다. 이러한 공구를 사용하면, 예를 들어 몇몇의, 여러 개의 치형 배열체가 있는 피가공물의 솔더 또는 다른 간섭 윤곽으로 인해 이용 가능한 (축방향) 기계가공 공간이 거의 없는 경우에도 치형 에지 기계가공을 수행할 수 있다.
- [0031] 공구는 고체 재료로 만들어지고, 또한 소결될 수 있고, 특히 일회용 공구로서 설계될 수 있다. 본체는 또한 예를 들어 절삭 인서트, 및 특히 가역 절삭 인서트의 형태로 절삭 치형부 또는 절삭 치형 그룹에 맞춰질 수 있다. 치형 단부면의 함몰부에 의해 건설적인 여유각이 형성될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 90° 미만의 쉼 각도는 원추형으로 설계된 공구 치형 플랭크를 사용하여 달성될 수 있다.
- [0032] 엔벨로프의 시프트 이동을 실현하기 위한 상이한 기계 축들의 기여도의 중첩의 경우, 축방향으로 이산 이송의 개념으로 시작하여 주어진 축방향 침투 깊이에 대해 달성될 (원하는) 시프트를 검토하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 접선이나 추가 회전도 형상 수정에 뚜렷한 기여를 하지 않는 치형 베이스에서 원하는 반경 방향 침투 깊이를 통해 반경 방향 이동 $X(Z)$ 를 먼저 결정할 수 있다. 다음으로, 예를 들어, $Y(Z)$ 를 결정하는 것은, 맞물림 각도에 따라, 반경 방향 시프트 $X(Z)$ 가 Y 방향으로 추가 기여를 또한 유발한다는 점을 고려하여 수행된다. 피가공물 회전 축이 포함된 경우, 정밀도 요건에 따라, ΔC 를 통한 시프트가 포함되어야 하는 반경 방향 성분을 또한 갖고, 이것이 피가공물 치형 배열체의 치형 높이에 따라 약간 달라진다는 것이 고려될 수 있다. ΔC 및 ΔY 를 둘 모두를 사용함으로써, 예를 들어 콤팩트 형상의 챔퍼를 생성하기 위해 치형 높이를 통해 챔퍼 디자인을 또한 변경할 수 있는 추가 자유도를 야기한다. 반경 방향 축(X)은 어떤 경우에도 치형 베이스를 제외하는 후자의 기계가공을 위한 추가 자유도로 또한 이용 가능하다.
- [0033] 이미 위에서 설명한 바와 같이, 본 방법을 사용하여 형성된 표면은 엔벨로프를 통해 달성된 재료 제거의 단부 영역으로 구성될 수 있고, 이는 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변된다. 새로운 치형 배열체 표면(영역)을 생성하는 이러한 유형은, 새로운 치형 배열체 표면의 정확한 기능 및 서로에 대한 치형 배열체 회전 축의 특정 방향에 관계없이, 독립적으로 보호할 가치가 있는 것으로 본 발명에 의해 개시된다. 이러한 목적을 위해, 본 발명은 추가 양태로서 다음의 방법을 제공한다
- [0034] 공구 치형 배열체에 의해 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크 영역을, 특히 피가공물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를, 기계가공하기 위한 방법으로서, 이 방법에서 치형 배열체는 각각의 치형 배열체 축을 중심으로 롤링 커플링으로 회전하고, 치형 플랭크 영역 상의 기계가공은 새로운 치형 배열체 표면을 생성하고, 이는 실질적으로 기계가공이 복수의 피가공물 회전에 걸쳐 수행되는 점을 특징으로 하고, 피가공물 회전 축에 평행한 방향 성분을 갖는 제1 상대 이동은 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체 사이에서 수행되고, 특히 제1 상대 이동의 이동 상태에 따라 가변되는 제2 상대 이동에 의해, 피가공물 치형 배열체의 치형 플랭크와의 맞물림 위치에 대한 공구 치형 배열체의 엔벨로프 곡선의 위치는 피가공물 회전 축(C)에 직교하는 평면에 대한 투영으로 볼 때 피가공물 치형 배열체의 프로파일에 대해 횡방향으로 특히 공구 회전 축에 직교하게 시프트되고, 그 결과 각각의 피가공물 회전의 한 패스 동안 절삭면을 따라 재료가 제거되고, 새로운 치형 배열체 표면의 형상은 복수의 피가공물 회전의 절삭면의 단부 영역으로 구성된다. 그러므로, 바람직하게는 절삭은 공구 회전 축에 실질적으로 직교하는 평면에서 발생된다.
- [0035] 바람직한 실시예에 대해, 특히 새로운 치형 배열체 표면으로서 위상의 형성을 위해, 위에서 설명된 양태가 방금

정의된 방법에 또한 사용될 수 있음은 당연하다.

- [0036] 바람직한 디자인에서, 공구와 피가공물의 치형 배열체 축 둘 모두는 동일한 평면에 있을 수 있지만, 하나는 다른 것에 대해 비스듬히 경사질 수 있다. 이러한 축 위치는 단부 에지에 가까운 영역이 기계가공되고 치형 배열체의 관련된 단부 평면이 피가공물 축에 직각으로 이어지지 않으나 또한 상기 영역에 대해 경사진 경우에 특히 적합할 수 있다. 그 후, 상대 축의 기울기가 피가공물 회전 축에 대한 직교 평면에 대해 단부면의 기울기 값으로 조정될 수 있다.
- [0037] 새로운 치형 배열체 표면 영역으로서 위상의 생성 외에, 베벨의 생성은 이미 처리되었다. 이와 관련해서, 스타터 피니언의 리드인 표면도 생성될 수 있다.
- [0038] 전문한 경사각과 관련하여, 베벨 또는 베벨로이드 치형 배열체에 새로운 치형 배열체 표면이 생성되는 것이 제공될 수도 있고, 공구는 공구의 절삭 프로파일이 공구와 베벨 기어의 축을 배향하여 베벨 치형 배열체의 원주형 외부 측면 상의 위상 프로파일과 평행하게 마련되는 각도로 적용된다.
- [0039] 이와 관련하여, 새로운 치형 배열체 표면을, 특히 위상을, 생성하기 위해 원통형 치형 피가공물뿐만 아니라 볼록 치형 배열체 또는 특히 상기 베벨 기어 치형 배열체를 사용되는 것도 제공된다. 이와 관련하여, 60° 미만, 더욱 바람직하게는 40° 미만이고, 특히 30° 미만(이에 대응하여 이 값의 약 절반의 개별 피가공물에 대한 원추)의 축 각도를 위해 설계된 베벨 기어 치형 배열체(베벨로이드 및 하이포이드)로 작업하는 것이 바람직하다. 따라서, 공구의 경사각은 베벨 기어의 롤링 원뿔각으로 조정될 수 있다.
- [0040] 추가적인 바람직한 실시예에서, 치형 배열체 공구는 새로운 치형 배열체 표면이, 특히 챔퍼가, 본 방법을 사용하여 생성되는 피가공물 치형 배열체에 통합된 주요 공구를 갖는 또는 주요 공구에서 공구 배열체에 이미 통합될 수 있다. 특히, 치형 배열체는 성형 휠(기어 성형용) 또는 스카이빙 휠(기어 스카이빙용)의 후방측으로 생성될 수 있다. 특히, 기어 스카이빙에 의해 생성되는 주요 기계가공의 경우, 특히 축방향으로 다른 하나의 바로 위에 배열되는 특히 2개의 디스크형 공구 형태로 챔퍼링 공구와의 조합 공구로서 공구를 설계하여 회전 축이 일치하도록 고려할 수 있다. 이러한 치형 배열체 공구는 또한 기어 스카이빙을 위해 설계된 프로파일로 기어 스카이빙용 절삭날이 있는 제1 단부면에 형성될 수 있고, 후방측에서, 이는 동일한 치형 배열체의 기어 성형을 위해 설계된 프로파일로 형성될 수 있으며, 이 프로파일은 그 후 (기어 성형과 같이) 평행 축으로 설계되거나 가능한 한 축이 바람직하게는 하나의 평면에 있지만 서로에 대해 경사각으로 설계될 것인 반면, 축 교차각은 스카이빙 공정이 설계된 치형 배열체를 생성하는 스카이빙 공정에 대해 설정된다.
- [0041] 추가 양태에 따르면, 새로운 치형 배열체 표면은 기계가공된 치형 배열체의 단부면에 반드시 인접할 필요는 없을 것이다. 예를 들어, 특히 서로 기울어지거나 특히 평행한 회전 축을 가진 포켓을 생성하는 것도 고려된다. 이러한 목적을 위해, 치형 배열체 공구는 또한 매우 얇은 디스크로서 제조될 수 있고, 처음에는 제1 단계에서, 전체 포켓 폭에 걸쳐 아직 만들어지지 않은 대응하는 얇은 절개부가, 가능하게는 원하는 포켓 깊이까지, 그러나 여전히 피가공물 축방향으로 동일한 높이에 있는 진동하는 제2 상대 이동으로 사용될 수 있고, 후속적으로 본 방법 단계는 위의 설명에 따른 위상의 생성에서와 같이, 그러나 전체 축방향 포켓 폭에 도달할 때까지 균일하게 깊은 절개부의 형성을 위한 횡방향 이동의 동일한 확장부와 함께 사용될 수 있다.
- [0042] 이와 관련하여, 본 방법은 제1 및 제2 상대 이동으로 기계가공함으로써 치형 에지를 기계가공하기 위해 특히 챔퍼를 생성하기 위해 서로 평행한 치형 배열체 회전 축들로 명확하고 바람직하게 수행될 수 있지만, 복수의 피가공물 회전으로부터 절삭면의 단부 영역으로부터의 새로운 치형 배열체 표면의 구성을 사용하는 방법이, 비평행 치형 배열체 회전 축들로 작업이 수행되거나 치형 에지의 기계가공이 일어나지 않는, 특히 새로운 치형 배열체 표면으로서 챔퍼 표면의 형성이 일어나지 않는 새로운 치형 배열체 표면을 위해서 또한 사용될 수 있다는 것이 이해되거나 개시될 수 있다.
- [0043] 추가의 가능한 실시예에서, 수정된 기계 축 제어가 새로운 치형 배열체 표면에 대한 가상 형상과 연관되는 수정 기능이 제공되고, 중앙 영역으로부터 단부면까지의 제1 전이 영역 및/또는 중앙 영역으로부터 치형 플랭크까지의 제2 전이 영역의 가상 형상은 더 많은 재료를 제거하는 방식으로 피공작물의 목표 형상(예를 들어, 챔퍼 폭과 챔퍼 각도 매개변수의 (일반적인) 조합을 통해 확정됨)으로부터 벗어나며, 처리는, 특히 수정 기능의 선택 후 또는 자동적으로, 수정된 기계 축 제어를 기반으로 한다. 이러한 방식으로, 기계가공 공구와 피공작물 치형 배열체 사이의 압축력에 의해서 유발되는 기계가공된 치형 플랭크 영역 상에서의 재료 뒤틀림의 형성이 방지될 수 있다.
- [0044] 이러한 수정 기능의 제공은 또한, 특히, 이러한 압축력이 발생할 수 있고/있거나 피공작물 치형 배열체의 재료

가 임의의 발생하는 압축력을 방지할 만큼 충분한 유동 저항을 제공할 수 없는 방법에서, 특정 기계가공 운동학 및/또는 기계가공 공구의 모양에 관계없이 유리할 수 있다. 이와 관련하여, 본 발명은 또한, 그 자체로 독립적이고 특히 가능한 방법으로서, 기계가공 공구를 사용하여, 피공작물 치형 배열체의 치형 플랭크 영역, 특히 피공작물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위한 방법을 개시하며, 이 방법에서, 특히 챔퍼 형태의 새로운 치형 배열체 표면이 수정 기능을 사용하여 치형 플랭크 영역에서의 기계가공에 의해서 형성되며, 이 수정 기능에서, 수정된 기계 축 제어는 새로운 치형 배열체 표면을 위한 가상 형상과 연관되고, 중앙 영역으로부터 단부면까지의 제1 전이 영역에서 그리고/또는 중앙 영역으로부터 치형 플랭크까지의 제2 전이 영역에서의 가상 형상은 더 많은 재료를 제거하는 방식으로 피공작물의 목표 형상으로부터 벗어나고, 처리는, 특히 수정 기능을 선택한 후 또는 자동적으로, 수정된 기계 축 제어에 기반하여, 기계가공 공구와 피공작물 치형 배열체 사이의 압축력에 의해서 유발되는 피처리 치형 플랭크 영역 상의 재료 뒤트립의 형성을 방지한다.

[0045] 수정 기능은 제어 장치에 의해서 자동적으로 실행되는 방식으로 구현될 수 있고, 가능하게는, 기계의 조작자에 대해서 검출될 수 없는 방식으로 백그라운드에서 발생할 수 있다. 그러나 수정 기능이 방법을 실행하는 기계를 작동할 때 선택 가능한 옵션인 것이 또한 제공된다. 예를 들어, 작업자는, 수정 기능 없이 생성된 새로운 치형 배열체 표면의 편차를 인지한 후, 수정 기능을 활성화할 수 있다.

[0046] 추가의 바람직한 실시예에서, 수정 기능의 매개변수는 가변적일 수 있고, 특히 조작자 입력에 의해 결정될 수 있다. 이와 관련하여, 예를 들어, 편차의 모양 및/또는 크기가 입력되고/되거나 (미리 선택된 옵션으로부터) 선택될 수 있다.

[0047] 예를 들어, 편차의 모양은 라운딩(rounding) 또는 베벨(bevel)로 구현될 수 있다. 예를 들어, 챔퍼(예컨대, 45°)가 직선 치형 배열체 상에서 필요하고 피공작물 상의 원하는 목표 형상에 대응하는 경우, 예를 들어, 가상 챔퍼 형상은 단부면에 도달하기 전에 더 큰 각도를 가진 베벨로 전환하고/하거나 치형 플랭크에 도달하기 전에 더 작은 각도(각각의 경우에 치형 플랭크와 관련하여)를 가진 베벨로 전환할 수 있다.

[0048] 예를 들어, δ 가 챔퍼의 (중앙 영역의) 챔퍼 각도를 나타내는 경우, 이러한 더 작은 각도(ε)는 바람직하게는 δ 보다 적어도 15° 작아야 하고/하거나 30° 이하, 바람직하게는 20° 이하이어야 한다. 더 큰 각도(η)에도 동일한 사항이 적용되며, 이는 바람직하게는 δ 보다 15° 이상 크고/거나 60° 보다, 특히 70° 보다 크다.

[0049] 또한, 미리 결정된 챔퍼 각도(δ)(중앙 영역에서)를 갖는 가상 형상의 챔퍼 폭(bs)이, 챔퍼가 동일한 각도(α)로 연속되어 생성되는 챔퍼 폭보다 적어도 2%, 바람직하게는 적어도 5%, 특히 적어도 10% 더 큰 것이 바람직하다. 동일한 사항이 또한 바람직하게는 플랭크 방향의 챔퍼 연장부(bf)에도 적용된다.

[0050] 더욱 바람직한 실시예에서, 이러한 수정 기능의 구현에 대해 대안적으로 또는 추가적으로, 위의 설명과 관련하여, 가상 형상의 정의에 대응하는 확장된 입력 옵션을 제공하는 (확장된) 챔퍼 목표 형상을 위한 입력 옵션이, 특히, 챔퍼 폭, 챔퍼 각도와 같은 기본 챔퍼 데이터의 입력 후 피공작물 상의 목표 형상을 벗어나는 설계 제안의 형태로도 제공되는 것이 제안된다. 따라서, 위에서 설명된 바와 같이 제1 또는 제2 전이 영역을 정의하는 방식으로 피공작물 상의 목표 형상을 벗어나는 챔퍼 형상 데이터의 입력이 이미 발생한 경우, 이러한 (확장된) 챔퍼 데이터는 수정 기능의 가상 형상을 기초로 사용하는 것에 대응하는 기계 축 제어를 위한 기초로서 사용될 수 있다.

[0051] 이로써 확장된 챔퍼 데이터는 바람직하게는 챔퍼의 적어도 단부면 상에서 그리고/또는 중앙 영역에 대한 플랭크 측부 상에서 전이 영역을 확정하며, 이의 형상은 중앙 영역의 형상으로부터, 특히 라운딩 또는 베벨의 형태로 벗어난다. 라운딩의 경우, 위의 각도 값은 바람직하게는 유사하게 라운딩에 걸쳐 평균화된 접선 기울기의 형태로 적용된다.

[0052] 설명된 수정 기능, 및/또는 확장된 챔퍼 데이터를 갖는 입력 옵션이 바람직하게는 처음에 설명된 기계가공 방법의 하나 이상의 양태에 따른 기계가공 방법을 위해 사용된다는 것이 이해된다.

[0053] 장치 기술 측면에서, 챔퍼링 공구는 피가공물 치형 배열체의 단부면과 치형 플랭크 사이에 형성된 치형 에지를 기계가공하기 위해 제공되고, 기계가공은 실질적으로 상호 롤링 커플링으로 공구 치형 배열체 형태로 서로 평행한 치형 배열체 회전 축으로 수행되고, 특히 전술한 양태 중 하나에 따른 방법에 따라 기계가공을 위해 및/또는 위에서 제시된 디자인 특성을 갖도록 설계된 공구 치형 배열체의 치형 플랭크에 의해서 기계가공 표면이 형성된다.

[0054] 본 발명은 또한 기어 절삭기의 제어 장치에서 실행될 때 전술한 방법 양태 중 하나에 따른 방법을 수행하기 위

해 기계를 제어하는 제어 명령어를 포함하는 제어 프로그램에 의해 보호된다.

[0055] 더 나아가, 본 발명은 피가공물 회전 축을 중심으로 피가공물 치형 배열체를 회전 구동하기 위한 적어도 하나의 피가공물 스핀들 및 회전 축을 중심으로 공구 치형 배열체를 회전 구동하기 위한 적어도 하나의 공구 스핀들을 구비하고, 피가공물 치형 배열체와 공구 치형 배열체 사이에서, 피가공물 회전 축에 평행한 제1 상대 이동을 가능하게 하는 적어도 하나의 제1 기계 축을 구비하고, 전술한 방법 양태 중 하나에 따른 방법을 수행하기 위한 제어 명령어를 갖는 제어 장치를 특징으로 하는 기어 절삭기를 제공한다.

[0056] 기어 절삭기는 치형 배열체를 생성하기 위한 주요 공구 스핀들도 포함하는 더 큰 기계 복합물일 수 있다. 그러나, 기어 절삭기는 독립적인 챔퍼링 스테이션으로 설계될 수도 있다. 단순한 디자인에서, 바람직하게는 피가공물 회전 축 방향으로 제1 이동을 위해 기계 축에 피가공물 회전 축 방향으로 주요 구성요소가 제공된다. 수직 기계의 경우, 이는 수직 축일 것이다.

[0057] 반경 방향 축은 바람직하게는 스테이션을 상이한 직경의 피가공물 및 공구에 사용할 수 있도록 유지하고 선택적으로 추가 이송 축으로 제공된다. 추가적인 실시예에서, 접선 축은 또한 바람직하게는 반경 방향 축에 직교하고 피가공물 회전 축에 직교하는 선형 기계 축으로서 실현될 수 있다. 특히 바람직한 실시예에서, 챔퍼링 스테이션은 공구 회전 축과 피가공물 회전 축의 평행한 배열체를 변경할 수 있는 피벗 축 또는 틸트(tilt) 축을 갖지 않는다. 선형 접선 축은 또한 스테이션을 간단한 방식으로 설계하기 위해 바람직하게 생략될 수 있다.

[0058] 공구 회전 축은 바람직하게는 직접 구동 또는 간접 구동을 통해 구동되는 축이다. NC 축으로 설계된 기계 축용 제어기가 있고, 이는 동기식 롤링 커풀링을 유지하고 추가 회전을 통해 목표 및 제어 방식으로 위상을 벗어날 수 있음은 당연하다. 이와 관련하여, 예를 들어 비접촉 센터링 센서를 갖는 센터링 장치가 제공되는 것이 바람직하다.

[0059] 또한, 본 발명에 따라 매우 얇은 챔퍼링 휠은 또한 간접 윤곽에 의해 야기되는 것과 같은 불리한 공간 조건 하에서 치형 에지 기계가공을 가능하게 하고, 또한 예를 들어 탠덤 공구로서 설계될 수 있다. 본 발명에 따른 피가공물 치형 배열체를 제조하기 위한 스카이빙 휠과 챔퍼링 휠의 회전 불가능하게 연결된 조합도 고려할 수 있다. 그 후, 주요 기계가공 유닛의 기계 축은 챔퍼링을 위해 이용 가능하지만, 비생산 시간이 길어진다. 예를 들어, 공구를 변경하거나 둘 이상의 상이한 치형 배열체로 피가공물을 기계가공하지 않고 상이한 피가공물 배치를 챔퍼링하도록 탠덤 공구를 형성하기 위해 회전 불가능한 방식으로 서로 다른 피가공물 치형 배열체를 위해 설계된 본 발명에 따른 2개의 챔퍼링 휠을 결합할 수도 있다.

[0060] 본 발명의 추가적인 특징, 세부사항 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 다음의 설명에서 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0061] 도 1은 기어형 공구 및 공구에 의해 기계가공된 치형 배열체를 도시한다.

도 2는 챔퍼가 생성된 피가공물의 단면을 도시한다.

도 3a는 챔퍼를 생성하기 위한 설명도를 도시한다.

도 3b는 도 3a로부터의 확대 단면을 도시한다.

도 4는 후퇴 이동 동안의 순간적인 위치를 도시한다.

도 5는 피가공물 치형 프로파일에 대해 시프트된 엔벨로프를 도시한다.

도 6a 및 도 6b는 단일 플랭크 기계가공의 설명도를 도시한다.

도 7은 비교적 얇은 공구 치형 배열체의 도면을 도시한다.

도 8a 및 도 8b는 도달하기 어려운 치형 에지의 기계가공의 개략도를 도시한다.

도 9는 챔퍼링 유닛을 개략적으로 도시한다.

도 10은 수정 기능을 설명한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062] 도 1은 이미 제조된 내부 치형 배열체(3)를 갖는 피가공물(2)의 사시도이다. 본 실시예에서, 내부 치형 배열체(3)는 직선형 치형이지만, 외부 치형 배열체뿐만 아니라 나선형 치형 배열체를 기계가공하는 것이 또한 가능하

다.

- [0063] 도 1에 도시된 기계가공 작업은 피가공물(2)의 하측 단부면(2b) 상에서 발생한다. 이 예시적인 실시예에서, 내부 치형 배열체(3)의 실질적으로 인벌류트(involute) 치형부(4)의 치형 에지는 단부 에지(2b) 상에 챔퍼(chamfer)를 구비하게 된다. 그 후, 다른 단부면(2a)에 대해 추가적인 챔퍼링 공정이 수행될 수도 있음은 당연하다. 그러나, 본 방법은 롤러블 비인벌류트 피가공물 치형 배열체에도 적합하다.
- [0064] 기계가공은 공구 치형 배열체(13)로 수행된다. 이러한 목적을 위해, 본 예시적인 실시예에서는 공구 치형 배열체(13)와 함께 외부에 치형부를 갖는 디스크형 공구(10)가 제공된다. 본 예시적인 실시예에서, 공구 치형 배열체(13)는 내부 치형 배열체(3)의 역치형 배열체이다. 이는 피가공물(2)과 공구(10)가 동기식 롤링 커플링으로 서로 맞물릴 때, 공구 치형 배열체(13)의 치형부(14)가 내부 치형 배열체(3)의 치형부(4) 사이에 형성된 치형 갭에 침투되고 피가공물 치형 플랭크에서 롤오프되는 것을 의미한다. 공구 치형부(14)의 롤링 위치의 엔벨로프는 피가공물 치형부(4)의 치형 플랭크에 실질적으로 인벌류트 프로파일을 반영한다. 바람직한 방법 실시예에서와 같이, 단일 플랭크 공정을 사용하여 기계가공이 수행되면, 공구 치형부(14)의 치형 두께는 접촉하는 두 플랭크 롤링 맞물림에 필요한 것보다 더 얇게 설계될 수도 있다. 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 피가공물 치형 배열체(3)의 회전 축(C)과 공구 치형 배열체(13)의 회전 축(B) 사이에 축 교차각이 제공되지 않고; 회전 축(B 및 C)은 병렬로 이어진다. 도 1의 좌표계로 도시된 추가 축(X, Y, 및 Z)은, Z(C에 평행한 이송), X 반경 방향 축(중심 거리 방향), Y 접선 방향과 같은, 부분적으로 또는 전체적으로 기계 공구(미도시)의 선형 기계 축으로 실현될 수 있다.
- [0065] 도 1에 도시된 공구 치형 배열체(13)와 피가공물 치형 배열체(3) 사이의 상대 위치는 실질적으로 기계가공 시작시의 상황이다. 기계가공의 시작 전에, 피가공물(2)의 단부면(2b)과 치형부(4)의 인접한 치형 플랭크 사이에 설정된 에지(6)는 예를 들어 기어 스카이빙, 기어 호빙 또는 기어 성형 또는 다른 성형 방법에 의해 예를 들어 내부 치형 배열체(3)를 생성하기 위한 이전 방법에서 발생된 것과 유사한 형상으로 여전히 예리하고, 치형 배열체를 생성하기 위해 기계가공 중에 형성된 1차 버르는 이미 제거되었을 수 있다.
- [0066] 본 예시적인 실시예 및 다수의 바람직한 방법 실시예의 치형 에지 기계가공의 목적은 예를 들어 도 2의 예시에 도시된 바와 같이 이전 치형 에지(6)의 위치에 챔퍼(8)를 형성하는 것이다. 확대 예시의 목적으로, 도 2는 베이스 근처의 치형 갭(5)의 영역 및 팁 근처의 공구 치형부(14)의 영역만을 도시한다.
- [0067] 이제 챔퍼(8)를 생성하기 위한 바람직한 예를 도 3a를 참조하여 설명할 것이다. 축방향 상대 이동은 축방향으로 보았을 때 피가공물 치형 배열체(3)의 하측 단부면(2b)의 높이 레벨 위로 Δz 만큼 피가공물 치형 배열체(13)를 이동시킨다. 또한, 공구 치형 롤링 위치의 엔벨로프는, 예를 들어 동기화된 롤링 커플링의 위상 위치에 대한 피가공물의 추가 회전(ΔC)으로 인해, 본 실시예에서 예를 들어 0.3 mm인 챔퍼 폭(w)에 대응하는 접선 방향(Y)의 양만큼 시프트된다. 결과적으로, 공구(10)의 단부면(12)과 공구(10) 상의 공구 치형 배열체(13)의 치형 플랭크면에 의해 형성된 기계가공 표면(18) 사이에 제공되는 날카로운 에지(19)는 롤링 맞물림의 롤링 동작을 실행하면서 피가공물(2)의 단부면(2b) 상의 재료를 절삭한다. 이 경우, 절삭 이동은 실질적으로 회전 축(C)에 직교하는 평면에서 이루어진다. 이것은 챔퍼 폭(w)의 크기의 이전 치형 에지(6)로부터의 거리에서 종료된다. 공구(10)가 축방향으로 더 깊게 침투된 상태이지만, ΔY 만큼 시프트가 감소된 상태에서 이러한 공정을 반복함으로써, 다음 단계는 도 3a에서 알 수 있는 바와 같이 다음 회전 동안 $w - \Delta Y$ 등에 도달된다. 따라서, 이로 인해 접선 방향으로 상이한 절삭 깊이의 슬라이스 및 이에 따른 플랭크 법선 방향으로 상이한 연장부가 제거된다. 원하는 챔퍼 깊이(d)의 레벨에서 축방향 침투 깊이에 도달된 축방향 이동의 끝에서, 시프트는 다시 0이 되고, 추가 회전(ΔC)을 통한 횡방향 이동 실현의 본 예시적인 실시예에서, 동기식 롤링 커플링의 위상 위치에 다시 도달한다.
- [0068] 시프트 이동이 선형 기계 축을 통해서만 영향을 받는 경우, 동기식 롤링 커플링의 위상 위치는 기계가공 중에 유지될 것이고, 슬라이스 제거 효과는 기계 축 설정을 통해, 예를 들어 접선 축(Y)을 통해, 엔벨로프의 대응하는 시프트에 의해 달성된다. 반경 방향 축(X)의 작용이나 상호작용이 또한 착상가능하다. 또한, 축 이동들로 구성된 조합(X, Y; X, ΔC ; Y, ΔC ; X, Y, ΔC)이 사용될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 베이스 챔퍼도 생성해야 하는 경우 반경 방향 축의 관련이 바람직하다.
- [0069] 바람직하게는, 본 예시에서와 같이, 축방향 이동은 피가공물 회전당 조정 가능한 이송 속도로 연속적인 이송 이동에 의해서 발생될 것이다. 도시된 예시적인 실시예에서, 예를 들어, 1,000 rpm의 피가공물 속도 및 0.02 mm의 피가공물 회전당 이송 속도가 설정된다. 예를 들어, 약 45°의 챔퍼 각도에 대응하는 약 0.3 mm의 챔퍼 폭 및 또한 약 0.3 mm의 챔퍼 깊이(d)를 갖는 도 3에 도시된 챔퍼를 생성하기 위해, 15번의 피가공물 회전이 수행

된다(단순화를 위해, 도 3 및 도 3a에서의 확대된 컷아웃(cutout)은 단차 및 슬라이스 제거의 더 적은 수의 단계만을 도시한다).

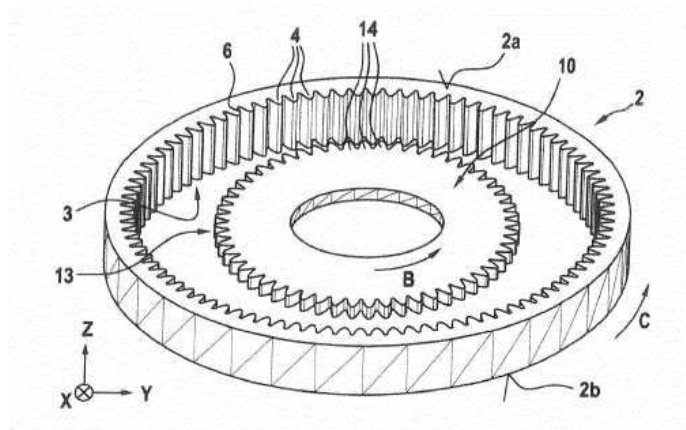
- [0070] 챔퍼(8)의 표면을 평탄화하기 위해, 공구 치형 배열체(13)의 에지(19)는 본 예시적인 실시예에서 다시 한 번 챔퍼(8)를 따라 안내된다. 이러한 목적을 위해, 이동 방향은 축방향에서 역방향으로 되고, 엔벨로프의 시프트와 현재 축방향 침투 깊이 간의 관계는 유지되지만, 바람직하게는 α 만큼 위상 이동이 바람직하게는 $[90^\circ - 270^\circ]$ 범위에서 제공된다. 침투 이동보다 부상 이동 중에 더 낮은 이송 속도로 작업할 수도 있을 것이다. 이러한 평탄화 후퇴 이동의 순간적인 상황이 도 4에 도시된다.
- [0071] 도 5는, 시프트 이동으로 인해, 엔벨로프(28)가, 피가공물 치형 플랭크의 프로파일에 대응하는 제로 위치와 관련하여 개별 롤링 위치(29i)로부터 오프셋되는 방법을 다시 도시한다.
- [0072] 도 6a 및 도 6b는 바람직한 방법 실시예에서 선택된 단일 플랭크 방법뿐만 아니라 시프트 이동을 다시 한 번 도시한다(우측 및 좌측 플랭크는 동시에 챔퍼링되지 않고, 본 예에서 동일한 공구를 사용하여 차례로 챔퍼링됨).
- [0073] 도 7은 챔퍼링 공구의 평면도 및 측면도이다. 후자로부터, 본 예시적인 실시예의 공구 치형 배열체의 디스크 두께(h)가 단지 3 mm임을 알 수 있다. 도 7에 표시된 챔퍼링 휠은 20° 의 맞물림 각도 및 2의 모듈을 구비하는 40개의 치형부를 갖는다. 치형부 수나 디스크 두께와 같은 치형 배열체 데이터가 또한 다른 값을 취할 수 있음은 당연하다.
- [0074] 공구 치형 배열체의 치형 배열체 축이 피가공물 치형 배열체의 치형 배열체 축과 평행하게 정렬되므로, 비교적 얇은 디자인의 챔퍼링 휠은 예를 들어 도 8a에 개략적으로 표시된 상황에서 도달하기 어려운 치형 에지를 기계 가공하는 데에도 매우 적합하고, 여기서 피가공물(2')은 2개의 상이한 외부 치형 배열체(3')를 갖고 상측 치형 배열체(3'a)의 하측 단부면은 하측 치형 배열체(3'b)의 상측 단부면으로부터 단지 작은 축방향 거리에 있다. 도 8b에서, 공구는 두 개의 공구 치형 배열체를 지나는 탠덤(tandem) 공구 형태이다. 하나의 공구 치형 배열체(13'a)는 피가공물 치형 배열체(3'a)를 챔퍼링하는 데 사용되고 제2 공구 치형 배열체(13'b)는 다른 피가공물 치형 배열체(3'b)를 챔퍼링하는 데 사용된다.
- [0075] 또한, 제시된 방법이 또한 도 1을 참조하여 설명된 챔퍼링된 내부 치형 배열체(3)와 유사한 외부 치형 배열체를 챔퍼링하는 데 사용될 수 있다는 것을 도 8a 및 도 8b로부터 알 수 있다.
- [0076] 또한, 도 1이 직선형 치형 배열체에 대한 챔퍼링 방법을 도시하고 있지만 이 방법이 또한 나선형 치형 배열체를 챔퍼링하는 데 사용될 수 있다는 것이 이해된다. 이 경우, 공구 치형 배열체는 피가공물 치형 배열체의 나선각과 정합하도록 나선형 치형 배열체로서 평행 축과 롤링 맞물림을 매칭시키도록 설계될 수 있다. 대안적으로, 좁고 특히 원추형이지만 여전히 직선형 치형의 공구 치형 배열체가 고려될 수 있다.
- [0077] 도 9에 도시된 챔퍼링 유닛(100)은 피가공물 회전 축(C)(B와 평행한 C)에 대한 대응하는 캐리지 배열체(110, 130, 120)를 통해 실현되는 3개의 선형 축(X, Y, Z)을 사용하여 공구 회전 축(B)을 위치결정할 수 있다. 축 이동(X, Y, Z, B, C)은 제어기(99)를 통해 NC 제어된다. 대체적이고 단순한 디자인의 경우, 캐리지(130)도 생략될 수 있다.
- [0078] 도 9에 개략적으로 도시된 챔퍼링 유닛(100)은 공구측 주된 스핀들이 스카이빙 휠, 호브 또는 기어 성형 휠과 같은 피가공물 치형 배열체를 생성하는 공구를 운반하는 기어 절삭기에 통합될 수 있다. 그 후, 챔퍼링은 여전히 주요 기계가공과 동일한 피가공물 클램핑 공정에서 수행될 수 있거나, 또는 다른 위치에서 링 로더, 그리퍼 또는 이중 스핀들 배열체와 같은 적절한 자동화에 의해 주요 기계가공 위치로부터 챔퍼링 위치로 운반될 수 있다. 유사하게, 챔퍼링 유닛은 독립적인 챔퍼링 기계로 설계될 수 있고, 피가공물은 또한 보조 치형 기계가공을 위해 이미 생성된 치형 배열체를 전달하는 여러 개의 기어 절삭기로부터 피가공물 자동화에 의해 수신될 수 있다.
- [0079] 특히, 피가공물의 동일한 클램핑 공정에서 주요 기계가공과 보조 기계가공이 수행되지 않는 경우, (챔퍼링) 기계가공 유닛이 비접촉식 센터링 센서와 같은 센터링 수단도 구비하여 동기식 롤링 커플링의 동위상 상대 회전 위치를 결정하도록 제공된다.
- [0080] 이제 도 10을 참조하여 수정 기능이 설명된다. 이 경우에 한정됨 없이 45° 의 챔퍼 각도(δ)와 챔퍼 폭(bs)에 의해 확정된 챔퍼(F)의 목표 형상이 직선 치형 배열체에 대해 도시된다. 그러나, 위에서 이미 설명된 수정 기능에 의해서, 기계 축 제어는 이러한 기본 챔퍼 데이터가 아니라, 여기서 예를 들어 약 80° 의 각도(η)를 갖는 단부면에서의 추가 베벨 영역(Fs) 및 여기서 또한 예를 들어 10° 의 치형 플랭크에서의 추가 베벨 영역(Ff)을

구비하는 도 10의 표현에 대응하는 가상 챔퍼의 데이터에 기반한다. 도시된 바와 같이, 가상 챔퍼 폭($bs + \Delta bs$)이 목표 챔퍼 폭을 크게 초과하도록 베벨의 위치결정이 되고(표현 목적으로만), 실제로는 확대되는 모습(widening set)은 단지 몇 %일 수 있다. 동일 사항은 bf 에 대해 수정된 확장($bf + \Delta bf$)을 갖는 플랭크에 대한 대안적으로 그리고/또는 추가적으로 수정된 전이부에 적용된다. 목표 형상에 대해 기계 축이 제어되는 대신 더 많은 재료가 제거되므로, 기계가공 중 압축력으로 인한 재료 시프트의 경우에도, 가상 형상에 대해 나타나는 재료 뒤틀림(material warp)이 목표 형상에 대한 재료 뒤틀림이 되지 않는다.

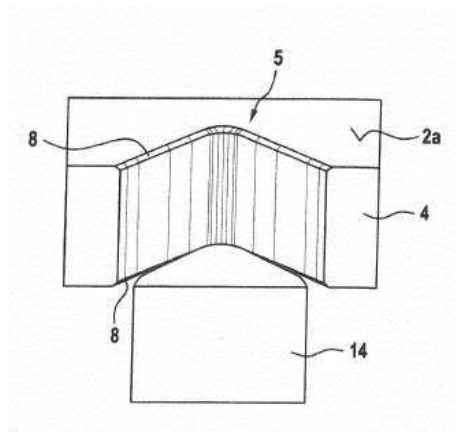
[0081] 게다가, 본 발명은 이전 예시에 도시된 실시예에 제한되지 않는다. 오히려, 전술한 설명 및 다음 청구범위의 개별 특징은 본 발명을 상이한 실시예로 구현하기 위해 개별적으로 그리고 조합되어 필수적일 수 있다.

도면

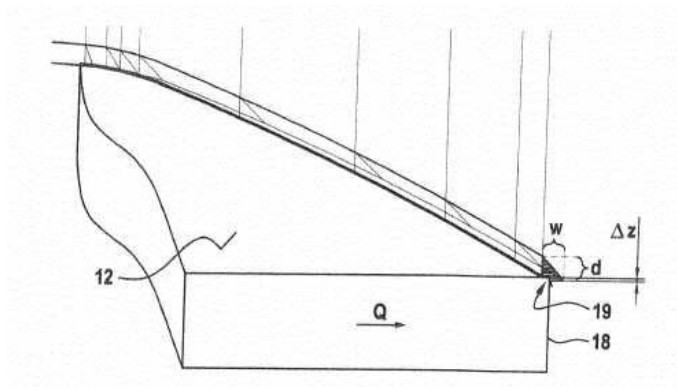
도면1



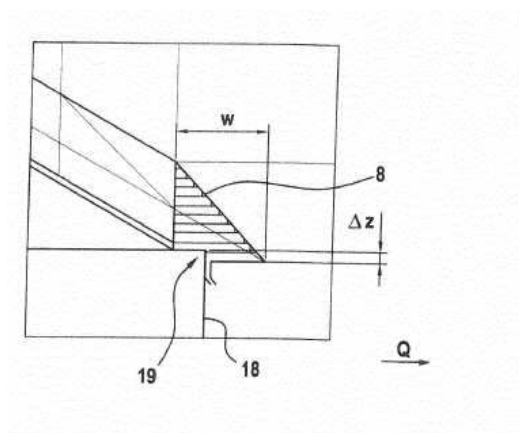
도면2



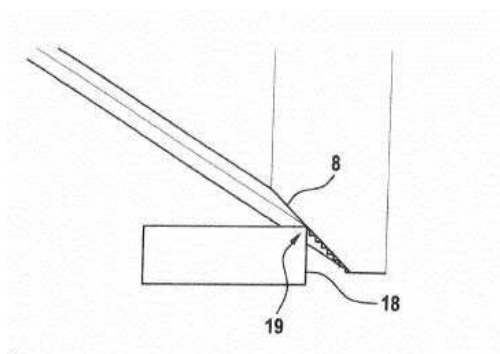
도면3a



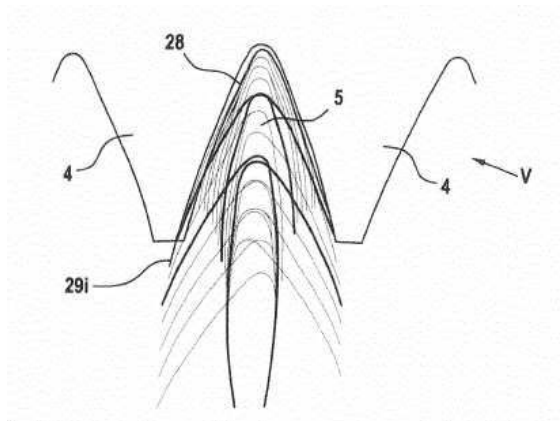
도면3b



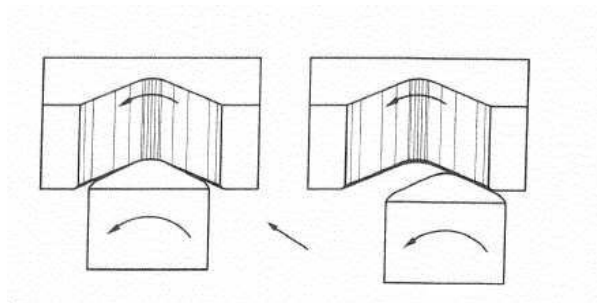
도면4



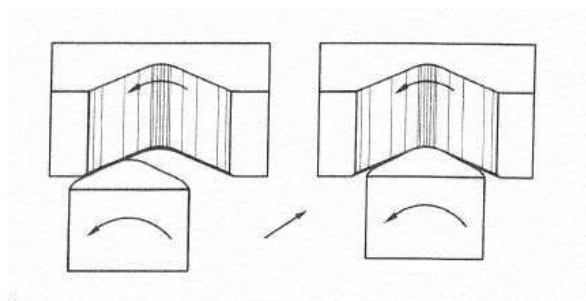
도면5



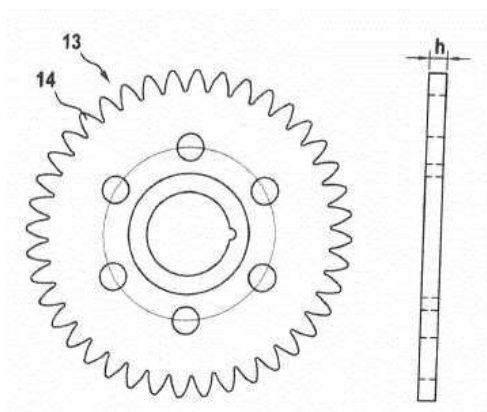
도면6a



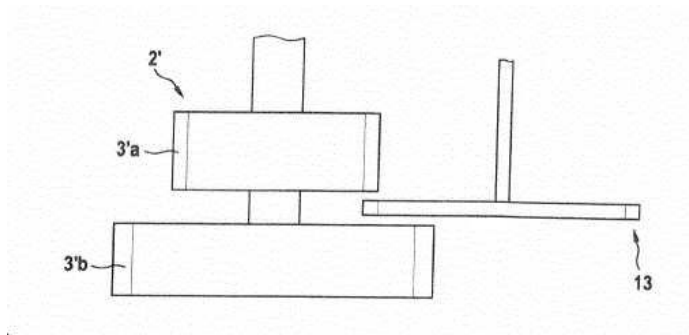
도면6b



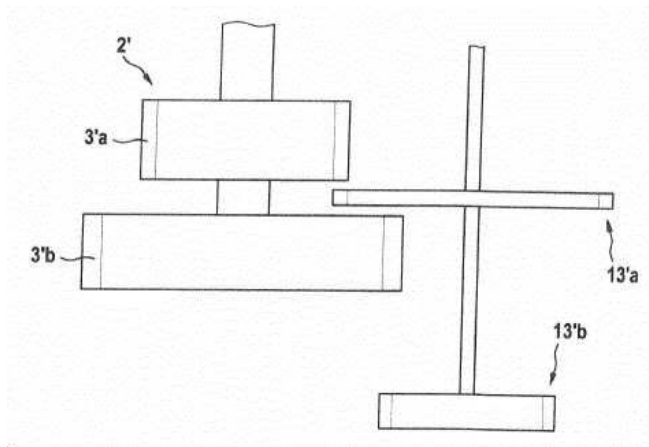
도면7



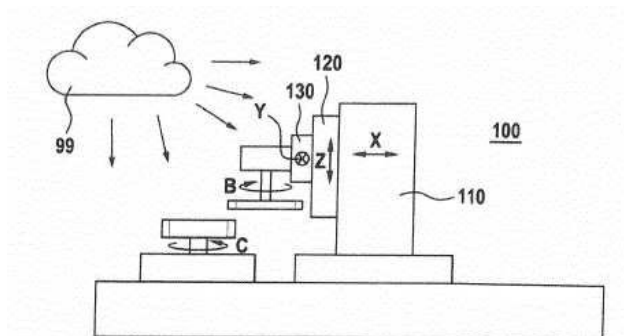
도면8a



도면8b



도면9



도면10

