



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0035818
(43) 공개일자 2017년03월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23F 5/04 (2006.01) B23F 21/02 (2006.01)
B23F 21/16 (2006.01) B23F 23/12 (2006.01)
B23F 5/20 (2006.01) B24B 53/075 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23F 5/04 (2013.01)
B23F 21/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0121892
(22) 출원일자 2016년09월23일
심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
10 2015 012 308.4 2015년09월23일 독일(DE)
16183528.5 2016년08월10일
유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인
리브에르-베르잔테크닉 게엠베하
독일 캄프텐 87437 카우프뷰레르 스트라쎄 141
- (72) 발명자
로베르트 위르펠
독일 캄프텐 87439 베임 띠게르스토벨 4
한스외르그 가이저
독일 빅겐스마크 87487 스테인부엘베그 20
- (74) 대리인
특허법인 플러스

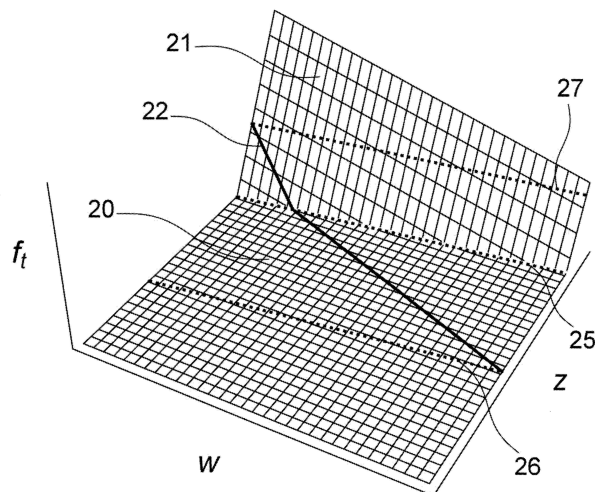
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 수정 기어링 기하구조를 가지는 워크피스를 제작하는 방법

(57) 요약

본 발명은 창성 방법에 의한 수정된 기어링 기하구조를 가지는 워크피스를 제작하는 방법에 관한 것으로, 워크피스는 적어도 하나의 기계 가공 행정에서 수정 기어링 기하구조를 가지는 틀에 의해 기계 가공되고, 틀은 위상 수정을 가진다. 워크피스와의 접촉 경로는 기계 가공 행정 중에 틀 상에서 시프트되지 않는 것이 제공된다. 제 1 실시예에서, 원통형 워크피스가 기계 가공되고, 이 기계 가공은 축방향 창성 방법에 의해 발생한다. 제 2 실시예에서, 원추형 워크피스가 기계 가공되고, 이 기계 가공은 대각 창성 방법에 의해 발생하고, 여기서 대각비는 접촉 경로가 기계 가공 행정 중에 틀 상에서 시프트되지 않도록 선택된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B23F 21/16 (2013.01)

B23F 23/12 (2013.01)

B23F 5/20 (2013.01)

B24B 53/075 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

창성 방법(generating method)에 의해 수정 기어링 기하구조(gearing geometry)를 가지는 워크피스(workpiece)를 제작하는 방법으로서, 상기 워크피스는 수정 기어링 기하구조를 가지는 툴(tool)에 의해 적어도 하나의 기계 가공 행정에서 창성 기계 가공되고, 상기 툴은 위상 수정을 가지는, 상기 방법에 있어서:

상기 워크피스와의 접촉 경로는 상기 기계 가공 행정 동안 상기 툴 상에서 시프트(shift)되지 않는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

원통형 워크피스가 기계 가공되고 상기 기계 가공은 축방향(axial) 창성 방법에 의해 이루어지는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

원추형 워크피스가 기계 가공되고 상기 기계 가공은 대각(diagonal) 창성 방법에 의해 이루어지고, 대각비(diagonal ratio)는 상기 툴 상의 접촉 경로가 상기 기계 가공 행정 동안 시프트되지 않도록 선택되고; 바람직하게는 원통형 기초 형태를 가지는 툴이 사용되고 상기 기계 가공은 하나의 플랭크 상에서 이루어지거나; 또는 바람직하게는 원추형 기초 형태를 가지는 툴이 사용되고 상기 기계 가공은 2개의 플랭크들 상에서 이루어지고; 상기 툴의 원추각 및 상기 대각비는 더 바람직하게는 상기 접촉 경로가 2-플랭크(two-flank) 기계 가공 동안 우 및 좌 플랭크들 상에서 시프트되지 않도록 선택되는 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 툴의 면 기하구조의 위상 수정은 창성 패턴(pattern)에서 적어도 국지적으로 상기 툴의 제 1 방향으로 상수 값을 가지고 상기 제 1 방향으로 수직으로 연장되는 상기 툴의 제 2 방향으로 함수(F_{F1})에 의해 제공되고;

그리고/또는 상기 창성 패턴에서의 상기 툴의 제 1 방향으로의 상기 툴의 상기 면 기하구조의 상기 위상 수정은 적어도

툴 너비 방향에서의 계수들이 상수 부분에 대해 $F_{FC,1}$, 1차 부분에 대해 $F_{FL,1}$, 그리고/또는 2차 부분에 대해 $F_{FQ,1}$ 인 계수 함수들이 제공되는 상수, 1차 또는 2차 함수로서 근사적으로 나타내어질 수 있고;

상기 제 1 방향은 바람직하게는 드레싱 동안의 드레서의 동작 라인의 방향에 대응하는 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 워크피스의 희망하는 프로파일 수정은 특정되고 상기 워크피스 상에서 상기 창성 기계 가공에 의해서 제작되고; 상기 희망하는 프로파일 수정 및/또는 상기 희망하는 수정의 속성들은 바람직하게는 특정 조건들 내에서 자유로이 특정 가능하고; 그리고/또는 상기 프로파일 수정의 다음의 속성들:

- 크라운(crowning);
- 프로파일 각 편위(angle deviation);
- 팁 릴리프(tip relief);

- 루트 릴리프(root relief);

중 하나, 바람직하게는 상기 속성들 중 복수의 속성들, 그리고 더 바람직하게는 상기 속성들 중 모두는 특정 가능하고;

바람직하게는 다음의 데이터:

- 상기 크라운의 크기;
- 상기 프로파일 각 편위의 크기;
- 상기 톱 릴리프의 양 및 위치;
- 상기 루트 릴리프의 양 및 위치

가 특정될 수 있고,

더 바람직하게는, 상기 속성들 중 적어도 하나에 대해 그리고/또는 상기 속성들의 데이터에 대하여 입력 박스(input box)들을 가지는 적어도 하나의 입력 마스크(input mask)가 제공되고;

그리고/또는 상기 회망하는 프로파일 수정은 연속 수정(continuous modification)으로서 그리고/또는 복수의 롤링 각(rolling angle)들로 자유로이 특정 가능한 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 톱의 상기 위상 수정은 상기 드레싱 동안 상기 톱에 대한 상기 드레서의 위치가 상기 톱의 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톱 너비 위치에 따라 변동됨으로써 제작되는 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 창성 방법은 상기 톱 상에서 규정된 접촉 경로로 실행되고; 상기 위상 수정 및/또는 상기 접촉 경로는 상기 접촉 경로를 따른 상기 톱 상에서의 상기 위상 수정이 상기 워크피스 상에 회망하는 프로파일 수정을 제작하는 형상을 가지도록 선택되고; 상기 위상 수정은 바람직하게는 상기 접촉 경로에 따라 선택되거나 또는 상기 접촉 경로는 바람직하게는 상기 접촉 경로를 따른 상기 톱 상의 상기 위상 수정이 상기 워크피스 상에 회망하는 프로파일 수정을 제작하는 형상을 가지도록 상기 위상 수정에 따라 선택되고; 그리고/또는 규정된 접촉 경로에 있어서의 상기 기계 가공은 바람직하게는 상기 톱의 규정된 초기 시프트 위치에 있어서의 기계 가공을 포함하고; 원통형 워크피스의 기계 가공 중에, 상기 초기 시프트 위치는 더 바람직하게는 유지되고 그리고/또는 원추형 워크피스의 기계 가공 중에 상기 톱은 상기 초기 시프트 위치에서부터 시작하여, 상기 접촉 경로가 시프트되지 않는 그러한 대각비만큼 시프트되는 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 워크피스 상에 회망하는 프로파일 수정을 특정하는 단계;
- 상기 워크피스 상에 상기 회망하는 프로파일 수정을 제작하는 데 필요한 규정된 접촉 경로를 따라 상기 톱의 수정을 결정하는 단계;
- 상기 접촉 경로를 따라 이 방식으로 결정되는 상기 수정에 대응하는 상기 톱의 위상 수정을 결정하고; 그리고/또는 상기 접촉 경로를 따라 이 방식으로 결정되는 상기 수정에 대응하는 위상 수정을 제공하는 데 적합하게 상기 톱의 드레싱 동안 상기 톱에 대한 상기 드레서의 위치의 변동을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 위상 수정은 바람직하게는 드레싱 동안 상기 톱에서부터의 상기 드레서의 위치가 상기 톱의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톱 너비 위치에 따라 변동됨으로써 제작되고; 그리고 상기 변동은 바람직하게는 각각 상기 톱의 특정한 회전각 및/또는 톱 너비 위치로 제공되는 상기 드레서의 상기 톱과의 동작 라인 및 상기 톱의 상기 워크피스와의 상기 접촉 경로 사이의 교차 지점에서 특정한 수정이 일어나도록 발생하거나 또는 결정되고; 그리고

상기 규정된 접촉 경로는 바람직하게는 규정된 초기 시프트 위치에 의해서 특정되는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 워크피스 상에 상기 회망하는 수정을 제작하는 데 적합한 접촉 경로를 따른 상기 툴의 상기 수정을 결정하기 위해, 각각의 접촉 경로들을 형성하는 상기 툴 및 상기 워크피스 사이의 접촉 지점들의 결정이 상기 창성 기계 가공 중에 먼저 발생하고; 그리고/또는

위상 수정을 제공하는 데 적합한 상기 툴에 대한 상기 드레서의 상기 위치의 변동을 결정하기 위해, 상기 드레서의 상기 툴로의 동작 라인은 상기 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 상기 툴 너비 위치에 따라 결정되고; 상기 동작 라인의 방향은 바람직하게는 특히 인벌루트 기어링들에 대하여 일정한 것으로 취해지거나; 또는 상기 동작 라인의 방향에 대한 수정의 영향은 특히 비 인벌루트 기어링들에 대하여 고려되는 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

기계 가공 키네마틱스(kinematics)는 상기 툴의 상기 위상 수정에 의해 제작되는 상기 워크피스 상의 수정 상에 상기 기계 가공 키네마틱스의 수정에 의해 제작되는 수정을 중첩(superpose)하기 위하여 상기 창성 방법의 프레임워크(framework) 내에서 수정되는 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 툴을 드레싱하기 위하여 수정 드레서가 사용되고; 그리고 상기 드레서의 상기 수정에 의해 제작되는 상기 툴의 상기 수정은 자체에 중첩되고 상기 드레서의 상기 툴에 대한 위치가 드레싱 동안 상기 툴의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 툴 너비 위치에 따라 변동됨으로써 제작되는 위상 수정을 가지고; 상기 위상 변동은 바람직하게는 상기 워크피스와의 선택된 접촉 경로를 따른 상기 툴 상의 수정들의 중첩이 상기 워크피스 상에 회망하는 프로파일 수정을 제작하는 데 필요한 상기 접촉 경로를 따른 수정에 대응하도록 선택되는 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상이한 매크로 기하구조(macrogeometry)를 가지는 툴, 특히 상이한 직경 및/또는 상이한 수의 스레드(thread)들을 가지는 툴을 위해 설계된, 상기 툴을 드레싱하기 위한 드레서가 사용되고; 비 정합 드레서에 의해 제작되는 상기 워크피스와의 선택된 접촉 경로에서의 상기 툴의 면 기하구조의 수정은 드레싱 동안 상기 드레서의 상기 툴에 대한 위치가 상기 툴의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 툴 너비 위치에 따라 적절하게 변동되므로 보상되고; 그리고 상기 창성 기계 가공 방법은 바람직하게는 상기 선택된 접촉 경로를 사용하여 수행되는 방법.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

적절하게 드레싱된 툴에 의해 회망하는 기어링 기하구조를 가지는 워크피스를 제조하기 위하여,

- 상기 워크피스의 회망하는 프로파일 수정을 특정하는 단계;
- 드레싱 공정의 수정 없이 드레서 및 툴의 복수의 결합들로부터, 상기 회망하는 프로파일 수정에서부터 가장 작은 편위들을 발생시키는 결합을 선택하는 단계;

상기 편위들을 보상하기 위한 상기 툴의 위상 수정을 제작하기 위하여 라인 접촉되어 있는 상기 드레서에 의해 상기 툴을 수정 드레싱하는 단계; 및

상기 회망하는 프로파일 수정을 제작하기 위해 상기 기계 가공 행정에 걸쳐 변경되지 않은 접촉 경로를 가지는 상기 드레싱된 툴에 의해 상기 워크피스를 기계 가공하는 단계를 포함하고,

상기 드레서들 및/또는 툴들은 바람직하게는 적어도 부분적으로 특정되거나 이미 존재하는 범위인 방법.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

적절하게 드레싱된 톨에 의해 희망하는 기어 기하구조를 가지는 하나 이상의 워크피스들을 제조하기 위하여, 하나 이상의 기계 가공 단계들을 수행한 후에, 상기 톨은 동일한 워크피스에서 또는 추가 워크피스들에서 추가 기계 가공 단계들이 수행되기 전에 각각 드레싱되고,

이후의 드레싱 공정에서, 상기 톨의 상이한 위상 수정은 이전의 드레싱 공정에 대하여 제작되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 워크피스들의 기계 가공 동안, 적어도 하나의 행정은 상기 톨의 제 1 초기 시프트 위치로 그리고/또는 제 1 접촉 경로로 수행되고 적어도 하나의 제 2 행정은 상기 톨의 시프트된 제 2 초기 시프트 위치로 그리고/또는 시프트된 제 2 접촉 경로로 수행되고,

상기 제 1 초기 시프트 위치 및/또는 상기 제 1 접촉 경로는 바람직하게는 상기 제 2 초기 시프트 위치 및/또는 상기 제 2 접촉 경로보다는 이상적인 초기 시프트 위치 및/또는 이상적인 접촉 경로에 대하여 더 적게 시프트되고; 상기 제 1 초기 시프트 위치는 바람직하게는 상기 이상적인 시프트 위치에 대응하고 그리고/또는 상기 제 1 접촉 경로는 상기 이상적인 접촉 경로에 대응하고;

그리고/또는 거친 기계 가공(rough machining) 단계는 바람직하게는 상기 제 2 초기 시프트 위치로 그리고/또는 상기 제 2 접촉 라인으로 수행되고 미세 기계 가공(fine machining) 단계는 상기 제 1 초기 시프트 위치로 그리고/또는 상기 제 1 접촉 라인으로 수행되는 방법.

청구항 16

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 톨의 상기 수정은 창성 패턴에서 적어도 국지적으로 상기 톨의 제 1 방향으로 1차 및/또는 2차 함수에 의해 상기 적어도 근사적으로 기술될 수 있고; 상기 1차 및/또는 2차 함수들의 계수들은 상수 부분에 대해 $F_{F1C,1}$, 1차 부분에 대해 $F_{F1L,1}$, 그리고/또는 2차 부분에 대해 $F_{F1Q,1}$ 인 계수 함수들에 의해 상기 제 1 방향에 수직으로 연장되는 상기 톨의 제 2 방향으로 형성되고;

상기 상수 부분에 대한 상기 계수 함수($F_{F1C,1}$)는 희망하는 프로파일 수정이 상기 창성 기계 가공 시에 특정된 시프트 위치에서 그리고/또는 특정된 접촉 경로를 따라 정확하게 제작되도록 결정되고; 그리고 상기 1차 부분에 대한 상기 계수 함수($F_{F1L,1}$) 및/또는 상기 2차 부분에 대한 상기 계수 함수($F_{F1Q,1}$)는 창성 기계 가공 중에 적어도 하나의 시프트된 초기 시프트 위치 및/또는 접촉 경로 그리고/또는 초기 시프트 위치들 및/또는 접촉 경로들의 적어도 하나의 대역(band) 또는 범위(range)로 상기 워크피스에서 발생하는 상기 희망하는 프로파일 수정으로부터의 편위가 최소가 되도록 결정되고;

상기 결정은 바람직하게는 곡선 맞춤(curve fitting)에 의해 발생하고, 그리고/또는 상기 편위들은 바람직하게는 상기 프로파일에 따라 상이한 공차들을 고려하기 위하여 상기 창성 경로에 따라 상이하게 가중되고; 그리고/또는 상기 시프트된 초기 시프트 위치들 및/또는 접촉 경로들의 간격 또는 상기 대역의 폭은 바람직하게는 상기 워크피스 상에 발생하는 편위가 모든 접촉 경로들에서 미리 규정된 공차 내에 계속해서 있도록 반복해서 결정되는 방법.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 톨은 제 1 위상 수정을 가지는 적어도 하나의 영역 및 제 2 위상 수정을 가지는 제 2 영역을 가지고, 제 1 초기 시프트 위치에서의 상기 워크피스와의 접촉 경로를 따른 상기 제 1 위상 수정은 제 2 초기 시프트 위치에서의 상기 워크피스와의 접촉 경로를 따른 상기 제 2 위상 수정과 동일하고;

적어도 하나의 행정은 하나 이상의 워크피스들의 기계 가공 중에 상기 톨의 상기 제 1 초기 시프트 위치로 수행되고 적어도 하나의 제 2 행정은 상기 톨의 상기 제 2 초기 시프트 위치로 수행되고;

그리고/또는 상기 제 1 초기 시프트 위치에서의 상기 제 1 영역 및 상기 제 2 초기 시프트 위치에서의 상기 제 2 영역 각각은 바람직하게는 상기 워크피스와의 각각의 완전한 접촉 경로를 포함하고;

그리고/또는 상기 제 1 위상 수정은 상기 제 2 위상 수정과 동일한 방법.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 톨의 희망하는 프로파일 수정이 특정되고 이 희망하는 수정의 제작 및/또는 상기 드레서의 상기 톨에 대한 위치의 적절한 변동에 적합한 상기 톨의 수정은 드레싱 동안 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 결정되고;

상기 톨의 상기 수정은 특정한 접촉 경로 그리고 특히 상기 톨의 특정한 초기 시프트 위치에 있어서의 창성 연삭 중에 상기 톨의 면의 상기 워크피스의 면으로의 매핑(mapping)을 나타내는 연관 함수(association function)의 역함수에 의해 상기 워크피스의 상기 희망하는 프로파일 수정으로부터 상기 워크피스 및 상기 톨 사이의 접촉 라인을 따라 결정되고; 상기 결정은 바람직하게는 창성 연삭 중에 상기 톨의 상기 면의 상기 워크피스의 상기 면으로의 매핑을 분석적으로 나타내는 함수를 사용하여 발생하는 방법.

청구항 19

제 1 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 톨은 프로파일 롤러 드레서 및/또는 폼 롤러(form roller) 드레서에 의해 수정 방식으로 드레싱되고,

상기 드레싱은 바람직하게는 상기 톨과의 라인 접촉으로 발생하고; 그리고/또는

더 바람직하게는 상기 프로파일 롤러 드레서 및/또는 폼 롤러 드레서는 상기 수정이 하나의 행정 내에서 총 치 깊이(total tooth depth)에 걸쳐 발생하도록 상기 드레싱 동안 근(root) 영역에서부터 선단(tip) 영역까지 상기 톨의 치와 접촉되고;

또는 대안으로

상기 프로파일 롤러 드레서 및/또는 폼 롤러 드레서는 상기 특정한 수정이 복수의 행정들 내에서 그리고 상기 드레서의 각각의 상이한 상대 측위(relative positioning)에서 상기 총 치 깊이에 걸쳐 발생하도록 드레싱 동안 단지 부분적으로만 상기 근 및 상기 선단 사이의 영역들에서 상기 톨의 상기 치와 접촉되고;

그리고/또는 상기 톨의 상기 위상 수정의 상기 제작은 상기 종래의 드레싱 키네마틱스에 대한 축방향 이동들의 다음의 정정들:

- 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 상기 드레서의 상기 톨로부터의 축방향 간격의 변동(인피드(infeed));
- 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 상기 톨의 또는 상기 드레서의 축방향 이송의 변동(시프트);
- 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 상기 톨의 그리고 상기 드레서의 축방향 교차각의 변동(피봇); 및
- 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 톨 속도의 변동;

중 하나 이상이 수행됨으로써 발생하고;

그리고/또는 상기 톨의 상기 수정 드레싱은 상기 드레서가 대체로 상기 톨의 각 위치(angular position)에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 이송됨으로써 또는 상기 톨이 대체로 자체의 각 위치에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 상기 드레서 상으로 이송되거나 또는 그 역으로 이송됨으로써 발생하고;

그리고/또는 적어도 3개의 자유도들 및 바람직하게는 4개 또는 5개의 자유도들은 상기 희망하는 수정을 제작하기 위하여 상기 드레서와 상기 톨 사이의 상대 측위 중에 사용되고, 상기 자유도들은 바람직하게는 상기 희망하

는 수정을 제작하기 위하여 서로 독자적으로 세팅 가능하고, 그리고/또는 이는 바람직하게는 다음의 5개의 자유도들: 상기 톨의 회전각; 상기 톨의 축방향 위치; 상기 드레서의 y 위치; 중심 거리 및/또는 축방향 교차각 중 적어도 3개, 4개 또는 모두의 경우이고, 상기 톨의 상기 축방향 위치, 즉 상기 톨 너비 위치는 바람직하게는 상기 드레서의 상기 접촉 라인을 변위(displace)시키는 데 사용되고, 그리고 나머지 4개의 자유도들 중 2개, 3개 또는 4개는 상기 접촉 라인을 따라 상기 특정되는 수정을 제작하기 위하여 서로 독자적으로 세팅되는 방법.

청구항 20

제 1 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 톨로서, 상기 톨은 제 1 위상 수정을 가지는 적어도 하나의 제 1 영역을 가지는, 상기 톨에 있어서,

상기 톨은 바람직하게는 제 2 위상 수정을 가지는 제 2 영역을 가지고; 제 1 초기 시프트 위치에서의 상기 워크피스와의 접촉 경로를 따른 상기 제 1 위상 수정은 상기 워크피스의 제 2 초기 시프트 위치에서의 상기 워크피스와의 접촉 경로를 따른 상기 제 2 위상 수정과 동일하고;

상기 제 1 초기 시프트 위치에서의 상기 제 1 영역 및/또는 상기 워크피스의 상기 제 2 초기 시프트 위치에서의 상기 제 2 영역 각각은 바람직하게는 상기 워크피스와의 각각의 완전한 접촉 경로를 포함하고;

그리고/또는 상기 제 1 위상 수정은 바람직하게는 상기 제 2 위상 수정과 동일한 것을 특징으로 하는 톨.

청구항 21

제 1 항 내지 제 20 항 어느 한 항에 따른 방법을 수행하는 기어 제조 기계로서, 상기 기어 제조 기계는 워크피스의 희망하는 수정이 특정 가능하게 하는 입력 기능을 포함하고, 상기 기어 제조 기계는 바람직하게는 드레싱 동안 상기 톨의 상기 회전각에 따라 그리고/또는 상기 톨 너비 위치에 따라 이 희망하는 수정의 제작 및/또는 상기 드레서의 상기 톨에 대한 위치의 적절한 변동에 적합한 상기 톨의 수정을 결정하는 결정 기능을 가지고; 그리고/또는 바람직하게는 상기 톨 상의 드레싱 동안 상기 워크피스의 이 희망하는 수정의 제작에 적합한 상기 톨의 수정을 제작하는 드레싱 기능을 포함하는 기어 제조 기계.

청구항 22

특히 기어 제조 기계 상의 설치를 위해, 그리고/또는 기어 제조 기계 상에서 사용하기 위한 데이터에 대한 출력 기능을 가지고, 워크피스의 희망하는 수정에 대한 데이터를 입력하기 위한 입력 기능을 가지고, 그리고 상기 희망하는 수정의 제작에 적합한 톨의 위상 수정; 그리고/또는 기계 가공 행정에 걸쳐 변경되지 않은 접촉 경로를 가지는 위상 수정 톨에 의한 창성 기계 가공에 의해서 상기 워크피스의 상기 희망하는 수정이 제작될 수 있도록 드레싱 동안 상기 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 드레서의 상기 톨에 대한 위치의 적절한 변동을 결정하는 기능을 가지고, 상기 기능들은 바람직하게는 제 1 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 구현하는 컴퓨터 프로그램.

청구항 23

제 21 항에 따른 기어 제조 기계 또는 제 22 항에 따른 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 입력 기능은 상기 워크피스의 희망하는 프로파일 수정의 특징을 가능하게 하고; 상기 희망하는 프로파일 수정 및/또는 상기 희망하는 프로파일 수정의 속성들은 바람직하게는 특정 조건들 내에서 자유로이 특정 가능하고; 그리고/또는 상기 프로파일 수정의 다음의 속성들:

- 크라운;
- 프로파일 각 편위;
- 팁 릴리프;
- 루트 릴리프;

중 적어도 하나가 특정 가능하고;

바람직하게는 다음의 데이터:

- 상기 크라운의 크기;

- 상기 프로파일 각 편위의 크기;
- 상기 톱 킬리프의 양 및 위치;
- 상기 루트 킬리프의 양 및 위치

가 특정될 수 있고,

더 바람직하게는, 상기 속성들 중 적어도 하나에 대해 그리고/또는 상기 속성들의 데이터에 대하여 입력 박스들을 가지는 적어도 하나의 입력 마스크가 제공되고;

그리고/또는 상기 희망하는 프로파일 수정은 연속 수정으로서 그리고/또는 복수의 롤링 각들로 자유로이 특정 가능한 기어 제조 기계 또는 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 창성 방법(generating method)에 의해 수정 기어링 기하 구조를 가지는 워크피스(workpiece)를 제작하는 방법에 관한 것으로, 워크피스는 적어도 하나의 기계 가공 행정(machining stroke)에서 수정 기어링 기하 구조를 가지는 톨(tool)에 의해서 창성 기계 가공되고, 여기서 톨은 위상 수정(topological modification)을 지닌다. 창성 방법은 특히 창성 연삭 방법(generating grinding method)일 수 있다. 더욱이 톨은 특히 연삭 웜(grinding worm)일 수 있다.

배경 기술

[0002] 위상 수정 톨들은 대각 창성 방법(diagonal generating method)에 의해서 워크피스 상에 대응하는 위상 수정을 제작(produce)하기 위하여 예를 들어, DE 102012015846A1, EP 1995010A1, WO 2010/060596A1, DE 19624842A1, DE 19706867, DE 102005030846A1 및 DE 102006061759A1에서 사용되었다. 이 목적을 위하여 대각비(diagonal ratio)가 선택됨으로써, 기계 가공 행정 동안 워크피스와의 접촉 경로가 위상 수정이 적용되는 규정된 톨의 영역을 넘어 지나가게(sweep over) 되어 이 위상 수정이 워크피스에 적용이 된다.

[0003] 프로파일 수정들은 반면에 전형적으로, 프로파일 형상의 희망하는 수정을 제공하고 드레싱(dressing) 동안 이 형상을 톨에 전달하는 드레서(dresser)를 사용하여 톨이 드레싱되는 종래 기술에 따라 구현되었다. 창성 기계 가공에서, 수정은 그 이후에 워크피스에 전달된다.

[0004] 그러나, 이것은 대응하는 드레서가 희망하는 프로파일 수정 별로 제작되어야만 하는 단점을 지닌다. 이와 연계되는 비용 및 시간적인 노고는 이 점에 있어서 모든 상황에서 가치가 있는 것은 아니다.

[0005] 대안으로, 윤곽 드레싱(contour dressing)에 의해 톨 상에 희망하는 프로파일 형상이 또한 제작될 수 있다. 그러나, 윤곽 드레싱은 매우 시간 집약적이고 많은 경우들에서 원치 않는 표면 거칠기(surface roughness)를 추가로 발생시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그러므로 본 발명의 목적은 수정 기어링 기하구조를 가지는 워크피스를 제작하기 위한 개선된 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이 목적은 본 발명에 따르면 제 1 항에 따른 방법에 의하여 달성된다.

[0008] 본 발명의 유용한 실시예들은 종속 청구항들의 주제를 형성한다.

[0009] 본 발명은 창성 방법(generating method)에 의해 수정 기어링 기하구조를 가지는 워크피스(workpiece)를 제작하는 방법을 포함하고, 여기서 워크피스는 수정 기어링 기하구조를 가지는 톨(tool)에 의해 적어도 하나의 기계 가공 행정에서 창성 기계 가공되고, 톨은 위상 수정을 가진다. 본 발명에 따른 상기 방법은 워크피스와의 접촉 경로가 기계 가공 행정 동안 톨 상에서 시프트(shift)되지 않는 것을 특징으로 한다.

- [0010] 본 발명의 발명자는 창성 방법에 의해 기계 가공되는 워크피스의 프로파일 수정을 제작하는 데 위상이 수정되는 톨들이 또한 사용될 수 있음을 인식하였다. 이에 의해 저렴하면서 빠르게 실현될 수 있고 그리고 프로파일 수정들이 또한 워크피스 상에서 대응 수정되는 드레싱 없이 그리고 윤곽 드레싱 공정의 사용 없이 제작될 수 있는 방법이 제공된다. 이는 종래 기술로부터 공지되어 있는 위상 수정 톨들을 사용하는 것과는 달리, 접촉 경로가 톨의 규정된 영역 위에서 더 이상 시프트되지 않고, 오히려 기계 가공 행정에 걸쳐 변동되지 않고 유지되므로 달성된다. 그러므로 워크피스의 총 너비(width)은 위상 수정 톨임에도 불구하고 워크피스 상에 어떠한 위상 수정 결과들도 일으키지 않고 오히려 프로파일 수정이 일어나도록 동일한 톨의 접촉 경로에 의해 기계 가공된다.
- [0011] 본 발명은 바람직하게는 펄 기어(spur gear)의 기어링(gearing)으로 기어 휠들을 제작하는 데 사용된다. 워크피스는 그러므로 원통형 및 원추형 기초 형상을 가질 수 있다.
- [0012] 본 발명의 제 1 실시예에서, 본 발명에 따른 방법은 원통형 워크피스를 기계 가공하는 데 사용된다. 이 경우에, 워크피스의 기계 가공은 바람직하게는 축방향 창성 방법(axial generating method)에 의해, 즉 기계 가공 행정 중에 자체의 회전축을 따르는 톨의 시프트 없이 이루어진다. 이것은 톨 상의 접촉 경로가 기계 가공 행정 중에 시프트되지 않는 축방향 창성 방법에 의해 보장된다.
- [0013] 본 발명의 제 2 실시예에서, 본 발명에 따른 방법은 원추형 워크피스를 기계 가공하는 데 사용된다. 이 경우에, 워크피스의 기계 가공은 바람직하게는 대각 창성 방법에 의해 일어나고, 대각비는 톨 상의 접촉 경로가 기계 가공 행정 동안 시프트되지 않도록 선택된다. 원통형 워크피스의 기계 가공과는 달리, 원추형 워크피스의 기계 가공 시의 축방향 창성 방법은 결과적으로 톨 상의 접촉 경로의 시프트를 야기할 것이다. 본 발명에 따른 방법에 따른 원추형 워크피스들의 기계 가공은 그러므로 접촉 경로가 시프트되지 않는 기계 가공 행정 중에 자체의 회전축을 따른 대응하는 톨의 시프트에 의해서 대각 창성 방법의 사용을 보장할 필요가 있다.
- [0014] 제 1 변형에서, 원통형 기초 형상을 가지는 톨이 사용된다. 이 경우에, 기계 가공은 바람직하게는 하나의 플랭크(f flank) 상에서 발생한다. 이것은 접촉 경로가 시프트되지 않도록 좌 및 우 플랭크들에 대해 일반적으로 상이한 대각비들이 필요하다는 사실에 기인한다. 워크피스의 2-플랭크(two-flank) 기계 가공은 그러므로 일반적으로 가능하지 않다.
- [0015] 제 2 변형에서, 대조적으로 원추 기초 형상을 가지는 톨이 사용된다. 원추형 톨을 사용하는 것에 의하여 원추각(conical angle)으로 추가 자유도가 이용 가능하고 상기 자유도는 본 발명에 따른 방법에 따른 2-플랭크 기계 가공이 가능해지도록 선택될 수 있다. 원추형 기초 형상을 가지는 톨을 사용하면, 워크피스의 기계 가공은 그러므로 바람직하게는 2개의 플랭크들 상에서 발생하고, 여기서 톨의 원추각 및 대각비는 더 바람직하게는 접촉 경로가 2-플랭크 기계 가공 동안 우 및 좌 플랭크들 상에서 시프트되지 않도록 선택된다.
- [0016] 원통형 워크피스들을 기계 가공하는 것에 대해 그리고 원추형 워크피스들을 기계 가공하는 것에 대해 모두 사용될 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예들은 다음에 기술될 것이다.
- [0017] 톨의 위상 수정은 톨이 프로파일 수정 및 치열 수정(tooth trace modification)의 결합을 지니는 것을 의미한다.
- [0018] 본 발명의 제 1 실시예에 따르면, 톨의 면 기하구조의 위상 수정은 창성 패턴에서 적어도 국지적으로 톨의 제 1 방향으로 상수 값을 가지고 제 1 방향에 수직으로 연장되는 톨의 제 2 방향으로 함수(F_{Fl})에 의해 제공될 수 있다. 위상 수정은 바람직하게는 또한 이 방식으로 톨의 적어도 하나의 영역에 전역적으로 제공된다. 그와 같은 위상 수정들은 톨에 비교적 간단히 적용되지만 그럼에도 불구하고 워크피스의 실질적으로 자유로이 특정가능한 프로파일 수정들의 제작을 가능하게 할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 대안의 확장된 실시예에서, 창성 패턴에서의 톨의 면 기하구조의 위상 수정은 적어도 대략적으로 톨의 제 1 방향으로 상수(constant), 1차(linear) 또는 2차(quadratic) 함수로서 기술될 수 있고, 톨의 너비 방향으로의 이들의 계수들은 상수 부분에 대해 $F_{FlC,1}$, 1차 부분에 대해 $F_{FlL,1}$, 그리고/또는 2차 부분에 대해 $F_{FlQ,1}$ 인 계수 함수(coefficient function)들에 의해 제공된다. 그와 같은 수정들은 마찬가지로 여전히 간단하게 제조될 수 있고 톨의 사용 가능한 영역을 연장할 수 있다. 1차 부분에 대해 $F_{FlL,1}$ 그리고 2차 부분에 대해 $F_{FlQ,1}$ 인 계수 함수들이 0과 같은 경우에, 제 2 대안은 제 1 대안에 대응한다. 그러나, 적어도 하나의 계수 함수 및 더 바람직하게는 1차 부분에 대해 $F_{FlL,1}$ 및 2차 부분에 대해 $F_{FlQ,1}$ 인 이 모두의 계수 함수들은 바람직하게는 0과 상이하다.

- [0020] 툴의 수정의 제 1 방향은 바람직하게는 드레싱 동안 제 1 대안 및 제 2 대안 모두에서 드레서의 동작 라인의 방향에 대응한다. 이것은 특히 드레싱 공정 중에 드레서 및 툴 사이의 위치의 변동에 의해 간단한 수정의 제작을 가능하게 한다.
- [0021] 이미 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 방법에 의해 프로파일 수정들의 제조가 가능하게 된다. 그러므로 워크피스의 희망하는 프로파일 수정이 특히 특정되고 본 발명의 프레임워크(framework) 내에서 툴 상에서 창성 기계 가공에 의해 제작될 수 있다.
- [0022] 희망하는 프로파일 수정 및/또는 희망하는 프로파일 수정의 속성들은 바람직하게는 특정 조건들 내에서 자유로이 특정가능하다. 대안으로 또는 추가로, 프로파일 수정의 다음의 속성들: 크라우닝(crowning), 프로파일 각 편위(profile angle deviation), 팁 릴리프(tip relief) 및/또는 루트 릴리프(root relief) 중 하나가 특정될 수 있다. 다음의 데이터: 크라우닝의 크기, 프로파일 각 편위의 크기, 팁 릴리프의 양 및 위치, 루트 릴리프의 양 및 위치는 바람직하게는 상기의 속성들 중 적어도 하나에 의해 특정될 수 있다.
- [0023] 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 데이터 중 복수 개가 특정될 수 있고; 더 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 데이터의 모두가 특정될 수 있다.
- [0024] 더 바람직하게는 상기의 속성들 중 적어도 하나에 대해 그리고/또는 속성들의 데이터에 대하여 입력 박스(input box)들을 가지는 적어도 하나의 입력 마스크(input mask)가 제공될 수 있다. 입력 마스크는 바람직하게는 상기의 속성들 및 속성들의 데이터의 복수 개에 대하여, 그리고 더 바람직하게는 상기 속성들 및/또는 속성들의 데이터 모두에 대하여 입력 박스들을 가진다.
- [0025] 대안으로 또는 추가로, 희망하는 프로파일 수정은 연속 수정으로서 그리고/또는 복수의 롤링 각(rolling angle)들로 자유로이 특정 가능할 수 있다. 수정이 복수의 롤링 각들로 자유로이 특정 가능하면, 수정의 범위는 바람직하게는 본 발명에 따른 방법의 프레임워크 내에서 이 롤링 각들 사이에서 보간(interplate)된다.
- [0026] 본 발명에 따른 툴의 위상 수정은 바람직하게는 드레싱 동안 툴에 대한 드레서의 위치가 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 변동되므로 제작될 수 있다. 이에 의해 드레싱 동안 위상 수정, 즉 툴의 회전각 및 툴 너비 위치에 좌우되는 값을 가지는 수정을 제작하는 것이 가능하다. 위상 수정은 바람직하게는 이미 위에서 더 상세하게 보인 바와 같이 그러한 방식으로 제작된다.
- [0027] 워크피스가 기계 가공되는 창성 방법은 본 발명에 따르면 바람직하게는 툴 상의 규정된 접촉 경로로 수행되고, 여기서 위상 수정 및/또는 접촉 경로는 툴 상의 위상 수정이 접촉 경로를 따라 워크피스 상에 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 그러한 형상을 가지도록 선택된다.
- [0028] 위상 수정은 특히 접촉 경로에 따라 선택될 수 있거나 또는 접촉 경로는 툴 상의 위상 수정이 접촉 경로를 따라 워크피스 상에 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 그러한 형상을 가지도록 위상 수정에 따라 선택될 수 있다.
- [0029] 규정된 접촉 경로에 있어서의 기계 가공은 바람직하게는 기계 가공 행정의 시작 시에 툴의 규정된 초기 시프트 위치에 의해서 기계 가공하는 것을 포함한다.
- [0030] 원통형 워크피스를 기계 가공할 때, 이 초기 시프트 위치는 바람직하게는 전체 기계 가공 행정에 걸쳐 유지된다.
- [0031] 원추형 워크피스를 기계 가공할 때, 툴은 그에 반해 초기 시프트 위치에서부터 시작하여, 기계 가공 행정에 걸쳐 접촉 경로가 시프트되지 않는 그러한 대각비만큼 시프트된다.
- [0032] 본 발명은 창성 기계 가공 동안 툴 상에서 접촉 지점(contact point)이 커버하는 접촉 경로가 전형적으로 툴의 드레싱 중에 드레서의 동작 라인과 동일한 방향을 가지지 않는다는 기저의 인식에 기초한다. 위상 수정은 그러므로 위에 더 상세하게 규정된 형태에 따르고 이 접촉 경로를 따라 희망하는 수정을 제작하는 접촉 경로의 경우 항상 발견될 수 있다. 드레서에 의한 동작 라인(line of action)에 따른 수정이 툴 상에서 일정한 가장 단순한 경우에, 접촉 경로를 따른 희망하는 수정은 함수(F_{F1})의 형태를 규정하거나, 또는 확장된 경우에, 바람직하게는 수정의 상수 부분에 대한 계수 함수($F_{FC,1}$)를 규정한다. 실질적으로 임의의 희망하는 프로파일 수정들은 이에 의해 본 발명에 따라 제작될 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 방법은 특히 다음의 단계들:
- [0034] - 워크피스 상에 희망하는 프로파일 수정을 특정하는 단계;

- [0035] - 워크피스 상에 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 데 필요한 규정된 접촉 경로를 따라 툴의 수정을 결정하는 단계;
- [0036] - 접촉 경로를 따라 이 방식으로 결정되는 수정에 대응하는 툴의 위상 수정을 결정하고; 그리고/또는 접촉 경로를 따라 이 방식으로 결정되는 수정에 대응하는 위상 수정을 제공하는 데 적합한, 툴의 드레싱 동안 툴에 대한 드레서의 위치의 변동을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0037] 위상 수정은 바람직하게는 드레싱 동안 드레서의 툴에 대한 드레서의 위치가 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 변동되므로 제작된다. 변동은 더 바람직하게는 특정한 수정이 각각 툴의 특정한 회전각 및 특정한 툴 너비 위치로 제공되는 드레서의 툴과의 동작 라인 및 툴의 워크피스와의 접촉 경로 사이에서의 교차 지점에서 발생하도록 결정되거나 발생하고, 상기 특정한 수정은 그리고 나서 창성 기계 가공 방법의 프레임워크 내에서 워크피스 상에 희망하는 수정을 제작한다.
- [0038] 규정된 접촉 경로는 바람직하게는 툴의 규정된 초기 시프트 위치에 의해서 특정된다.
- [0039] 더 바람직하게는 창성 기계 가공 시에 접촉 경로를 형성하는 툴 및 워크피스 사이의 접촉 지점들의 결정은 워크피스 상에 희망하는 수정을 제작하는 데 적합한 접촉 경로를 따른 툴의 수정을 결정하기 위해 먼저 발생하는 것이 제공된다. 이에 의해 형성되는 접촉 지점들 또는 접촉 경로는 바람직하게는 분석적으로 결정된다.
- [0040] 드레서의 툴로의 동작 라인의 위치는 더욱이 위상 수정을 제공하는 데 적합한, 드레서의 툴에 대한 위치의 변동을 결정하기 위하여 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 결정될 수 있다. 이 결정은 예를 들어, 드레싱 시뮬레이션에 의해 발생할 수 있다.
- [0041] 동작 라인의 방향은 바람직하게는 일정한 것으로 그리고 특히 사용되는 수정과는 독립적인 것으로 취해진다. 이것은 특히 인벌루트 기어링들에 양호한 근사로 적용된다.
- [0042] 대안으로, 동작 라인의 방향에 대한 수정의 영향이 고려될 수 있다. 그와 같은 고려는 특히 동작 라인의 방향에 대한 수정의 영향이 더 클 수 있는 비 인벌루트(non-involute) 기어링들의 경우에 일어날 수 있다. 이는 더욱이 동작 라인이 전형적으로 직선에 더 이상 대응하지 않는 비 인벌루트 기어링들이 있는 경우 고려되어야만 한다.
- [0043] 본 발명에 따라 제작되는 프로파일 수정은 또한 자체 상에 중첩되는 다른 수정들을 가질 수 있다.
- [0044] 제 1 양태에 따르면, 기계 가공 키네마틱스(kinematics)는 툴의 위상 수정에 의해 제작되는 워크피스 상의 수정 상에 기계 가공 키네마틱스의 수정에 의해 제작되는 수정을 중첩하기 위하여 창성 방법의 프레임워크 내에서 수정될 수 있다. 본 발명에 따라 제작되는 프로파일 수정은 특히 자연스럽게 비틀려서 자체 상에 중첩되는 치열 수정을 가질 수 있다.
- [0045] 더욱이 본 발명의 프레임워크 내에서 툴을 드레싱하기 위하여 수정 드레서가 사용될 수 있다. 드레서의 수정에 의해 제작되는 툴의 수정은 자체에 중첩되고 드레서의 툴에 대한 위치가 드레싱 동안 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 변동되므로 제작되는 위상 수정을 가질 수 있다. 위상 수정은 특히 이미 상술한 바와 동일한 방식으로 결정 및 제작될 수 있다.
- [0046] 위상 변동(topological variation)은 바람직하게는 워크피스와의 선택된 접촉 경로를 따른 툴 상의 수정들의 중첩이 워크피스 상에 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 데 적합한 접촉 경로를 따른 수정에 대응하도록 선택된다. 본 발명의 이 실시예에서, 수정 드레서가 드레싱에 사용되는 사실은 그러므로 선택된 접촉 경로를 따라 수정의 형태에 영향을 미치지 않는다. 위상 수정은 오히려 또한 여기서 창성 기계 가공의 프레임워크 내에서 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 이 선택된 접촉 경로를 따른 형태를 가지도록 선택된다.
- [0047] 그러나, 본 발명의 프레임워크 내에서 수정 드레서를 사용하는 것은 특정 드레싱 작업에 단지 수정 드레서만이 이용 가능할지라도 장점을 가질 수 있다. 이는 그러한 경우에 본 발명에 따라 사용될 수 있는데 왜냐하면 드레서의 수정은 접촉 경로를 따른 수정에 대하여 그리고 이에 따라 프로파일 수정에 대하여 보상되기 때문이다.
- [0048] 수정 드레서의 선택은 위상 프로파일 수정이 제작되었던 선택된 접촉 경로 외에, 창성 기계 가공을 위해 훨씬 더 많은 접촉 경로들이 사용되고 수정이 그러므로 창성 기계 가공에서 더 이상 최적이지 아니므로 본 발명의 프레임워크 내에서 또한 적절성을 가질 수 있다. 여전히 워크피스 상에 수정들을 허용된 공차 내에서 제작하는 접촉 경로들의 양 또는 영역은 수정 드레서의 사용에 의해 선택적으로 확장될 수 있다.
- [0049] 드레서는 더욱이 본 발명에 따르면 툴을 드레싱하기 위하여 사용될 수 있고, 드레서는 상이한 매크로 기하구조(macroeometry)를 가지는 툴을 위해 설계된, 그리고 특히 상이한 직경 및/또는 상이한 수의 스레드(thread)들

을 가지는 툴을 위해 설계되었다.

- [0050] 상이한 툴을 위해 설계된 그와 같은 드레서들은 드레싱 공정의 수정 없이 워크피스 상의 희망하는 수정으로부터의 편위를 일으킨다. 비 정합(non-matching) 드레서에 의해 제작되는 툴의 면 기하구조의 수정은 그러므로 바람직하게는 본 발명에 따르면 드레싱 동안 드레서의 툴에 대한 위치가 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 적절하게 변동되므로 워크피스와의 선택된 접촉 경로에서 보상된다. 비 정합 드레서에 의해 제작되는 원치 않는 수정은 그러므로 적어도 접촉 경로에 대해 보상될 수 있다. 창성 기계 가공 방법은 그러고나서 바람직하게는 수정이 보상된 선택된 접촉 경로를 따라 수행된다.
- [0051] 그와 같은 방법은 특히 드레서가 툴과 더 이상 정합하지 않도록 또는 드레싱 동안 툴의 감소된 직경에 의해 제작되는 수정들이 허용된 공차 밖에 있도록 복수의 드레싱 절차들 후에 툴의 직경이 감소되었을 때 사용될 수 있다. 종래 기술에 따르면, 감소된 직경들을 가지는 그와 같은 툴들은 상이한 드레서에 의해 드레싱되어야 하거나 또는 계속 사용될 수 없다. 본 발명은 허용되지 않는 수정들이 적어도 접촉 경로에 대하여 보상될 수 있으므로 그와 같은 툴들을 더 사용하는 것이 가능하다.
- [0052] 본 발명은 제 2 독립 양태에서, 적절하게 드레싱된 툴에 의해 희망하는 기어링 기하구조를 가지는 워크피스를 제조하는 방법은:
- [0053] - 워크피스의 희망하는 프로파일 수정을 특정하는 단계;
- [0054] - 드레싱 공정의 어떠한 수정 없이 드레서 및 툴의 복수의 결합들로부터, 희망하는 프로파일 수정에서부터 가장 작은 편위들을 발생시키는 결합을 선택하는 단계;
- [0055] 편위들을 보상하기 위한 툴의 위상 수정을 제작하기 위하여 라인 접촉되어 있는 드레서에 의해 툴을 수정 드레싱하는 단계; 및
- [0056] 희망하는 프로파일 수정을 제작하기 위해 기계 가공 행정에 걸쳐 변동되지 않은 접촉 경로를 가지는 드레싱된 툴에 의해 워크피스를 창성 기계 가공하는 단계를 포함한다.
- [0057] 위에서 이미 제시된 바와 같이, 본 발명에 따른 방법을 사용하지 않고 워크피스 상에 이미 프로파일 범위를 제작하는 드레서 및 툴의 결합을 선택하는 장점을 가질 수 있고, 상기 프로파일 범위는 희망하는 프로파일 수정에서부터 가능한 가장 적은 편위들을 가진다. 본 발명에 따른 방법의 사용에 의해 그리고 사용되는 툴의 위상 수정에 의해 더 작은 편위들 또는 이에 의한 더 작은 수정만이 제작되어야만 한다. 이것은 특히 허용된 공차 내에서 여전히 사용될 수 있는 접촉 경로들의 양 또는 영역이 더 크게 되는 장점을 가질 수 있다.
- [0058] 드레서들 및/또는 툴들은 바람직하게는 적어도 부분적으로 특정되거나 이미 존재하는 범위이다. 바람직하게는 가능한 최상의 정합인, 드레서 및 툴의 결합을 찾기 위하여 이 범위로부터 선택이 행해진다.
- [0059] 제 2 양태에 따른 본 발명에 따른 방법은 바람직하게는 제 1 양태에 대하여 이미 위에 더 상세하게 기술되었던 바대로 수행된다. 툴의 위상 수정의 결정 및/또는 제작 및 창성 기계 가공은 특히 이미 위에서 더 상세하게 보인 바와 같이 수행된다.
- [0060] 마찬가지로 독립적인, 본 발명의 제 3 양태에서, 본 발명은 적절하게 드레싱된 툴에 의해 희망하는 기어링 기하구조를 가지는 하나 이상의 워크피스들을 제조하는 방법을 포함하고, 여기서, 하나 이상의 기계 가공 단계들을 수행한 후에, 툴은 동일한 워크피스에서 또는 추가 워크피스들에서 추가 기계 가공 단계들이 수행되기 전에 각각 드레싱된다. 본 발명에 따르면 이후의 드레싱 공정에서, 툴의 상이한 위상 수정은 이전의 드레싱 공정에 대하여 제작되는 것이 제공된다. 복수의 드레싱 공정들로 인하여 크기가 감소되는 툴의 직경은 그러므로 특히 위상 수정의 제작 시에 본 발명의 프레임워크 내에서 고려될 수 있다. 위상 수정은 이 점에 있어서 특히 수정이 워크피스의 창성 연삭(generating grinding)의 프레임워크 내에서 희망하는 프로파일 수정을 제작하는 특정된 접촉 경로를 따라 채택되도록(adopted) 각각의 드레싱 공정 동안 제작될 수 있다.
- [0061] 제 3 양태에 따른 방법은 바람직하게는 제 1 및/또는 제 2 양태에 따른 방법과 결합될 수 있다. 이 점에 있어서, 위상 드레싱(topological dressing) 및/또는 창성 기계 가공은 특히 이미 위에서 더 상세하게 설명된 바와 같이 수행될 수 있다.
- [0062] 본 발명의 상술한 양태들 중 임의의 양태뿐만 아니라 이 양태들의 임의의 희망하는 결합들에서 사용될 수 있는 본 발명의 유리한 실시예들은 다음에 더 상세하게 밝혀질 것이다:
- [0063] 이미 위에서 더 상세하게 제시된 바와 같이, 본 방법은 특정되는 초기 시프트 위치 또는 이 초기 시프트 위치에

의해 규정되는 접촉 경로에 의한 창성 기계 가공에서 특정되는 프로파일 수정이 실질적으로 정확하게 제작되는 것을 가능하게 한다. 대조적으로, 그와 같은 이상적인 초기 시프트 위치 또는 그와 같은 이상적인 접촉 경로에 대하여 시프트되는 초기 시프트 위치들에 있어서 또는 접촉 경로에 있어서, 희망하는 프로파일 수정으로부터의 변위들이 발생하는데 왜냐하면 위상 수정은 단지 하나의 접촉 경로에 대해 또는 하나의 초기 시프트 위치에 대해 정확히 희망하는 형태만을 가질 수 있기 때문이다. 그러나 많은 경우들에서, 희망하는 프로파일 수정이 허용된 공차 내에서 여전히 제작될 수 있는 시프트된 접촉 경로들 또는 초기 시프트 위치들이 존재한다. 톨 또는 톨 너비는 이에 의해 더 양호하게 활용될 수 있다.

[0064] 본 발명에 따르면, 하나 이상의 워크피스들의 기계 가공 동안, 적어도 하나의 행정은 톨의 제 1 초기 시프트 위치로 그리고/또는 제 1 접촉 경로로 수행될 수 있고, 그리고 적어도 하나의 제 2 행정은 톨의 제 2, 시프트된 초기 시프트 위치로 그리고/또는 제 2, 시프트된 접촉 경로로 수행될 수 있다. 톨 너비는 이에 의해 더 양호하게 활용될 수 있다.

[0065] 제 1 초기 시프트 위치 및/또는 제 1 접촉 경로는 바람직하게는 제 2 초기 시프트 위치 및/또는 제 2 접촉 경로 보다는 이상적인 초기 시프트 위치 또는 이상적인 접촉 경로에 대하여 더 적게 시프트된다. 제 1 초기 시프트 위치는 특히 이상적인 초기 시프트 위치에 대응할 수 있고 그리고/또는 제 1 접촉 경로는 이상적인 접촉 경로에 대응할 수 있다. 본 발명에 따르면, 그러므로 창성 기계 가공은 한편으로는 이상적인 초기 시프트 위치로 또는 이상적인 접촉 경로로 수행될 수 있다. 그러나, 톨을 더 균일하게 활용하기 위하여, 작업은 또한 그와 같은 이상적인 초기 시프트 위치 또는 그와 같은 이상적인 접촉 경로에 대하여 시프트되는 제 2 초기 시프트 위치 또는 제 2 접촉 경로를 사용하여, 특히 이 제 2 초기 시프트 위치 및/또는 이 제 2 접촉 경로가 희망하는 프로파일 수정에 대하여 허용된 공차 내에 있는 수정을 제작할 때 수행될 수 있다.

[0066] 본 발명의 가능한 실시예에서, 거친 기계 가공(rough machining) 단계, 특히 황삭(roughing) 단계는 제 2 초기 시프트 위치를 사용하여 수행될 수 있다. 그와 같은 거친 기계 가공 단계에서, 허용되는 공차들은 이상적인 초기 시프트 위치 또는 이상적인 접촉 경로로부터의 편위 및 이에 의해 제작되는 희망하는 수정들로부터의 편위들이 더 용이하게 용인될(tolerated) 수 있도록 프로파일 형상에 관하여 더 크다. 미세 기계 가공(fine machining) 단계는 더욱이 바람직하게는 제 1 초기 시프트 위치 및/또는 제 1 접촉 라인을 사용하여 수행된다. 허용되는 공차들은 작업이 여기서 이상적인 접촉 라인에 또는 이상적인 초기 시프트 위치에 더 가까이에서 또는 이상적인 초기 시프트 위치 및/또는 이상적인 접촉 경로를 따라 수행되어야 하도록 미세 기계 가공 단계에서는 더 작다.

[0067] 이미 위에서 보인 바와 같이, 본 방법을 사용하지 않고 톨 상에 수정을 제작하는 드레서를 선택하고, 상기 수정이 창성 방법에서 워크피스 상에 희망하는 수정에 가능한 한 더 가까워지는 수정을 제작함으로써, 초기 시프트 위치들 및 접촉 라인들의 사용 가능한 범위가 증가될 수 있다. 그러나, 본 발명은 또한 이와는 독립적으로 위상 수정의 대응하는 설계에 의해 사용 가능한 범위를 증가시킬 가능성들을 제공한다.

[0068] 본 발명에 따르면, 톨의 수정은 창성 패턴에서 적어도 국지적으로 톨의 제 1 방향으로 1차(linear) 및/또는 2차(quadratic) 함수에 의해 적어도 근사적으로 기술될 수 있고, 이 1차 및/또는 2차 함수들의 계수들은 상수 부분에 대해 $F_{FC,1}$, 1차 부분에 대해 $F_{FL,1}$, 그리고/또는 2차 부분에 대해 $F_{FQ,1}$ 의 계수 함수들에 의해 제 1 방향으로 수직으로 연장되는 톨의 제 2 방향으로 형성된다. 1차 및/또는 2차 부분이 있는 그와 같은 수정은 제 1 방향으로 일정한 수정에 대하여 추가적인 자유도를 가지고, 상기 추가 자유도는 바람직하게는 사용 가능한 범위를 연장하는 데 사용될 수 있다.

[0069] 본 발명에 따르면, 상수 부분에 대한 계수 함수($F_{FC,1}$)는 희망하는 프로파일 수정이 창성 연삭 시에 특정된 초기 시프트 위치에서 그리고/또는 특정된 접촉 경로를 따라 제작되도록 결정된다. 1차 부분에 대한 계수 함수($F_{FL,1}$) 및/또는 2차 부분에 대한 계수 함수($F_{FQ,1}$)는 그 후에 바람직하게는 창성 기계 가공 중에 적어도 하나의 시프트된 초기 시프트 위치들 및/또는 접촉 경로로 그리고/또는 초기 시프트 위치들 및/또는 접촉 경로들의 적어도 하나의 대역(band) 또는 범위(range)로 워크피스 상에서 발생하는 희망하는 프로파일 수정으로부터의 편위가 최소가 되도록 결정된다. 계수 함수들의 결정은 예를 들어, 보상 계산에 의해 발생할 수 있다.

[0070] 본 발명의 가능한 실시예에서, 편위들은 프로파일에 따라 상이한 공차들을 고려하기 위하여 창성 경로에 따라 상이하게 가중될 수 있다.

[0071] 시프트된 시프트 위치들 및/또는 접촉 경로들의 간격(spacing) 또는 대역의 너비는 더욱이 워크피스 상에서 받

생하는 편위가 모든 접촉 경로들에서의 특정된 공차 내에 계속해서 있도록 반복해서 결정될 수 있다.

- [0072] 본 발명은 톨 너비를 가능한 한 더 많이 활용할 수 있는 더 추가적인 가능성들을 제공한다.
- [0073] 본 발명에 따르면, 톨은 제 1 위상 수정을 가지는 적어도 하나의 영역 및 제 2 위상 수정을 가지는 제 2 영역을 가지고, 제 1 초기 시프트 위치에서의 워크피스와의 접촉 경로를 따른 제 1 위상 수정은 제 2 초기 시프트 위치에서의 톨과의 접촉 경로를 따른 제 2 위상 수정과 동일하다. 희망하는 프로파일 수정은 이에 의해 이 경우에 제 1 및 제 2 초기 시프트 위치들에서 정확하게 제작될 수 있다.
- [0074] 이 점에 있어서, 적어도 하나의 행정은 하나 이상의 워크피스들의 기계 가공 중에 톨의 제 1 초기 시프트 위치로 그리고 적어도 하나의 제 2 행정은 톨의 제 2 초기 시프트 위치로 수행될 수 있다. 톨의 제 1 영역 및 제 2 영역 모두는 이에 의해 워크피스를 기계 가공하기 위하여 본 발명의 프레임워크 내에서 사용된다.
- [0075] 제 1 영역은 바람직하게는 제 1 초기 시프트 위치에서 워크피스와의 완전한 접촉 경로를 포함하고 제 2 영역은 마찬가지로 제 2 초기 시프트 위치에서 워크피스와의 완전한 접촉 경로를 포함한다. 이 두 영역들은 그러므로 각각 워크피스의 완전한 프로파일을 제작하고 희망하는 프로파일 수정을 제공하는 데 사용될 수 있다.
- [0076] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 제 1 위상 수정은 제 2 위상 수정과 동일하다. 복수의 동일한 위상 수정들은 그러므로 특히 톨 상에서 서로 옆에 배열된다. 톨 너비는 이에 의해 더 양호하게 사용될 수 있다.
- [0077] 본 발명에 따르면, 톨의 희망하는 프로파일 수정은 특정될 수 있고 그리고 이 희망하는 수정의 제작에 적합한 톨의 수정 및/또는 드레서의 톨에 대한 위치의 적절한 변동(variation)은 드레싱 동안 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 결정될 수 있다. 톨 및 워크피스 사이의 접촉 라인에 따른 톨의 수정은 바람직하게는 톨의 특정된 초기 시프트 위치에 있어서의 창성 연삭 중에 톨의 면의 워크피스의 면으로의 매핑(mapping)을 기술하는 연관 함수(association function)의 역함수에 의해 워크피스의 희망하는 프로파일 수정으로부터 결정된다. 결정은 바람직하게는 창성 연삭 중에 톨의 면의 워크피스의 면으로의 매핑을 분석적으로 기술하는 함수를 사용하여 이루어진다. 이 함수는 특히 바람직하게는 워크피스 상의 접촉 경로를 따른 지점(point) 및 그러므로 워크피스 상의 프로파일을 따른 지점을 톨 상의 접촉 경로에 따른 각각의 지점과 연관시킨다.
- [0078] 본 발명에 따르면, 톨은 바람직하게는 프로파일 롤러 드레서 및/또는 폼 롤러(form roller) 드레서에 의해 수정 형태로 드레싱된다. 그와 같은 프로파일 롤러 드레서 및/또는 폼 롤러 드레서는 바람직하게는 회전축 및 이 회전축을 중심으로 회전 대칭하는 프로파일을 가진다.
- [0079] 드레싱은 바람직하게는 본 발명에 따르면 톨과의 라인 접촉으로 발생한다. 본 발명에 따른 위상 수정은 윤곽 드레싱이 자체의 제작에 필요하지 않도록 설계된다. 수정은 오히려 또한 상술한 바와 같이 드레서 및 톨 사이의 위치가 톨 너비 위치에 따라 그리고/또는 톨의 회전각에 따라 변동되므로 드레싱 동안 라인 접촉으로 제작될 수 있다.
- [0080] 본 발명의 제 1 변형에 따르면, 프로파일 롤러 드레서 또는 폼 롤러 드레서는 수정이 하나의 행정 내에서 총 치 깊이(tooth depth)에 걸쳐 제작되도록 드레싱 동안 근(root) 영역에서부터 선단(tip) 영역까지 톨의 치(tooth)와 접촉될 수 있다. 제 2의 대안의 변형에서, 프로파일 롤러 드레서 또는 폼 롤러 드레서는 특정된 수정이 복수의 행정들 내에서 그리고 드레서의 각각의 상이한 상대 측위(relative positioning)에서 총 치 깊이에 걸쳐 발생하도록 드레싱 동안 단지 부분적으로만 근 및 선단 사이의 영역들에서 톨의 치와 접촉할 수 있다. 복수의 행정들에서의 톨의 그와 같은 드레싱은 이론상 위상 수정들의 훨씬 더 큰 클래스(class)가 제작될 수 있는 장점을 가진다. 그러나, 이것은 본 발명을 실행하는 데 필요한 것은 아닌데 왜냐하면 본 발명에 따른 방법에 적합한 위상 수정은 또한 단일 행정에서 제작될 수 있기 때문이다. 그러나, 복수의 행정들에서의 드레싱은 또한, 예를 들어 충분한 프로파일 길이를 가지는 드레서가 이용 가능하지 않을 때 기술적인 장점들을 가질 수 있다.
- [0081] 본 발명에 따른 톨의 위상 수정의 제작은 종래의 드레싱 키네마틱스에 대한 축방향 이동(axial movement)들의 다음의 정정(correction)들 중 하나 이상이 수행되므로 발생할 수 있다.
- [0082] a) 톨의 회전각에 따라 또는 톨 너비 위치에 따라 드레서의 톨로부터의 중심 거리의 변동, 즉 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 이송(feed)의 변동;
- [0083] b) 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 톨의 또는 드레서의 축방향 이송(axial feed)의 변동, 즉 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 드레서의 또는 톨의 시프트 이동(shift movement)의 변동;

- [0084] c) 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 톨의 그리고 드레서의 축방향 교차각(axial cross angle)의 변동, 즉 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 톨에 대한 드레서의 가변 가능한 피벗 이동(variable pivot movement); 및
- [0085] d) 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 톨 속도의 변동. 톨의 회전각은 전형적으로 치 플랭크(tooth flank)를 따라 드레서에 의해 톨 상에 제작되는 프로파일을 시프트하기 위해 톨 너비 위치에 고정 결합된다. 그러므로 톨의 회전각 및 톨 너비 위치 사이의 비를 변동함으로써 수정이 제작될 수 있다.
- [0086] 대안으로 또는 추가로, 톨의 수정 드레싱은 드레서가 대체로 톨의 각 위치(angular position)에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 이동되므로 또는 톨이 대체로 자체의 각 위치에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 드레서 상으로 이동되거나 또는 그 역으로 이동되므로 발생할 수 있다.
- [0087] 더욱이, 희망하는 수정을 제작하기 위하여 드레서 및 톨 사이의 상대 측위 중에 적어도 3개의 자유도들 및 바람직하게는 4 또는 5개의 자유도들이 사용될 수 있다. 자유도들은 바람직하게는 희망하는 수정을 제작하기 위하여 서로 독자적으로 세팅된다. 바람직하게는 특히 다음의 5개의 자유도들: 톨의 회전각; 톨의 축방향 위치; 드레서의 y 위치; 중심 거리; 및/또는 축방향 교차각 중 적어도 3, 4 또는 모두가 사용될 수 있다. 톨의 축방향 위치, 즉 톨 너비 위치는 바람직하게는 드레서의 접촉 라인을 변위시키기(displace) 위해 사용된다. 나머지 4개의 자유도들 중 2, 3 또는 4개의 자유도들은 이제 접촉 라인을 따라 특정한 수정을 제작하기 위하여 서로 독자적으로 세팅될 수 있다.
- [0088] 본 발명은 더욱이 위에서 보인 바와 같은 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 톨을 포함한다. 본 발명에 따른 톨은 제 1 위상 수정을 가지는 적어도 하나의 제 1 영역을 가진다. 위상 수정은 본 발명에 따르면 기계 가공 행정에 걸쳐 변경되지 않은 접촉 경로로 창성 기계 가공하는 중에 워크피스와의 접촉 경로를 따라 워크피스 상에 희망하는 수정을 제작하도록 구성된다. 위상 수정은 바람직하게는 위에서 더 상세하게 기술된 바와 같은 실시예를 가진다.
- [0089] 본 발명에 따른 톨은 가능한 실시예에서 단일 위상 수정을 가지는 단 하나의 영역만을 가질 수 있다. 그러나, 톨 너비를 더 양호하게 활용하기 위해, 본 발명에 따른 톨은 더욱이 제 2 위상 수정을 가지는 제 2 영역을 가질 수 있고, 여기서 제 1 초기 시프트 위치를 가지는 워크피스와의 접촉 경로를 따른 제 1 위상 수정은 제 2 초기 시프트 위치에서의 워크피스와의 접촉 경로를 따른 제 2 위상 수정과 동일하다. 톨은 그러므로 동일한 프로파일을 제작하기 위해 각각의 경우에 제 1 및 제 2 초기 시프트 위치들과 함께 사용될 수 있다. 톨은 더욱이 또한 수정 영역 외에 비수정(unmodified) 영역을 가질 수 있다. 비수정 영역은 바람직하게는 워크피스들의 거친 기계 가공에 사용되고; 수정 영역은 미세 기계 가공에 사용된다. 이것은 이 실시예에서, 주된 기계 가공 수행이 비수정 거친 가공 영역에 의해서 일어나고 최종 품질 결정 컷(last quality-determining cut)들만이 수정 미세 가공 영역(modified finishing region)에서 발생하고 따라서 이것은 그러므로 매우 빠르게 마모되지 않으므로 드레싱 사이클들 사이에 기계 가공되는 워크피스들의 수가 더 많은 장점을 제공한다.
- [0090] 제 1 영역은 각각의 경우에 본 발명에 따르면 제 1 초기 시프트 위치에서 워크피스와의 각각의 완전한 접촉 경로를 포함하고 그리고/또는 제 2 영역은 제 2 초기 시프트 위치에서 워크피스와의 각각의 완전한 접촉 경로를 포함한다.
- [0091] 본 발명에 따르면, 제 1 위상 수정은 바람직하게는 제 2 위상 수정과 동일할 수 있다. 이 경우에, 톨은 서로 옆에 있는 적어도 2개의 동일한 위상 수정들을 가진다.
- [0092] 본 발명은 더욱이 위에서 더 상세하게 기술된 바와 같은 방법을 수행하는 기어 제조 기계(gear manufacturing machine)를 포함한다. 기어 제조 기계는 이 점에 있어서 바람직하게는 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 제어를 가진다.
- [0093] 본 발명에 따른 기어 제조 기계는 특히 워크피스의 희망하는 수정이 특정 가능한 입력 기능(input function)을 포함하고, 기어 제조 기계는 바람직하게는 톨의 회전각에 따라 그리고/또는 톨 너비 위치에 따라 이 희망하는 수정의 제작에 적합한 톨의 수정 및/또는 드레싱 동안 톨에 대한 드레서의 위치의 적절한 변동을 결정하는 결정 기능(determination function)을 가진다. 기어 제조 기계는 더욱이 톨 상의 드레싱 동안 워크피스의 희망하는 수정의 제작에 적합한 톨의 수정을 제작하는 드레싱 기능(dressing function)을 가질 수 있다.
- [0094] 기어 제조 기계는 특히 본 발명에 따른 창성 기계 가공을 수행하기 위해 각각 회전축을 중심으로 회전 가능하고 기어 제조 기계의 추가 이동축들에 대해 서로 상대적으로 이동 가능한 워크피스 홀더(holder) 및 톨 홀더(tool

holder)를 가질 수 있다. 기어 제조 기계는 더 바람직하게는 드레서로 툴을 드레싱하기 위해 회전축을 중심으로 마찬가지로 이동 가능한 드레서 홀더를 가진다. 툴은 자신이 드레싱되고 있는 동안 툴 홀더, 워크피스 홀더 내에 또는 별개의 추가 홀더 내에 위치될 수 있다. 기어 제조 기계는 바람직하게는 드레싱 동안 본 발명에 따라 드레서 및 툴 사이의 상대 위치를 변동시키기 위해 이동축을 가진다.

- [0095] 본 발명은 워크피스의 희망하는 수정에 대한 데이터를 입력하기 위한 입력 기능을 가지고, 그리고 이 희망하는 수정의 제작에 적합한 툴의 위상 수정 그리고/또는 워크피스의 희망하는 수정이 기계 가공 행정에 걸쳐 변하지 않는 접촉 경로를 가지는 위상 수정 툴을 사용하는 창성 기계 가공에 의하여 제작될 수 있도록 드레싱 동안 툴의 회전각에 따라 그리고/또는 툴 너비 위치에 따라 드레서의 툴에 대한 위치의 적절한 변동을 결정하는 기능을 가지는 컴퓨터 프로그램을 더 포함한다. 원주형 워크피스들의 경우에, 컴퓨터 프로그램은 더욱이 접촉 경로가 기계 가공 동안 툴 상에서 시프트되지 않도록 좌 및/또는 우 플랭크에 대한 단일 플랭크 창성 기계 가공 시의 대각비를 결정하는 기능을 가질 수 있고, 선택사양으로 좌 및 우 플랭크들에 대해 동일한 결과의 대각비가 발생하도록 툴의 기하구조, 특히 원주각 및/또는 프로파일 각을 결정하는 기능을 가지고 바람직하게는 또한 이 대각비를 결정한다. 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 예를 들어 데이터 캐리어(data carrier) 상에 또는 메모리 내에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 바람직하게는 기어 제조 기계 상에 설치 가능할 수 있고/있거나 기어 제조 기계 상에서 사용하는 데이터에 대한 출력 기능을 가질 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 기능들은 바람직하게는 위에서 더 상세하게 제시된 바와 같은 방법을 구현한다.
- [0096] 본 발명에 따른 기어 제조 기계 또는 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램의 입력 기능은 바람직하게는 희망하는 프로파일 수정의 특성을 가능하게 하고, 희망하는 프로파일 수정 및/또는 이의 속성들은 바람직하게는 특정한 조건들 내에서 특정 가능하다. 대안으로 또는 추가로, 프로파일 수정의 다음의 속성들 중 적어도 하나는 특정될 수 있다: 크라우닝, 프로파일 각 편위, 톱 킬리프 및/또는 루트 킬리프.
- [0097] 다음의 데이터는 바람직하게는 다음의 속성들 중 적어도 하나에 대하여 특정될 수 있다: 크라우닝의 크기, 프로파일 각 편위의 크기, 톱 킬리프의 양 및 위치, 루트 킬리프의 양 및 위치.
- [0098] 특히 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 데이터 중 복수 개가 특정 가능할 수 있고; 더 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 데이터 중 모두가 특정 가능할 수 있다.
- [0099] 기어 제조 기계 또는 컴퓨터 프로그램은 특히 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 이 속성들의 데이터 중 적어도 하나에 대한 입력 박스(input box)들을 가지는 입력 마스크(input mask)를 가진다. 입력 마스크는 바람직하게는 상기의 속성들 및/또는 이들의 데이터 중 복수개 그리고 더 바람직하게는 상기 속성들 및/또는 이들의 데이터 중 모두에 대한 입력 박스들을 가진다.
- [0100] 대안으로 또는 추가로, 희망하는 프로파일 수정은 연속 수정으로서 그리고/또는 복수의 롤링 각(rolling angle)들로 자유로이 특정 가능할 수 있다.
- [0101] 본 발명에 따른 기어 제조 기계의 그리고/또는 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램의 입력 기능, 결정 기능 및/또는 드레싱 기능은 바람직하게는 이것들이 위에서 기술된 바와 같은 본 발명에 따른 방법을 구현하도록 구성된다. 바람직하게는, 기어 제조 기계 및/또는 컴퓨터 프로그램은 특히 본 발명에 따른 방법에 대하여 위에서 더 상세하게 기술한 바와 같은 결정들을 실행한다.
- [0102] 본 발명은 원칙상 워크피스를 기계 가공하기 위하여 임의의 희망하는 창성 방법들과 함께 사용될 수 있다. 그러나 본 발명은 특히 바람직하게는 창성 연삭 방법에서 특히 워크피스의 강 미세 기계 가공(hard fine machining)에 사용된다.
- [0103] 워크피스들은 임의의 희망하는 치형 워크피스들일 수 있다. 본 발명은 특히 바람직하게는 기어 휠(wheel)들을 제조하는 데 사용된다. 기어 휠들은 바람직하게는 평(spur) 기어 기어링을 가진다. 기어 휠들은 내부 기어링 또는 외부 기어링을 가질 수 있다. 기어링은 직선(straight) 기어링 또는 나선(helical) 기어링을 가질 수 있다. 워크피스들 또는 기어 휠들은 원통형 또는 원주형 기초 형상을 가질 수 있다.
- [0104] 특히 바람직하게는 연삭 휠이 톨로서 사용된다. 연삭 휠은 바람직하게는 드레싱 가능하고 그리고 예를 들어, 강 옥 재료(corundum material)로 구성되는 연삭 몸체를 가진다.
- [0105] 본 발명은 대칭 기어링들을 제조하고 비대칭 기어링들을 제조하는 것 모두에 대해 사용될 수 있다.
- [0106] 본 발명은 더욱이 원통형 기어링들을 제조하는 데 그리고 원주형 기어링들을 제조하는 데 사용될 수 있다.

- [0107] 원통형 연삭 휠 및 원추형 기초 몸체를 가지는 연삭 휠 이 둘 모두가 툴로서 사용될 수 있다.
- [0108] 본 발명은 바람직하게는 인벌루트(involute) 기어링을 제작하는 데 사용된다. 그러나, 본 발명은 또한 비 인벌루트 기어링들을 제작하는 데 사용될 수 있다.
- [0109] 본 발명에 따른 드레싱은 바람직하게는 두 플랭크들 상에서 발생한다. 워크피스의 기계 가공은 더욱이 바람직하게는 또한 두 플랭크들 상에서 발생한다. 작업은 바람직하게는 원통형 툴에 의한 원추형 기어링의 제조 시에 하나의 플랭크 상에서 수행된다.

도면의 간단한 설명

- [0110] 본 발명은 이제 도면들 및 실시예들을 참조하여 더 상세하게 설명될 것이다. 도면들은 단지 예로서 실린더형 기어링들의 w - z 도들만을 도시한다. 원추형의 기어들의 w - z 도들은 창성 경로의 평가 영역(evaluation region)이 기어링 너비(width)에 걸쳐서 변하기 때문에 일반적으로 직시각형이 아니고, 전형적으로 사다리꼴이다.

도 1은 전체 너비에 걸쳐 드레싱되지 않은 휠에 대해 수직인 방향의 벡터들을 가지는 휠 스레드(worm thread)의 프랭크(flank)의 부분을 개략적으로 도시한다. 벡터들의 수는 시뮬레이션 계산에 비해 여기서는 상당히 축소되었다. 여기서 개략적으로 도시되는 평면(4)은 벡터들이 배치되어 있는 전체적으로 곡선인 비 수정 휠의 프랭크에 대응한다. 벡터들(1 및 1')은 접촉 라인이 이미 넘어가 있으므로 전적으로 단축되어 있다. 벡터들(2 및 2')은 이미 적어도 한번 단축되었지만, 아직 접촉 라인이 넘어가 있지 않았다. 벡터들(3 및 3')은 아직 단축되지 않았고 그러므로 여전히 선택된 허용차(allowance)에 대응하는 길이를 가진다.

도 2는 예로서 여기서 기술되는 방법으로 워크피스 상에 선형의 팁 릴리프(tip relief)를 만드는 데 필요한 인벌루트 휠(involute worm) 상에서의 위상 표면 수정(topological surface modification)을 도시한다. 22는 접촉 경로를 표시하고; 25 내지 27은 드레서 및 휠 사이의 상이한 접촉 라인들을 표시한다.

도 3은 도 2와 동일하지만, 22에 대하여 약간 오프셋(offset)되어 연삭 중에 상이한 시프트(shift) 위치에 대응하는 추가 접촉 경로(23)가 있는 위상 표면 수정을 도시한다.

도 4는 예로서 여기서 기술되는 방법으로 워크피스 상에 선형의 팁 릴리프를 만드는 데 필요한 비 인벌루트 휠(non-involute worm) 상에서의 위상 표면 수정을 도시한다. 32는 접촉 경로를 표시하고; 35 내지 37은 드레서 및 휠 사이의 상이한 접촉 라인들을 표시한다.

도 5는 공통 랙(common rack) 및 2개의 기어링(gearing)들의 맞물림 평면(engagement plane)들을 포함하는 연속 창성 기어열(gear train)에서의 양 기어링들에 대한 표현을 도시한다. 더 양호한 실례를 위하여, 2개의 기어링들의 상대 위치는 연속 창성 기어열에서의 상대 위치에 대응하지 않는다. 본 도면은 또한 창성 랙(generating rack)에 대한 원통형 기어링의 상태 위치를 도시한다(출처는 1983년 베를린, Niemann, G; Winter, H: Maschinenelemente Band 3 2. Auflage, [Machine Elements Vol. 3, 2nd Edition] Springer Verlag).

도 6은 자신들을 창성하는 랙을 가지는 원추형 기어링에 대한 표현을 도시한다. 랙은 나선각(helix angle) $\beta_k = \beta_w$ 로 피벗(pivot)되고 원추각 $\theta = \vartheta$ 만큼 경사진다(출처는 Braunschweig Technical University, Institute For Construction Science, Zierau, S: Die geometrische Auslegung konischer Zahnrad und Paarungen mit parallelen Achsen [The Geometrical Design of Conical Gears and Pairs Having Parallel Axes], Report No. 32).

도 7은 횡절면(transverse section)에서의 우 프랭크의 창성 비대칭 랙과의 맞물림을 도시한다. 횡절면에서의 프로파일 각(α_{twr})은 맞물림 평면들(P_r)의 기울기를 규정한다. 기어링은 회전각(φ)만큼 회전된다.

도 8은 전체 너비에 걸쳐 연삭되지 않은 워크피스에 대해 수직인 방향의 벡터들을 가지는 워크피스 치(tooth)의 플랭크의 부분을 개략적으로 도시한다. 벡터들의 수는 시뮬레이션 계산에 비해 여기서는 상당히 축소되었다. 여기서 개략적으로 도시되는 평면(104)은 벡터들이 배치되어 있는 전체적으로 곡선인 비 수정 워크피스의 프랭크에 대응한다. 벡터들(101 및 101')은 접촉 경로가 이미 넘어 지나갔으므로 전적으로 단축되어 있다. 벡터들(102 및 102')은 이미 적어도 한번 단축되었지만, 아직 접촉 경로가 넘어 지나가지 않았다. 벡터들(103 및 103')은 아직 단축되지 않았고 그러므로 여전히 선택된 허용차에 대응하는 길이를 가진다.

도 9는 여기에서 예들로서 기재되는 이동 장치를 가지는 기어 제작 기계를 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0111] 본 발명은 워들을 드레싱하고 대응하여 드레싱된 워를 가지는 평 기어(spur gear) 기어링을 창성 연삭하는 방법을 기술한다. 상기 방법에 의하여 윤곽 드레서(contour dresser)들의 시간 소모적인 사용 없이 소정의 드레서에 대한 특정한 제한들 내에서 창성 연삭(generating grinding)되는 기어링의 프로파일 형상이 자유로이 특정(specify)되는 것이 가능하다. 크라우닝(crowning)들 또는 루트(root)/팁(tip) 릴리프들과 같은 자유로운 프로파일 수정들은 특히 이 수정들을 저장하지 않거나 또는 다른 수정들을 저장하는 드레서에 의해서 구현될 수 있다. 기어링들은 모두 창성될 수 있는 프로파일들, 즉 워에 의해 연삭될 수 있는 프로파일들을 가질 수 있다. 기어링들은 특히 인벌루트 프로파일들을 가질 수 있다. 기어링들은 대칭 및 비대칭 모두일 수 있다. 인벌루트 프로파일들의 경우, 이것은 프로파일 각들 및/또는 좌 및 우 플랭크들의 프로파일 수정이 또한 상이할 수 있음을 의미한다. 더욱이, 워 및 기계 가공되는 워크피스 모두는 원통형이거나 원추형일 수 있다. 원추형 워들 또는 워크피스들은 좌 및 우 플랭크들 상에서의 상이한 리드(lead)들을 특징으로 한다. 원통형인 경우에, 리드들은 양 측들에서 동일하다. 인벌루트, 원추형 기어링들은 흔히 또한 베벨로이드(beveloid)로 칭해진다.
- [0112] 연삭 공정은 워에 의해 발생하고, 상기 워는 톨 길이에 걸쳐 위상이 수정되고 이의 축 방향은 워 상의 접촉 경로가 기계 가공 동안 이동되지 않도록 연삭 공정 동안 워크피스의 축방향 이송(axial feed) 위치에 따라 시프트된다. 원통형 워크피스들이 연삭되면, 이 조건은 워의 축 방향(축방향 창성 연삭)으로 시프트되지 않는 것과 등가이다. 원추형 워크피스들이 연삭되면, 상기 방법은 일반적으로 대각 창성 방법으로 발생한다. 접촉 경로가 워 상에서 연장되는 곳은 여기서 상기 방법에 대해 결정적인 중요성을 가진다. 원통형 워크피스들이 연삭되는 경우, 어떤 시프트 위치(워의 축방향 위치)에서 연삭이 발생하는지가 그러므로 중대하다. 원추형 워크피스가 연삭되는 경우, 대각비 및 연삭이 발생하는 시프트 범위, 즉 행정이 연삭 중에 어느 시프트 위치에서 시작되는지가 중대하다.
- [0113] 좌 및 우 플랭크들에 대해 상이하거나 상이할 수 있는 파라미터들에는 인덱스 F가 제공된다. F는 l(좌) 또는 r(우)일 수 있다. 인덱스 F가 나타나는 식들은 항상 좌 및 우 플랭크들에 적용된다.
- [0114] 먼저 다음에 더 상세하게 논의될 인벌루트 기어링들은 기본 원 반경들(r_{br}, r_{bl}) 및 기본 나선각들(β_{br}, β_{bl})에 따라 다음의 네 개의 유형들로 나누어진다.
- [0115] 1. 원통형 대칭: $r_b := r_{br} = r_{bl}$ 및 $\beta_b := \beta_{br} = \beta_{bl}$
- [0116] 2. 원통형 비대칭: $r_{br} \neq r_{bl}$ 및 $\frac{\tan \beta_{br}}{r_{br}} = \frac{\tan \beta_{bl}}{r_{bl}}$
- [0117] 3. 원추형 대칭: $\beta_{br} \neq \beta_{bl}$ 및 $r_{br} \cos \beta_{br} = r_{bl} \cos \beta_{bl}$
- [0118] 4. 원추형 비대칭: $\beta_{br} \neq \beta_{bl}$ 및 $r_{br} \cos \beta_{br} \neq r_{bl} \cos \beta_{bl}$ 및 $\frac{\tan \beta_{br}}{r_{br}} \neq \frac{\tan \beta_{bl}}{r_{bl}}$
- [0119] 톨과 관련되는 값들에는 인덱스 1이 제공되고 워크피스와 관련되는 값들은 인덱스 2가 제공된다.
- [0120] 기어링 상의 프로파일 수정들은 함수 $f_{Ft2}(w_{F2})$ 에 의해 기술되는데, 여기서 w_{F2} 는 창성 경로이고 z_{F2} 는 너비 라인 방향의 위치이다.
- [0121] 인벌루트의 경우에 여기에서 기술되는 방법으로 워 상에 제작 또는 사용되는 위상 면 수정(topological surface modification)들의 클래스가 다음에 규정된다. 위상 수정들은 일반적으로 함수 $f_{Ft1}(w_{F1}, z_{F1})$ 를 통해 기술되고, 여기서 w_{F1} 는 창성 경로이고 z_{F1} 는 너비 라인 방향에서의 위치이다. 워 상의 위상 면 수정은, 적어도 대략
- [0122]
$$f_{Ft1}(w_{F1}, z_{F1}) = F_{Ft1}(w_{F1} \sin \rho_{F1} + z_{F1} \cos \rho_{F1}) = F_{Ft1}(X_{F1}) \quad (1)$$

[0123] 인 함수 F_{F1} 가 존재할 때 여기에서 고찰되는 면 수정들의 클래스들에 속한다.

[0124] 실례로 말하자면, 이것은 면 수정이 치 플랭크(tooth flank) 상에서 모든 w_{F1} 및 z_{F1} 에 대해 동일한 값을 가지는 것을 의미하고, 여기서

[0125] $w_{F1} \sin \rho_{F1} + z_{F1} \cos \rho_{F1} = X_{F1}$ (2)

[0126] 이고, X_{F1} 는 동일한 값을 갖는 임의의 희망하는 실수이다. 각각의 X_{F1} 는 그러므로 좌표들(w_{F1} 및 z_{F1})에서 플랭크 상의 직선을 명확히 규정한다.

[0127] 본 발명의 기저의 개념은 다음에 더 상세하게 고찰될 것이다. 마찬가지로 인벌루트 기어링들을 가지는 웜은 큰 나선각을 가지는 경우에 하나의 규칙으로서 인벌루트 기어링들의 창성 연삭에 사용된다. 기계 가공 공정 동안에 이론적으로는 웜 및 기어링의 종단 기하 구조 사이에 점 접촉이 발생된다. 워크피스 및 치의 모두의 치 플랭크들의 면들은 전형적으로 롤링 경로(rolling path)(w_F) 및 너비 라인 방향(z_F)에서의 위치에 걸쳐 파라미터화된다.

[0128] $E_F(w, z)$

$$= \begin{pmatrix} r_{bF} \cdot \sin \left(s_F \cdot \left(\frac{w}{r_{bF}} + \eta_{bF} \right) - \frac{z \cdot \tan(\beta_{bF})}{r_{bF}} \right) - s_F \cdot w \cdot \cos \left(s_F \cdot \left(\frac{w}{r_{bF}} + \eta_{bF} \right) - \frac{z \cdot \tan(\beta_{bF})}{r_{bF}} \right) \\ r_{bF} \cdot \cos \left(s_F \cdot \left(\frac{w}{r_{bF}} + \eta_{bF} \right) - \frac{z \cdot \tan(\beta_{bF})}{r_{bF}} \right) + s_F \cdot w \cdot \sin \left(s_F \cdot \left(\frac{w}{r_{bF}} + \eta_{bF} \right) - \frac{z \cdot \tan(\beta_{bF})}{r_{bF}} \right) \end{pmatrix} \cdot z$$

[0129] (3)

[0130] η_{bF} : 또한 출원 DE 10 2012 015 846 A1을 참조할 것

[0131] s_F 는 좌 및 우 플랭크들에 대한 식들을 컴팩트한 형태로 기록하는 역할을 하고:

[0132] $s_F := \begin{cases} +1, & \text{좌 플랭크들의 경우} \\ -1, & \text{우 플랭크들의 경우} \end{cases}$

[0133] 에 의해 규정된다.

[0134] 이 파라미터화는 톨 상에서 그리고 워크피스 상에서의 접촉점(접촉 경로)의 진행(progression)에 대하여 단순한 관계들이 계산되는 것을 가능하게 한다. 이 진행은 워크피스 상에서 워크피스의 축방향 이송에 의해 계속해서 변위된다. 이 진행들을 인지하면 워크피스 상의 지점을 톨 상의 지점과 분명하게 연관시키고 그리고 그 역으로 연관시키는 것이 가능해진다. 톨 상의 면 수정은 희망하는 수정이 워크피스 상에 제작되도록 이 연관에 의해 조정될 수 있다.

[0135] 관계들을 수학적으로 공식화하기 위하여 다음의 정의들이 행해진다:

[0136] 다음의 항들은 변환을 위하여 사용된다:

[0137] - $R_x(\varphi)$ x 축을 중심으로 각 φ 만큼의 회전. y 및 z에 대해 유사

[0138] - $T_x(v)$ x 방향으로 경로 v에 의한 평행 이동. y 및 z에 대해 유사

[0139] - $H(A_1, \dots, A_N)$ 총 N개의 좌표들(A_1 내지 A_N)을 가지는 동질의 매트릭스(matrix)에 의해 기술 가능한 일반 변환.

[0140] 용어 "좌표들"은 여기에서는 일반화된, 그러나 반드시 독립적인 것이 아닌 좌표에 대해 사용된다.

[0141] 휴지 중인 자체의 시스템에서의 기어링의 회전축은 항상 z 축과 일치한다. 기어링 중심은 $z = 0$ 에 있다.

[0142] 게다가 관계들의 공식이 워크피스 및 톨 사이의 상대 위치들을 기술하는 키네마틱 연쇄(kinematic chain)들을 규정하는 것이 중요하다. 이것은 톨 또는 워크피스가 원통형인지 또는 원추형인지에 좌우된다. 여기서는 모든 4

개의 가능한 결합들이 고찰될 것이다.

[0143] 원통형 툴 및 원통형 워크피스에 대한 키네마틱 연쇄

[0144] 툴 및 워크피스 사이의 상대 위치는 다음의 키네마틱 연쇄 K_R 에 의해 기술된다:

$$K_R = R_z(-\varphi_1) \cdot T_z(-z_{V1}) \cdot T_y(d) \cdot R_y(\gamma) \cdot T_z(z_{V2}) \cdot R_z(\varphi_2) \quad (4)$$

[0146] - φ_1 : 툴 회전 각.

[0147] - φ_2 : 워크피스 회전 각.

[0148] - z_{V1} : 툴의 축방향 이송(또한 시프트 위치로 칭해짐).

[0149] - z_{V2} : 워크피스의 축방향 이송

[0150] - d : 중심 거리(툴/워크피스)

[0151] - γ : 축방향 교차각(툴/워크피스)

[0152] 원추형 툴 및 원통형 워크피스에 대한 키네마틱 연쇄

[0153] 툴 및 워크피스 사이의 상대 위치는 다음의 키네마틱 연쇄 K_R 에 의해 기술된다:

$$K_R = R_z(-\varphi_1) \cdot T_y(r_{w1}) \cdot R_x(\vartheta_1) \cdot T_z(-z_{V1}) \cdot T_y(d) \cdot R_y(\gamma) \cdot T_z(z_{V2}) \cdot R_z(\varphi_2) \quad (5)$$

[0155] - φ_1 : 툴 회전 각.

[0156] - φ_2 : 워크피스 회전 각.

[0157] - z_{V1} : 툴의 이송(또한 시프트 위치로 칭해짐).

[0158] - z_{V2} : 워크피스의 축방향 이송

[0159] - d : 중심 거리에 대한 치수(툴/워크피스)

[0160] - γ : 축방향 교차각(툴/워크피스)

[0161] - ϑ_1 : 툴 원추 각

[0162] - r_{w1} : 툴의 피치 원 반경

[0163] 원통형 툴 및 원추형 워크피스에 대한 키네마틱 연쇄

[0164] 툴 및 워크피스 사이의 상대 위치는 다음의 키네마틱 연쇄 K_R 에 의해 기술된다:

$$K_R = R_z(-\varphi_1) \cdot T_z(-z_{V1}) \cdot T_y(d) \cdot R_y(\gamma) \cdot T_z(z_{V2}) \cdot R_x(-\vartheta_2) \cdot T_y(-r_{w2}) \cdot R_z(\varphi_2) \quad (6)$$

[0166] - φ_1 : 툴 회전 각.

[0167] - φ_2 : 워크피스 회전 각.

[0168] - z_{V1} : 툴의 축방향 이송(또한 시프트 위치로 칭해짐).

[0169] - z_{V2} : 워크피스의 이송

[0170] - d : 중심 거리에 대한 치수(툴/워크피스)

[0171] - γ : 축방향 교차각(틀/워크피스)

[0172] - θ_2 : 워크피스 원추 각

[0173] - r_{w2} : 워크피스의 피치 원 반경

[0174] 원추형 틀 및 원추형 워크피스에 대한 키네마틱 연쇄

[0175] 틀 및 워크피스 사이의 상대 위치는 다음의 키네마틱 연쇄 K_R 에 의해 기술된다:

[0176]
$$K_R = R_z(-\phi_1) \cdot T_y(r_{w1}) \cdot R_x(\theta_1) \cdot T_z(-z_{v1}) \cdot T_y(d) \cdot R_y(\gamma) \cdot T_z(z_{v2}) \cdot R_x(-\theta_2) \cdot T_y(-r_{w2}) \cdot R_z(\phi_2)$$

(7)

[0177] - ϕ_1 : 틀 회전 각.

[0178] - ϕ_2 : 워크피스 회전 각.

[0179] - z_{v1} : 틀의 이송(또한 시프트 위치로 칭해짐).

[0180] - z_{v2} : 워크피스의 이송

[0181] - d : 중심 거리에 대한 치수(틀/워크피스)

[0182] - γ : 축방향 교차각(틀/워크피스)

[0183] - θ_1 : 틀 원추 각

[0184] - θ_2 : 워크피스 원추 각

[0185] - r_{w1} : 틀의 피치 원 반경

[0186] - r_{w2} : 워크피스의 피치 원 반경

[0187] 이 키네마틱 연쇄들은 처음에는 다만 여기에서 기술되는 본 발명의 수학적 기술만을 제공한다. 이것들은 본 발명이 사용되는 기계의 물리적 축들과 정합하지 않아도 된다. 기계가 변환식

[0188]
$$H(A_1, \dots, A_{N_s})$$
, 여기서 $N_s \geq 1$ (8)

[0189] 에 따라 틀 및 워크피스 사이의 상대 위치들을 가능하게 하는 이동 장치를 가지면, 본 발명은 방금 기술된 키네마틱 연쇄들로부터의 좌표들의 세트별로(이 세트는 본 발명에서 계산된다) 좌표들($A_1, \dots, A_{N_s}$)이 존재할 때 이 기계 상에서 사용될 수 있고, 여기서

[0190]
$$H(A_1, \dots, A_{N_s}) = K_R$$
 (9)

[0191] 이다.

[0192] 좌표들($A_1, \dots, A_{N_s}$)의 계산은 좌표 변환에 의해 수행될 수 있다.

[0193] 모든 필요한 상대 위치들을 가능하게 하는 전형적인 이동 장치는 예를 들어, 다음의 키네마틱 연쇄들에 의해 기술된다:

[0194]
$$H_{Bsp1} = R_z(\phi_{B1}) \cdot T_z(-v_{v1}) \cdot R_x(90^\circ - \phi_{A1}) \cdot T_z(-v_{z1}) \cdot T_x(-v_{x1}) \cdot R_z(\phi_{c2})$$
 (10)

[0195]
$$H_{Bsp2} = R_z(\phi_{B1}) \cdot R_x(90^\circ - \phi_{A1}) \cdot T_z(-v_{y1}) \cdot T_z(-v_{z1}) \cdot T_x(-v_{x1}) \cdot R_z(\phi_{c2})$$
 (11)

- [0196] 도 9는 H_{Bsp1} 에 의해 기술되는 이동 장치를 가지는 기어 제조 기계를 개략적으로 도시한다.
- [0197] 기어 제조 기계는 제조 기계 및 드레싱 기계의 결합이다. 기어 제조 기계는 툴 홀더(tool holder)를 가지는 좌측에 도시되는 기계 가공 헤드, 중앙에 도시되는 워크피스 홀더 및 우측에 개략적으로 도시되는 드레싱 홀더를 가진다. 워크피스 홀더에 고정되는 워크피스는 기어 제조 기계 가공을 수행하기 위하여 툴 홀더에 고정되는 툴에 의해 기계 가공될 수 있다. 드레싱 공정을 수행하기 위해, 툴 홀더에 고정되는 툴은 드레싱 홀더에 고정되는 드레서에 의해 기계 가공될 수 있다. 이것은 드레싱을 위한 툴이 툴 홀더 내에서 유지될 수 있는 장점을 가진다. 기계 가공 헤드(head)의 이동축들은 더욱이 드레싱 상에 드레싱 및 툴의 상대 위치를 설정하는 데 사용될 수 있다.
- [0198] 기어 제조 기계는 툴 홀더를 이동시키기 위하여 A1, B1, V1, X1 및 Z1, 워크피스 홀더를 이동시키기 위해 C2, 그리고 드레서를 이동시키기 위해 B3, C5의 이동축들을 가진다.
- [0199] 상세하게, B1은 툴의 자체의 회전축을 중심으로 툴의 회전을 가능하게 하고; X1은 툴 또는 워크피스의 회전 축에 수직인 툴의 병진 이동을 가능하게 하고; Z1은 수직 방향이거나 워크피스의 회전축과 평행한 툴의 병진 이동을 가능하게 하고; A1은 툴의 피벗 이동을 가능하게 하고; V1은 자체의 회전 축의 방향으로의 툴의 시프트 이동 또는 접선방향 이동을 가능하게 하고; C2는 워크피스의 회전 이동을 가능하게 하고; B3는 자체의 회전 축을 중심으로 드레싱 툴의 회전 이동을 가능하게 하고; 그리고 C5는 드레싱 툴의 피벗 이동이 툴에서 압력각(α)을 변경시키는 것을 가능하게 한다.
- [0200] 본 발명에 따른 방법들을 수행하기 위해 다른 기어 제조 기계들 및/또는 드레싱 기계들이 또한 사용될 수 있다. z_{v2} 좌표는 기계 가공 공정 동안 이동되고 그러므로 워크피스의 이송이 구현된다. 원통형 휠들에 있어서, 이것은 축방향 이송이고; 원추형 휠들에 있어서, 이 이송은 축방향은 아니지만 기어링의 축에 대해 원주 각(θ_2)만큼 경사진다.
- [0201] 그러나, 추가 과정에서, 용어 이송은 또한 원통형 툴들 또는 워크피스들의 경우 z_{v1} 및 z_{v2} 에 대해 각각 사용된다.
- [0202] 원통형 및/또는 원추형 툴들 및 워크피스들의 4개의 가능한 결합들이 별개로 고찰될 것이다. 각각의 경우에서의 시작 지점은 창성 연삭 시 툴 상에서의 그리고 워크피스 상에서의 접촉점의 진행을, 이송 위치들(z_{v1} 및 z_{v2})에 따라 창성 경로(w) 및 너비 라인 방향(z)에서의 위치 사이의 관계로서 수학적으로 기술한 것이다.
- [0203] 이에 대한 준비로, 이 목적에 필요한 워들 상의 수정들 및 드레싱에 의한 이것들의 제작이 먼저 논의될 것이다.
- [0204] 툴들, 여기서에 고찰될 대칭 또는 비대칭인 원통형 및 원추형 워들은 마찬가지로 식 (1)에 따른 수정을 가진다. 이 수정의 유형은 특히 드레싱 가능 연삭 워들에 있어서 매우 유용한데 왜냐하면 이것은 드레싱 휠로 드레싱할 때 워 상에 용이하게 제작될 수 있기 때문이다. 드레싱 휠로 드레싱할 때, 드레싱 휠 및 워의 플랭크들 사이에는 라인 접촉이 있다. 이 접촉 라인이 양 플랭크들에 대해 w_{F1} 및 z_{F1} 사이의 관계로서 기술될 때:
- [0205]
$$w_{F1} \sin \rho_{F1} + z_{F1} \cos \rho_{F1} = X_{F1} \quad (12)$$
- [0206] 에 의해 주어지는, 매우 양호한 근사치로 직선이 획득된다.
- [0207] ρ_{F1} 는 이 직선의 방향을 규정한다. 이는 스레드들의 수, 워의 직경, 드레싱 휠의 직경, 워의 프로파일 각 및 워 대 드레서의 상대 위치에 의해서 약간의 영향을 받을 수 있다.
- [0208] X_{F1} 는 워의 직선의 위치를 규정한다. X_{F1} 는 이에 따라 워가 자체의 길이를 따라 드레싱되는 동안 변경된다. 드레싱 공정 중에 워 및 드레싱 휠 사이의 상대 위치에 대한 정정들이 수행되면, 워에 수정들이 적용될 수 있다. 이 정정들은 또한 현재의 접촉 라인을 따라 항상 영향을 미친다.
- [0209] 워 및 드레서 사이의 상대 위치는 다음의 키네마틱 연쇄 K_{BR} 에 의해 기술된다:
- [0210]
$$K_{BR} = R_z(-\varphi_S) \cdot T_z(-z_S) \cdot R_x(-\gamma_B) \cdot T_x(-d) \cdot T_y(y_A) \cdot R_z(\varphi_A) \quad (13)$$

- [0211] - φ_S : 워م 회전각
- [0212] - φ_A : 드레서 회전 각
- [0213] - y_A : 드레서의 y 위치
- [0214] - z_S : 워م의 축방향 위치
- [0215] - d: 중심 거리
- [0216] - γ_B : 축방향 교차각
- [0217] 이 키네마틱 연쇄는 처음에는 먼저 여기서 기술되는 본 발명의 수학적 기술을 제공한다. 이것은 본 발명이 사용되는 기계의 물리적 축들과 정합하지 않아도 된다. 기계가 변환식
- [0218] $H(B_1, \dots, B_{N_A})$, 여기서 $N_A \geq 1$ (14)
- [0219] 에 따라 워م 및 드레서 사이의 상대 위치들을 가능하게 하는 이동 장치를 가지면, 본 발명은 방금 설명된 키네마틱 연쇄들로부터의 좌표들의 세트별로(세트는 본 발명에서 계산된다) 좌표들($B_1, \dots, B_{N_A}$)이 존재할 때 이 기계 상에서 사용될 수 있고, 여기서
- [0220] $H(B_1, \dots, B_{N_A}) = K_{BR}$ (15)
- [0221] 이다.
- [0222] 좌표들($B_1, \dots, B_{N_A}$)의 계산은 좌표 변환에 의해 수행될 수 있다.
- [0223] 모든 필요한 상대 위치들을 가능하게 하는 전형적인 이동 장치는 예를 들어, 다음의 키네마틱 연쇄들에 의해 기술된다:
- [0224] $H_{BBsp1} = R_z(-\varphi_{B1}) \cdot T_z(-v_{v1}) \cdot R_x(-\varphi_{A1}) \cdot T_x(-v_{x1}) \cdot T_y(v_{z1}) \cdot R_y(\varphi_{C5}) \cdot R_z(\varphi_{B3})$ (16)
- [0225] $H_{BBsp2} = R_z(-\varphi_{B1}) \cdot T_z(-v_{v1}) \cdot R_x(-\varphi_{A1}) \cdot T_x(-v_{x1}) \cdot T_y(v_{z1}) \cdot R_z(\varphi_{B3})$ (17)
- [0226] 도 9는 H_{BBsp1} 및 H_{BBsp2} 에 의해 기술되는 이동 장치를 가지는 기어 제조 기계를 개략적으로 도시한다.
- [0227] · 중심 거리 및/또는
- [0228] · 워م의 축방향 위치 및/또는
- [0229] · 드레서의 y 위치 및/또는
- [0230] · 워م의 회전 각 및/또는
- [0231] · 워م 축 및 드레서 축 사이의 축방향 교차각
- [0232] 은 현재의 접촉 라인을 따라 일정한 수정이 제작되도록 정정될 수 있다.
- [0233] 워م이 비수정 상태에서 드레싱되면, 워م의 축방향 위치만이 워م의 피치 높이를 통해 결합되고, 워م의 회전각은 드레싱 공정 동안 변경된다. 이에 의해 접촉 라인은 나선 라인에 따른 워م 길이를 따라 이동되고 플랭크의 특정 영역까지 넘어 지나가며 이를 드레싱한다. X_{F1} 는 그러므로 워م의 축방향 위치의 함수이다.
- [0234] $X_{F1} = X_{F1}(z_S)$ (18)
- [0235] 이 관계는 단일 플랭크 드레싱 및 2-플랭크 드레싱 모두에 적용된다.
- [0236] 드레싱이 2개의 플랭크들 상에서 수행되면, 상대 위치의 정정들은 임의의 희망하는 일정한 수정들(f_{t11} 및 f_{t11})

이 특정한 한도들 내에서 서로에 독립적으로 워의 양 플랭크들 상에서 현재의 접촉 라인들을 따라 좌에 그리고 우에 적용될 수 있도록 선택될 수 있다. 특정한 한도들 내에서 자유로운, 좌 및 우 플랭크들 상에서의 수정들의 선택은 상술한 상대 위치의 정정들이 모두 좌 및 우 플랭크들에서 동일하게 작용하지 않는다는 사실에 기인한다. 축방향 간격의 변화는 예를 들어, 결과적으로 좌 및 우 플랭크들 상에서의 수정이 동일한 부호로 발생하고; 대칭 원통형 워의 경우에 또한 동일한 양으로 발생한다. 반대로, 워의 회전 각의 변화는 결과적으로 좌 및 우 플랭크들 상에서의 수정이 상이한 부호들로 발생하고; 대칭 원통형 워의 경우에 동일한 양으로 발생한다. 워의 회전각 및 축방향 간격은 그러므로 예를 들어, 희망하는 수정들(f_{t11} 및 f_{tr1})이 현재의 접촉 라인을 따라 달성되도록 세팅될 수 있다. 이것은 일반적으로 다음과 같이 기술될 수 있다: 드레싱 공정 중에 이용할 수 있고, 좌표들($B_1, \dots, B_{N_A}$)을 가지며 그리고 좌 및 우 플랭크들 상에서 수정들의 자유로운 선택을 가능하게 하는 그러한 상대 위치의 정정들이 가능하도록 워 및 드레싱 휠 사이의 상대 위치를 변경할 수 있는 이동 장치를 기계가 가지고 있으면, 이 좌표들의 정정들($\Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}$)은 비 수정된 워의 드레싱과 비교하여 f_{t11} 및 f_{tr1} 에 의존된다:

$$\Delta B_i = \Delta B_i(f_{t11}, f_{tr1}), \text{ 여기서 } 1 \leq i \leq N_A \quad (19)$$

워이 비수정된 상태로 드레싱되면, 워의 축방향 위치(z_s)만이 상술한 바와 같이 변경된다. 이 위치는 그러므로 이 경우에 대하여 z_s 의 함수:

$$B_i = B_i(z_s), \text{ 여기서 } 1 \leq i \leq N_A \quad (20)$$

인 좌표들($B_1, \dots, B_{N_A}$)에 의해 세팅된다.

이는 여기에서 기술되는 수정들을 가지는 워의 드레싱 중에 좌표들($B_1, \dots, B_{N_A}$)에 대한 마지막 2개의 관계들로부터 도출된다.

$$B_i = B_i(z_s) + \Delta B_i(f_{t11}, f_{tr1}), \text{ 여기서 } 1 \leq i \leq N_A \quad (21)$$

좌표들의 정정들($\Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}$)은 일반적으로 또한 워 상에서의 수정 이외에, 비 수정된 워의 드레싱에 대한 현재의 접촉 라인의 위치의 미세한 변위를 발생시킨다. 식 (18)는 그러므로 수정된 워들의 드레싱을 위해 $\Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}$ 의 종속성에 의해서 팽창되어야만 한다:

$$X_{F1} = X_{F1}(z_s, \Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}) \quad (22)$$

워들은 여기에서 기술되는 방법을 위해 필요하고 이는 식 (1)에서 기술되는 바와 같은 수정을 가지며, 방향(ρ_F)은 드레싱 중의 접촉 라인의 방향(ρ_{F1})에 의해 사전 규정된다. 함수(F_{F1})는 그러나 특정한 한도들 내에서 자유로이 사전 규정될 수 있는 연속 함수이다. 위에 규정되는 수정들(f_{t11} 및 f_{tr1})은 특정한 접촉 라인의 위치(X_{F1})를 가지는 ρ_{F1} 에 의해 규정되는 방향을 따라 일정한 수정을 기술하고 따라서 좌 및 우 플랭크들에 대한 함수들($F_{t11}(X_{t11})$ 및 $F_{tr1}(X_{r11})$)에 정확히 대응한다.

수정들($F_{t11}(X_{t11})$ 및 $F_{tr1}(X_{r11})$)이 공지되면, 이것들은 식 (22) 내에서 식 (19)과 함께 사용될 수 있다:

$$X_{F1} = X_{F1}(z_s, \Delta B_1(F_{t11}(X_{t11}), F_{tr1}(X_{r11})), \dots, \Delta B_{N_A}(F_{t11}(X_{t11}), F_{tr1}(X_{r11}))) \quad (23)$$

접촉 라인의 위치들(X_{F1})은 일반적으로 이 식 체계를 사용하여 워의 소정의 축방향 위치(z)에서, 수치적으로 계산될 수 있다. 좌표들의 필요한 정정들($\Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}$)은 그러므로 그 후에 식 (19)를 사용하여 결정될 수 있다. 이 계산은 좌 및 우 플랭크들 상에서의 접촉 라인들에 의해 드레싱될 워의 부분을 넘어 지나가는 데 필요한 모

든 z_s 에 대하여 수행된다.

[0249] 2-플랭크 드레싱에 대하여 여기서 제시되는 방법은 단일-플랭크 드레싱에 직접적으로 전해질 수 있다. 이 경우에, 좌 및 우 플랭크들에 대한 식들은 완전히 분리되고 계산은 각 플랭크 별로 별개로 수행될 수 있다.

[0250] 식 (13)에 따라 필요한 축 정정들(ΔK_{BR}) 또는 기계의 물리적 축들에 따른 축 정정들($\Delta B_1, \dots, \Delta B_{N_A}$)을 결정하는 것이 가능하기 위하여, 웜의 플랭크들 상에 소정의 드레서에 의해 그리고 소정의 축방향 정정들(ΔK_{BR})에 의해 어떤 프로파일, 특히 어떤 프로파일 수정이 제작되는지를 결정할 수 있는 것이 필요하다. 드레싱 공정 동안 축 정정들이 고정되어 세팅되고 웜의 리드에 따라 단지 z_s 및 φ_s 만이 이동 결합되는 경우가 여기에서 먼저 고찰될 것이다. 축 정정들에 따른, 치 플랭크에 대한 수직 방향으로의 편위로서 규정되는 수정은 여기서 $f_{nF1}(w_{F1}; \Delta K_{BR})$ 에 의해 지정된다. $f_{nF1}(w_{F1}; \Delta K_{BR})$ 의 계산은 예를 들어, 드레싱 시뮬레이션의 도움으로 실행될 수 있다. 그와 같은 드레싱 시뮬레이션들로의 입력들은 드레서 기하구조 및 드레싱 키네마틱스 외에, 대개 또한 드레싱 전에는 웜의 기하구조이다. 드레싱 전의 웜은 자신이 드레싱 후에 웜에 대하여 스프레드 상 어디에서든 양의 대(stock)를 가지도록 다음의 방법에서 선택된다. 그와 같은 드레싱 시뮬레이션들에서, 드레싱 공정은 전형적으로 유한한 수의 시간 단계들로 분리되고 그 후에 웜에서 재료들이 드레서에 의해 제거되는 장소가 각 시점 별로 결정된다.

[0251] 이후에 필요한 모든 정보를 전달할 수 있는 가능한 알고리즘이 여기서 상세하게 제시될 것이다. 이 목적을 위해, 일반적으로 수정되지 않은 웜이 먼저 고찰된다. 이전에 고정된 길이를 가지는 수직 방향의 벡터들이 이 웜의 스프레드들 상에 좌표들(w_{F1}, z_{F1})을 가지는 개별 지점들 상에 배치된다. 벡터들의 길이는 비수정된 웜에 대하여, 드레싱 전의 웜의 대에 대응한다. 대는 전형적으로 아주 커서 각각의 벡터가 다음에 기술되는 시뮬레이션 동안 적어도 한번은 축소되도록 선택된다. 스프레드들 상의 지점들의 수는 결과의 정확도를 결정한다. 이 지점들은 바람직하게는 등거리로서 선택된다. 웜의 드레서에 대한 상대 위치는 각각의 시점에, 예를 들어, 비수정된 키네마틱스($\varphi_s, \gamma_B, d, \gamma_A$) 및 이들의 수정들(ΔK_{BR})의 좌표에 의해 명기된다. 모든 벡터들의 드레서와의 교차가 이산의 시간들의 각각에서 계산된다. 벡터가 드레서와 교차하지 않으면, 이는 변하지 않은 채로 남는다. 그러나, 벡터가 드레서와 교차하면, 교차점이 계산되고 벡터는 매우 단축되어 벡터는 교차점에서 바로 종료된다. 더욱이 드레서 축으로부터 교차점의 거리, 즉 드레서 상에서의 교차점의 반경(r_A)이 계산되고 방금 단축된 벡터에 추가 정보로서 저장된다. 좌표들의 정정들이 여기에서 드레싱 동안 변하지 않으므로, 웜의 소정의 반경(r_{F1})에서의 또는 소정의 창성 경로(w_{F1})에서의 모든 벡터들은 시뮬레이션이 웜의 전체 너비에 걸쳐 수행된 후에 근사적으로 동일한 길이를 가진다. 이 길이는 수정들(ΔK_{BR})에 좌우되는 웜의 수정(f_{nF1})에 대응한다.

[0252] 길이의 약간의 차들은 여기에서 기술되는 알고리즘이 시간의 이산화(discretization)로 인하여 이송 마킹(feed marking)들을 발생시킨다는 사실로부터 기인한다. 이 이송 마킹들 및 따라서 또한 웜의 소정의 반경 상에서의 벡터들의 길이들의 차들은 시간 단계들의 단축과 등가인 더 미세한 시간의 이산화에 의해 감소될 수 있다. 시뮬레이션이 웜의 총 너비에 걸쳐 수행되지 않고, 오히려 웜의 소정의 축방향 시프트 위치(z_s)에서 중단되면, 이미 드레서 및 웜의 접촉 라인이 넘어 지나간 벡터들만이 웜 상의 소정의 반경에 대해 근사적으로 동일한 길이를 가진다. 나머지 벡터들은 원래 선택된 또는 적어도 한번 이미 단축된 길이를 가지지만, 아직 최종 길이를 가지지 않는데 왜냐하면 이것들은 나중에 다시 단축될 것이기 때문이다. 이 사실은 소정의 드레서에 대해 그리고 ΔK_{BR} 에 의해 기술되는 드레서에 대한 웜의 소정의 상대 위치에 대해 접촉 라인을 매우 정확하게 결정하는 데 사용될 수 있다. 웜 상의 소정의 반경들(r_{F1})에서의 또는 창성 경로(w_{F1})에서의 모든 벡터들은 이 목적을 위해 관찰되고 어떤 너비 라인 위치에서 근사적으로 동일한 길이를 가지는 벡터들로부터 이와 상이한 길이를 가지는 벡터들로 전이되는지가 결정된다. 접촉 라인은 그러므로 수정들(ΔK_{BR} 및 z_s)에 따라 함수(b_{BRF1} 또는 b_{BwF1})에 의해 기술될 수 있다.

[0253] $z_{F1} = b_{BRF1}(r_{F1}; z_S, \Delta K_{BR})$ 또는 $z_{F1} = b_{BWF1}(w_{F1}; z_S, \Delta K_{BR})$ (24)

[0254] 인벌루트 워들의 경우, 접촉 라인은 좌표들(w_{F1}, z_{F1})에서 직선에 의해 매우 양호한 근사로 기술될 수 있다

[0255] $w_{F1} \sin \rho_{F1}(\Delta K_{BR}) + z_{F1} \cos \rho_{F1}(\Delta K_{BR}) = X_{F1}(z_S, \Delta K_{BR})$ (25)

[0256] 여기서 $\rho_{F1}(\Delta K_{BR})$ 는 방향을 기술하고 $X_{F1}(z_S, \Delta K_{BR})$ 는 직선의 위치를 기술한다. 방향($\rho_{F1}(\Delta K_{BR})$)의 정정들(ΔK_{BR})에 대한 종속성은 이 방향이 단지 워 기하구조 및 드레서 기하구조에 의해 주어질 때 여전히 양호한 근사로 취해질 수 있도록 아주 작다.

[0257] 접촉 라인이 연장되는 벡터들이 결정되면, 이를 위해 이전에 저장된 드레서 상의 반경들(r_{FA})이 판독될 수 있고 그러므로 그것이 워 상의 반경(r_{F1}) 별로 드레서 상의 어떤 반경(r_{FA})에 의해 드레싱되었는지가 결정될 수 있다. 이 연관은 정정들(ΔK_{BR})에 좌우된다

[0258] $r_{FA} = r_{FA}(r_{F1}; \Delta K_{BR})$ (26)

[0259] 접촉 라인 및 반경의 연관이 이 방식으로 결정될 수 있는 정확도는 지점들의 선택된 거리 그리고 또한 이산의 시간 단계들의 길이 모두에 좌우된다. 양 값들은 이론적으로는 원하는 만큼 작게 선택될 수 있으나, 실제로 이 값들은 이용 가능한 RAM 및 최대 허용 가능 계산 시간에 의해 제한된다. 이 계산은 실제로 멀티플 기가바이트 RAM 및 초고속 다중 코어 시스템들을 구비한 현재 이용 가능한 PC들을 사용하여 충분한 정확도로 가능하다.

[0260] 워 스프레드 면 상에서 수직 방향으로 규정되는, 워 상의 지점에서의 수정(f_{nF1})은 결과적으로 워크피스 상의 대응하는 지점에서 치 플랭크 면 상에서 수직 방향으로 규정되는, 워크피스 상의 수정($f_{nF2} = -f_{nF1}$)이 발생한다. 기어들 상에서의 수정들은 전형적으로 횡절면(f_{Ft})에서 규정되고 수직 방향(f_{Fn})으로 규정되지 않는다. 그러나, 수정들의 이 두 정의들 사이를 전환하는 것은 용이하다.

[0261] $f_{Fn} = f_{Ft} \cdot \cos \beta_{bF}$ (27)

[0262] 식 (19)에 기술되는 바와 같이, f_{nl1} 및 f_{nr1} 로부터 축방향 정정들의 세트($\Delta B_1, \dots, \Delta B_{NA}$)를 결정하기 위하여, $f_{nF1}(w_{F1}; \Delta K_{BR}) = f_{nF1}$ 이 그 후에 좌 및 우 플랭크들에 대해 동시에 구해질 수 있다.

[0263] 원통형 툴 및 원통형 워크피스

[0264] 다음에는 식 (1)에 따른 수정을 가지는 워의 도움으로, 원통형 툴 및 원통형 워크피스의 경우에 대하여 축방향 창성 연삭 시에 순 프로파일 수정이 어떻게 제작될 수 있는지가 도시된다. 이 목적을 위해, 워크피스 및 워 사이의 접촉점의 진행은 축 이송들(z_{V1} 및 z_{V2})에 따라 먼저 기술될 것이다. 이 진행은 기초 원 반경들 및 워크피스 및 워의 기초 나선각들 그리고 중심 거리(d) 및 축방향 교차 각(γ)에 좌우된다. 워크피스 대 워의 상대 위치는 본 관찰에서 식 (4)에 의해 기술된다. 이 진행은 다음과 같이, 너비 라인 방향(z_F)에서의 위치 및 워(인덱스 1)에 대한 그리고 워크피스(인덱스 2)에 대한 창성 경로(w_F) 사이의 관계(R6)로서 수학적으로 기술될 수 있다:

[0265] $z_{F1} = C_{Fw1} \cdot w_{F1} - z_{V1} + C_{Fc1}$ (28)

[0266] $z_{F2} = C_{Fw2} \cdot w_{F2} - z_{V2} + C_{Fc2}$ (29)

[0267] 여기에서 도입된 계수들(C_{Fw1} , C_{Fc1} , C_{Fw2} 및 C_{Fc2})은 다음의 종속성들을 가진다:

[0268] $C_{Fw1} = C_{Fw1}(\beta_{bF1})$ (30)

[0269] $C_{Fc1} = C_{Fc1}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma)$ (31)

[0270] $C_{Fw2} = C_{Fw2}(\beta_{bF2})$ (32)

[0271] $C_{Fc2} = C_{Fc2}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma)$ (33)

[0272] 이 관계는 웜 및 워크피스 모두의 경우 z_F , w_F , 및 z_V 사이에 선형 관계가 있음을 나타내고 있다.

[0273] 고정된 창성 경로(w_{F2})를 가지는 워크피스 상의 모든 지점들이 제작 공정에서 고찰되면, 웜 상의 모든 이 지점들은 단지 이 결과로 인한 창성 경로(w_{F1})를 가지는 지점들하고만 접촉한다. 웜 및 워크피스 상의 지점들과 접촉하는 창성 경로들 사이의 관계(R7)는:

[0274] $\hat{C}_{Fw1} \cdot w_{F1} + \hat{C}_{Fw2} \cdot w_{F2} + \hat{C}_{Fc} = 0$ (34)

[0275] 로 제공된다.

[0276] 여기에서 도입되는 계수들($\hat{C}_{Fw1}$, $\hat{C}_{Fw2}$ 및 $\hat{C}_{Fc}$)은 다음의 종속성들을 가진다:

[0277] $\hat{C}_{Fw1} = \hat{C}_{Fw1}(\beta_{bF1})$ (35)

[0278] $\hat{C}_{Fw2} = \hat{C}_{Fw2}(\beta_{bF2})$ (36)

[0279] $\hat{C}_{Fc} = \hat{C}_{Fc}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma)$ (37)

[0280] 방금 제시된 관계들은 식 (4)로부터의 키네마틱 연쇄에 따라 서로에 대하여 지향되는 2개의 인벌루트 기어링들의 접촉 지점들의 분석 계산으로부터 직접적으로 도출된다.

[0281] 이제 웜 상의 지점을 워크피스 상의 모든 지점과 연관시키기 위하여 상기 관계들을 활용하는 것이 본 발명의 기본 개념이다. 여기에서는 웜이 식 (1)에 따라 특정한 한도를 내에서 임의의 바람직한 수정을 가지고 프로파일 수정이 워크피스 상에서 제작되어야 하는 사실이 활용된다.

[0282] 이를 위해, 워크피스 상의 창성 경로(w_{F2})가 웜의 소정의 시프트 위치(z_{V1})에 대하여 고찰된다. 웜 상의 창성 경로(w_{F1})는 식 (34)를 사용하여 이로부터 결정될 수 있고; 식 (28)을 사용하면 너비 라인 위치(z_{F1})가 결정된다. 워크피스 상의 각각의 창성 경로는 그러므로 z_{V2} 과는 관계없이 웜 상의 접촉 경로 상의 지점에 매핑될 것이다. X_{F1} 는 식 (2)를 사용하여 w_{F1} 및 z_{F1} 로부터 결정될 수 있고 그러므로 w_{F2} 는 X_{F1} 로 매핑될 수 있다. 다음은 결과적으로 웜 상에서의 필요한 수정(F_{Ft1})에 대한 것이다:

[0283] $F_{Ft1}(X_{F1}) = -\frac{\cos \beta_{bF2}}{\cos \beta_{bF1}} \cdot f_{Ft2}(w_{F2})$ (38)

[0284] 소정의 z_{V1} 에 대해, 식 (28)로부터 다음이 도출된다

[0285] $z_{F1} - C_{Fw1} \cdot w_{F1} = \text{상수}$ (39)

[0286] 이는 웜 상의 접촉 경로가 행정 중에 시프트되지 않는다는 사실과 동등하다.

[0287] 이 이론은 이제 전이 영역 없는 선형 톱 킬리프의 예를 위해 도 2의 도움으로 실례의 방식으로 보일 것이다. 이 도는 w 및 z 에 걸쳐 적용되는 웜의 위상 면 수정을 도시한다. 22는 웜이 워크피스와의 이론적인 점 접촉을 가

지는 접촉 경로를 표시한다. 워 상의 영역(20)은 수정되지 않고; 영역(21)은 수정되며, 여기서 F_{Ft1} 는 X_{F1} 에서의 선형 함수이다. 드레서 및 워 사이의 접촉 라인(26)은 워크피스의 활용 가능한 루트 원(root circle)에서의 창성 경로(W_{F2})에 대응하는 X_{F1} 에 의해 제공된다. 이 접촉 라인은 기어링의 활용 가능한 루트 원을 기계 가공하는 워 상의 지점에서 접촉 경로(22)와 교차한다. 유사하게, 접촉 라인(27)은 워크피스의 활용 가능한 팁 원(tip circle)을 기계 가공하는 워 상의 지점에서 접촉 경로(22)와 교차하고 접촉 라인은 팁 릴리프의 시작 시에 킥(kink)을 기계 가공하는 워 상의 지점에서 접촉 경로(22)와 교차한다. 이에 의해 워크피스 상의 상이한 직경들이 상이한 시간들에서 드레싱되었으므로 따라서 상이하게 수정될 수 있는 워 상의 지점들에 의해 제작되는 것이 명확해진다.

[0288] 원추형 톨 및 원통형 워크피스

[0289] 창성 연삭은 지금까지 단지 원통형 워들에 의한 것만이 공지되어 있다. 그러나, 또한 원추형 워들을 톨로서 사용하는 것이 가능하다. 이 공정의 키네마틱스는 원추형 및 원통형 휠을 가지는 연속 창성 기어열에 의해 기술될 수 있다. 이 키네마틱스들은 식 (5)에서 제공되는 키네마틱 연쇄에 의해 기술된다. 2개의 원통형 휠들을 포함하는 연속 창성 기어열에서와 같이, 양 휠들 사이에서는 또한 이론적인 점 접촉이 있다. 이것으로 인해 원통형 톨들의 경우에서와 동일한 방법이 사용되는 것이 가능한, 즉, 식 (1)에 따른 수정을 가지는 워는 대각 창성 방법에서 마찬가지로 워크피스 상에 식 (1)에 따라 수정을 제작하기 위하여 사용된다. 워크피스 및 워 사이의 접촉 점의 진행은 다음과 같이 수학적으로 기술될 수 있다.

$$Z_{F1} = C_{Fw1} \cdot W_{F1} + C_{FzV1} \cdot Z_{V1} + C_{Fc1} \quad (40)$$

$$Z_{F2} = C_{Fw2} \cdot W_{F2} + C_{FzV1} \cdot Z_{V1} - Z_{V2} + C_{Fc2} \quad (41)$$

[0292] 여기에서 도입되는 계수들(C_{Fw1} , C_{Fc1} , C_{Fw2} , C_{FzV1} , C_{FzV2} 및 C_{Fc2})은 다음의 종속성들을 가진다:

$$C_{Fw1} = C_{Fw1}(\beta_{bF1}) \quad (42)$$

$$C_{Fc1} = C_{Fc1}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (43)$$

$$C_{Fw2} = C_{Fw2}(\beta_{bF2}) \quad (44)$$

$$C_{Fc2} = C_{Fc2}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (45)$$

$$C_{FzV1} = C_{FzV1}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (46)$$

$$C_{FzV2} = C_{FzV2}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (47)$$

[0299] 식 (34)는:

$$\hat{C}_{Fw1} \cdot W_{F1} + \hat{C}_{Fw2} \cdot W_{F2} + \hat{C}_{FzV1} \cdot Z_{V1} + \hat{C}_{Fc} = 0 \quad (48)$$

[0301] 에 의해 대체된다.

[0302] 여기에서 도입되는 계수들($\hat{C}_{Fw1}$, $\hat{C}_{Fw2}$, $\hat{C}_{FzV1}$ 및 $\hat{C}_{Fc}$)은 다음의 종속성들을 가진다:

$$\hat{C}_{Fw1} = \hat{C}_{Fw1}(\beta_{bF1}) \quad (49)$$

$$\hat{C}_{Fw2} = \hat{C}_{Fw2}(\beta_{bF2}) \quad (50)$$

$$\hat{C}_{FzV1} = \hat{C}_{FzV1}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, \gamma, \vartheta_1) \quad (51)$$

$$\hat{C}_{Fc} = \hat{C}_{Fc}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (52)$$

이 관계들에 대한 정보로, 원통형 톨들 및 워크피스들의 경우와 유사한 방식으로 워름 상의 지점들의 워크피스 상의 지점들로의 매핑이 계산될 수 있다. 식 (1)에 따른 워름 상의 수정이 다시 여기에서 취해지면 F_{Fc1} 는 순 프로파일 수정(f_{Fc2})이 워크피스 상에 제작되도록 순 원통형의 경우와 유사하게 결정될 수 있다. 대응하는 X_{F1} 는 이 목적을 위해 위의 관계들을 사용하여 각 w_{F2} 별로 유사하게 계산될 수 있다.

원통형 톨 및 원추형 워크피스

여기에서 기술되는 방법은 원추형 워크피스들의 창성 연삭으로 이전될 수 있고, 여기서 연삭은 일반적으로 대각 창성 방법에 의해 실행되어야만 한다. 식 (1)에 따른 수정을 가지는 원통형 워름의 경우가 여기에서 먼저 고찰된다. 워름 및 워크피스는 다시 키네마틱스가 식 (6)에 의해 제공되는 연속 창성 기어열을 형성한다. 다시 워름 및 워크피스 사이에는 이론적인 점접촉이 또한 존재한다. 워크피스 및 워름 사이의 접촉점의 진행은 수학적으로 다음과 같이 기술될 수 있다:

$$z_{F1} = C_{Fw1} \cdot w_{F1} - z_{V1} + C_{FzV21} \cdot z_{V2} + C_{Fc1} \quad (53)$$

$$z_{F2} = C_{Fw2} \cdot w_{F2} + C_{FzV22} \cdot z_{V2} + C_{Fc2} \quad (54)$$

여기에서 도입되는 계수들(C_{Fw1} , C_{Fc1} , C_{Fw2} , C_{FzV22} , C_{FzV21} 및 C_{Fc2})은 다음의 종속성들을 가진다:

$$C_{Fw1} = C_{Fw1}(\beta_{bF1}) \quad (55)$$

$$C_{Fc1} = C_{Fc1}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1) \quad (56)$$

$$C_{Fw2} = C_{Fw2}(\beta_{bF2}) \quad (57)$$

$$C_{Fc2} = C_{Fc2}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_2) \quad (58)$$

$$C_{FzV22} = C_{FzV22}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_2) \quad (59)$$

$$C_{FzV21} = C_{FzV21}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_2) \quad (60)$$

식 (34)는:

$$\hat{C}_{Fw1} \cdot w_{F1} + \hat{C}_{Fw2} \cdot w_{F2} + \hat{C}_{FzV2} \cdot z_{V2} + \hat{C}_{Fc} = 0 \quad (61)$$

에 의해 대체된다.

여기에서 도입되는 계수들($\hat{C}_{Fw1}$, $\hat{C}_{Fw2}$, $\hat{C}_{FzV2}$ 및 $\hat{C}_{Fc}$)은 다음의 종속성들을 가진다:

$$\hat{C}_{Fw1} = \hat{C}_{Fw1}(\beta_{bF1}) \quad (62)$$

$$\hat{C}_{Fw2} = \hat{C}_{Fw2}(\beta_{bF2}) \quad (63)$$

$$\hat{C}_{FzV2} = \hat{C}_{FzV2}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, \gamma, \vartheta_2) \quad (64)$$

$$\hat{C}_{Fc} = \hat{C}_{Fc}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_2) \quad (65)$$

원추형 워크피스들의 경우에, 식 (53)은 z_{F1} , w_{F1} 및 z_{V1} 사이의 관계가 z_{V2} 에 대한 의존성을 추가로 가지는 것을 보이고 있다. 이것은 식 (39)가 일반적으로 고정된 z_{V1} 에 더이상 적용되지 않고, $z_{F1} - C_{Fw1} \cdot w_{F1}$

는 z_{V2} 에 좌우되는 결과를 가지고, 이에 의해 접촉 경로는 워 상에서 행정 중에 시프트된다. 본 발명에 따라 워 상에 고정된 접촉 경로를 잡아두기 위하여, 행정 중에 z_{V1} 이 z_{V2} 에 선형으로 종속되는 대각 창성 연삭이 적용될 수 있다. 연삭이 일정한 대각비로 수행되면, z_{V1} 는 z_{V2} 의 함수이고 다음의 식이 적용된다:

$$z_{V1}(z_{V2}) = K_{z_{V1}} \cdot z_{V2} + z_{V01} \quad (66)$$

$K_{z_{V1}}$ 는 이 점에 있어서 대각비이고 z_{V01} 는 여기에서 기술되는 수정들을 워 상의 상이한 지점들에 정위하고 사용될 수 있는 워 상의 영역을 선택하는 것을 가능하게 하는 고정 오프셋(offset)이다. $K_{z_{V1}} \neq 0$ 이면, 대각 창성 방법이 증명된다. $K_{z_{V1}} = C_{Fz_{V2}1}$ 는 시프트되지 않는 접촉 경로를 달성하기 위하여 식 (53)으로부터 직접 도출된다. 그러나, 일반적으로, 좌 및 우 플랭크들에 대한 상이한 대각비는 결과적으로 이 조건들을 통해 발생된다. 창성 연삭은 그러므로 처음에는 단지 본 발명에 따른 방법을 사용하여 하나의 플랭크에서만 가능하다.

식 (66)에 따른 z_{V1} 이 식 (53)에서 대체되면, z_{F1} 및 w_{F1} 사이의 관계는 위에서 보인 계산 방법이 다시 w_{F2} 및 x_{F1} 사이의 관계를 전달하도록 z_{V2} 와 관계없이 발생한다. 그러나, 원추형 워크피스들의 경우에, 이 관계는 일반적으로 더 이상 z_{F2} 과 독립적이지 않은데, 이는 식 (54)에 의해 제거될 수 있는 z_{V2} 에 대한 식 (61)에서의 관계의 종속성으로부터 도출된다. 그러나, 점감(taper)에 의해서 워크피스 상의 프로파일 수정의 희망하는 위치가 기어링 너비에 걸쳐 시프트되는 것이 보통이다. 그러므로 후단에서의 희망하는 팁 릴리프의 시작은 예를 들어 선단에서보다 더 큰 창성 경로에 있다. 이것은 w_{F2} , z_{F2} 및 x_{F1} 사이의 관계가 선형인 위의 식으로부터 직접 기인하고; 여기에서 기술되는 방법에 의해 제작되는 팁 릴리프의 시작은 그러므로 예를 들어 워크피스의 너비에 걸쳐 창성 경로에서 선형으로 변경될 것이고 그러므로 팁 릴리프의 시작은 워크피스의 $w - z$ 도에서 직선을 기술한다. 이 직선의 방향은 워의, 특히 프로파일 각의 매크로 기하구조에 의해 영향을 받을 수 있다. 그와 같은 워의 프로파일 각 변화는 워 및 워크피스가 서로 계속 맞물려 있는 한 가능하다. 이 직선의 방향에 직접적으로 영향을 미치는 다른 가능성 있는 것은 행정 중에 워 상의 접촉 경로가 시프트되므로 되도록이면 상이하게 수정되어 있는 워의 상이한 영역들이 사용되는 대각 창성 방법을 사용하는 것일 수 있다. 그와 같은 방법은 DE 10 2015 000 907에 기술되어 있다. 워크피스 상의 그와 같은 수정은 그 후에 삼각 엔드 릴리프(end relief)로서 처리될 것이다.

원추형 워크피스의 2-플랭크 연삭은 원추형 툴을 사용함으로써 가능해진다.

원추형 툴 및 원추형 워크피스

원추형 툴 및 원추형 워크피스에 대한 계산은 이전에 논의된 결합들과 유사하게 발생한다. 워 및 워크피스는 식 (7)에 의해 제공되는 키네마틱스를 지니는 연속 창성 기어열을 다시 형성한다. 다시 워 및 워크피스 사이의 이론적인 점 접촉이 또한 존재한다. 워크피스 및 워 사이의 접촉점의 진행은 수학적으로 다음과 같이 기술될 수 있다.

$$z_{F1} = C_{Fw1} \cdot w_{F1} + C_{Fz_{V1}1} \cdot z_{V1} + C_{Fz_{V2}1} \cdot z_{V2} + C_{Fc1} \quad (67)$$

$$z_{F2} = C_{Fw2} \cdot w_{F2} + C_{Fz_{V1}2} \cdot z_{V1} + C_{Fz_{V2}2} \cdot z_{V2} + C_{Fc2} \quad (68)$$

여기에서 도입되는 계수들(C_{Fw1} , C_{Fc1} , C_{Fw2} , $C_{Fz_{V2}2}$, $C_{Fz_{V1}1}$, $C_{Fz_{V2}1}$, $C_{Fz_{V1}2}$ 및 C_{Fc2})은 다음의 종속성들을 가진다:

$$C_{Fw1} = C_{Fw1}(\beta_{bF1}) \quad (69)$$

$$C_{Fc1} = C_{Fc1}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (70)$$

$$C_{FW2} = C_{FW2}(\beta_{bF2}) \quad (71)$$

$$C_{Fc2} = C_{Fc2}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (72)$$

$$C_{FzV22} = C_{FzV22}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (73)$$

$$C_{FzV21} = C_{FzV21}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (74)$$

$$C_{FzV12} = C_{FzV12}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (75)$$

$$C_{FzV11} = C_{FzV11}(\beta_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF1}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (76)$$

식 (34)는:

$$\hat{C}_{FW1} \cdot w_{F1} + \hat{C}_{FW2} \cdot w_{F2} + \hat{C}_{FzV1} \cdot z_{V1} + \hat{C}_{FzV2} \cdot z_{V2} + \hat{C}_{Fc} = 0 \quad (77)$$

으로 대체된다.

여기에서 도입되는 계수들($\hat{C}_{FW1}$, $\hat{C}_{FW2}$, $\hat{C}_{FzV1}$, $\hat{C}_{FzV2}$ 및 $\hat{C}_{Fc}$)은 다음의 종속성들을 가진다:

$$\hat{C}_{FW1} = \hat{C}_{FW1}(\beta_{bF1}) \quad (78)$$

$$\hat{C}_{FW2} = \hat{C}_{FW2}(\beta_{bF2}) \quad (79)$$

$$\hat{C}_{FzV1} = \hat{C}_{FzV1}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (80)$$

$$\hat{C}_{FzV2} = \hat{C}_{FzV2}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (81)$$

$$\hat{C}_{Fc} = \hat{C}_{Fc}(\beta_{bF1}, r_{bF1}, \beta_{bF2}, r_{bF2}, d, \gamma, \vartheta_1, \vartheta_2) \quad (82)$$

식 (67)은 또한 시프트되지 않는 접촉 경로가 단지 대각 창성 연삭에 의해서 다시 달성될 수 있도록 원추형 툴들의 경우에서의 z_{V2} 에 대한 추가적인 종속성을 보여준다. 이는 식 (67)로부터 대각비 $K_{zV1} = -C_{FzV21}/C_{FzV11}$ 에 대하여 도출된다. 원통형 툴들 및 원추형 워크피스들에 대한 계산 방법은 그러므로 다시 적용될 수 있고 이는 여기에서 또한 w_{F2} 및 X_{F1} 사이의 관계에 대한 것이며 이 관계는 다시 일반적으로 더 이상 z_{F2} 와 독립적이지 않다. 동일한 X_{F1} 와 연관되는 지점들은 여기에서 또한 직선 상에 있고, 이에 의해 w - z 도에서 기어링 너비에 걸친 프로파일 수정의 위치에 대한 일반적으로 희망하는 시프트는 원추형 기어링들에 의해 달성된다. 이 직선의 방향은 여기에서 워의 프로파일 각을 변경함으로써 그리고/또는 워의 원추각(ϑ_1)을 변경함으로써 영향을 받을 수 있다.

여기에서 일반적으로 좌 및 우 플랭크들에 대한 계산된 대각비는 단일 플랭크 연삭만이 가능하도록 상이하다. 그러나, 대각비가 양 측들에 대해 동일하도록 워의, 특히 원추각(ϑ_1) 및/또는 워의 프로파일 각의 기하구조를 선택하는 것이 가능하고, 이에 의해 2-플랭크 연삭이 가능해진다. 원추각(ϑ_1)은 특히 약 측들에서 상이하게 대각비에 영향을 미친다. 대각비의 툴의 기하구조에 대한 종속성은 결과적으로 계수들(C_{FzV21} 및 C_{FzV11})의 대응하는 종속성들로부터 발생한다.

여기에서 편위 대각비에 의한 대각 창성 연삭으로의 전이는 또한 DE 10 2015 000 907에 마찬가지로 기술되어 있는 추가 가능성을 제공한다.

[0357] 톨 상의 그리고 워크피스 상의 접촉 경로들을 계산하는 계산 방법

[0358] 다음에는, 이송들에 따라 위에서 사용되는 접촉 경로들이 계산될 수 있는 계산 방법을 보일 것이다. 워크피스 및 톨 사이의 접촉에 대한 이 계산은 하나하나 각각 워크피스 및 톨에 대한 랙(rack)인, 2개의 이론적인 랙들 (또한 기초 랙들로 칭해짐)의 도움으로 수행되고, 각각은 기어링들을 발생시킬 수 있는 사다리꼴, 일반적으로 비대칭인 프로파일들을 가진다. 톨 및 워크피스 모두가 인벌루트 기어링들이므로, 이 관찰은 톨 및 워크피스의 전환점에 대하여 대칭이다.

[0359] 도 7은 횡절면에서 우 인벌루트 플랭크가 프로파일 각(α_{twr})으로 창성 랙과 접촉하는 것을 예로서 도시한다. 기어링은 회전 각(φ)만큼 회전된다. 플랭크 및 랙 사이의 접촉은 α_{twr} 만큼 경사진 맞물림 평면(P_r)에서 일어난다. 플랭크 및 랙 사이의 접촉점은 결과적으로 모든 회전각들(φ)에 대하여 플랭크 및 맞물림 평면 사이의 교차점으로서 일어난다. 기어링이 회전하는 동안, 랙은 반경(r_w)을 갖는 피치 원(pitch circle)을 미끄럼 (slippage) 없이 롤오프(roll-off)하도록 수평으로 변위된다. 플랭크 및 랙은 이에 의해 접촉 상태로 유지된다. 기어링을 자체의 전체 너비로 기술하기 위하여, 랙 대 기어링의 상대 위치는 3D로 관찰되어야 한다. 이는 원통형 기어링의 경우 나선각(β_w)으로 피벗된다. 원추형 기어링의 경우에, 랙 대 기어링의 위치는 (Zierau) ([The Geometrical Design of Conical Gears and Pairs Having Parallel Axes], 보고서 번호 32, Institute For Construction Science, Braunschweig Technical University)에서 철저히 기술된다. 나선각(β_w) 만큼의 피벗 외에, 원추각(θ)만큼 경사가 일어난다(도 6을 참조할 것). 양 경우들에서, 랙은 법선 절단면에서 프로파일 각(α_{nwF})을 가진다. 각들(α_{twF} , α_{nwF} 및 β_w)뿐만 아니라 직각 모듈(normal module)(m_n) 및 정면 모듈(transverse module)(m_t)의 어떤 결합들은 원통형 기어링들의 경우에는 DIN 3960의 식의 세트로부터 그리고 원추 기어링들에 경우에는 추가적으로 [Zierau]로부터의 식의 세트로부터 소정의 기어링 결과들을 산출하는 것이 가능하다. 이에 필요한 식들은 좌 및 우측들에 상이한 프로파일 각들을 도입함으로써 비대칭 기어링들에 직접 전달될 수 있다.

[0360] 랙 대 기어링의 상대 위치 및 기하구조가 공지되면, 임의의 희망하는 너비 위치들에 대해 횡절면들이 결정되고 이들 내에서 랙 및 플랭크 사이의 접촉점이 결정될 수 있다. 개별 횡절면들에서의 모든 이 접촉점들은 회전각(φ)의 경우 맞물림 평면에서 직선(직선의 접촉 라인)을 형성한다. 이 접촉점들이 식 (3)에서의 파라미터화로부터 w 및 z 를 통해 기술되면, w , z 및 φ 사이의 선형 관계(R1)가 획득된다. 랙이 공간에서 고속으로 유지되면, 원통형 기어링들이 이것들을 축 방향으로 변위시키는 것이 가능하다. 이 축방향 이송(z_v)은 전형적으로, 워크피스의 경우 이 워크피스를 총 치 너비에 걸쳐 기계 가공하도록 세팅되고 톨의 경우 대각비를 세팅하도록 세팅된다. 기어링이 대개 2개의 플랭크들에서 랙과 접촉하는 것을 계속하도록, 기어링은 시프트 이외에 자체의 축을 중심으로 회전되어야 한다. 회전량은 기어링의 리드(lead)로부터 그리고 시프트 량의 결과이고, 회전 방향(rotational sense)은 스레드의 핸드(hand)로부터의 결과이다. 원추형 기어링들에 있어서, 이송(z_v)은 축 방향으로 발생하지 않지만, 오히려 이에 대하여 원추각(θ)만큼 경사진다. 회전각의 정정을 계산하는 데 필요한 리드는 원통형 기어링들의 경우와 동일한 식을 사용하여 β_w 및 m_t 로부터 계산된다. 횡절면들은 개별 횡절면들에서 접촉점들을 계산하기 위하여 축방향 이송 및 이에 대응하여 정정되는 회전 각들을 가지는 이송에 따라 관찰될 수 있다. w , z , z_v 및 φ 사이의 선형 관계(R2)는 접촉점들의 기술에 대한 (R1)으로부터 발생된다.

[0361] 기어링들의 2 세트들이 연속 창성 기어열에서 쌍을 이루고 있으면, 이들의 2개의 랙들은 도 5에 도시되는 바와 같이, 항상 합치되어야 한다. 이것은 프로파일 각들(α_{nwF})이 기어링의 양 세트들 모두에 대하여 동일해야 한다는 것을 암시한다. (R3)는 더욱이 이로부터 도출된다: $\gamma + \beta_{w1} + \beta_{w2} = 0$. 이 조건으로 인하여 프로파일 각들은

두 랙들의 법선 절단면에서 또는 횡절면에서 서로 맞물릴 수 있는 2개의 소정의 기어링들의 세트에 대한 소정의 축방향 교차 각으로부터 결정되는 것이 가능하다. 웜의 기초 나선각들 및 기초 원 반경들의 변경은 그러므로 프로파일 각 및/또는 원추각 및/또는 축방향 교차 각의 변경과 등가이다.

[0362] 랙들이 항상 합치되도록, 결과적으로 두 이송들 및 두 회전각들 사이에는 선형 제약(R4)이 있다.

[0363] 두 이송들 및 두 회전각들이 공지되면, 두 기어 치들의 세트의 접촉점은 두 직선의 접촉 라인들의 교차점을 계산함으로써 직접적으로 결정될 수 있다. 기어(1) 또는 기어링(2) 상의 접촉점을 기술하는 파라미터들(Z_{F1} 및 W_{F1} 또는 Z_{F2} 및 W_{F2})은 φ_1 , φ_2 , Z_{V1} 및 Z_{V2} (R5)에 선형으로 좌우된다(R5). 이 관계들에서 회전각들이 제거되면, 구하고자 하는 접촉 경로들(R6)이 된다.

[0364] 선형 관계(R7)는 W_{F1} , W_{F2} , Z_{V1} 및 Z_{V2} 사이에서는 그리고 양 기어링들의 세트들에 대해서는 φ_1 및 φ_2 를 제거함으로써 (R4) 및 (R2)로부터 도출되고, 이 선형 관계는 이송에 따라, 기어링(1) 상의 어떤 창성 경로가 기어링(2) 상의 어떤 창성 경로와 접촉하는지를 기술한다.

[0365] 톨 및 워크피스가 서로 맞물리도록 다음이 적용되어야 한다:

$$m_{bF1} \cdot \cos \beta_{bF1} = m_{bF2} \cdot \cos \beta_{bF2} \quad (83)$$

[0367] 방금 기술된 방법 또는 인벌루트 기어링들에 대한 대안으로, 시뮬레이션 계산의 도움으로 피치각들 사이의 관계 (R7) 및 접촉 경로들(R6)을 수행하는 것이 또한 가능하다. 그와 같은 시뮬레이션들에 의해 소정의 톨로부터, 특히 웜으로부터 그리고 소정의 키네마틱스로부터, 특히 톨 및 워크피스 사이의 소정의 상대 위치로부터 워크피스의 정확한 기하구조를 계산하는 것이 가능하다. 그와 같은 시뮬레이션들은 이 시뮬레이션들에 의해 워크피스의 그리고 톨의 이송에 따라 톨 상의 어떤 지점이 워크피스 상의 어떤 지점을 제작하는지를 결정하는 것이 또한 가능하도록 확장될 수 있다. 이 경로에서, 이 경로가 비 인벌루트 프로파일들에 대하여 또한 사용될 수 있도록 인벌루트 프로파일들이 사용되지 않는다. 이에 적합한 알고리즘이 다음에 설명될 것이다.

[0368] 이 목적을 위해, 대개 수정되지 않은 워크피스가 먼저 검토된다. 이전에 고정된 길이를 가지는 수직 방향으로의 벡터들은 이 워크피스의 치들 상에 좌표들(W_{F2}, Z_{F2})을 가지는 개별 지점들 상에 배치된다. 벡터들의 길이는 비 수정된 워크피스에 대하여 연삭하기 이전의 워크피스의 허용차에 대응한다. 대는 전형적으로 아주 커서 이후에 기술되는 시뮬레이션 동안 각각의 벡터가 적어도 한번은 짧아지도록 선택된다. 치들 상의 지점들의 수는 결과의 정확도를 결정한다. 이 지점들은 바람직하게는 등거리로 선택된다. 워크피스 대 웜의 상대 위치는 예를 들어, 키네마틱 연쇄(K_r)에 의해 매번 명기된다. 모든 벡터들의 웜과의 교차는 이산의 시간들의 각 시간에서 계산된다. 벡터가 웜과 교차하지 않으면, 벡터는 변하지 않고 유지된다. 그러나, 벡터가 웜과 교차하면, 교차점이 계산되고 벡터는 상당히 단축되어 벡터는 바로 이 교차점에서 종료된다. 더욱이 교차점의 웜 축으로부터의 간격, 즉 교차점의 웜(r_{F1}) 상에서의 반경은 방금 단축된 벡터에 대한 추가 정보로서 계산되고 저장된다. 좌표들의 정정들이 여기에서 연삭 동안 변경되지 않으므로, 워크피스의 소정의 반경(r_{F2}) 상의 또는 소정의 창성 경로(W_{F2}) 상의 모든 벡터들은 시뮬레이션이 웜의 총 너비에 걸쳐 수행된 후에 대략 동일한 길이를 가진다.

[0369] 길이들에서의 약간의 차들은 여기에서 기술되는 알고리즘이 시간의 이산화(discretization)로 인하여, 창성 동안의 창성 컷들과 유사하게, 마킹들을 발생시킨다는 사실로부터 기인한다. 이 마킹들, 그리고 따라서 워크피스의 소정의 반경에서의 벡터들의 길이들의 차는 시간 단계들의 축소와 증가인 시간의 더 미세한 이산화에 의해 감소될 수 있다. 시뮬레이션이 워크피스의 총 너비에 걸쳐 수행되지 않고, 오히려 워크피스의 소정의 축방향 시프트 위치(Z_{V2})에서 중단되면, 이미 접촉 경로가 넘어 지나간 벡터들만이 웜 상의 소정의 반경에 대해 대략 동일한 길이를 가진다. 남은 벡터들은 원래 선택된 길이를 가지거나 적어도 한번 이미 축소되었지만, 아직 최종 길이를 가지지 않는데 왜냐하면 이것들은 이후의 시간에 다시 단축될 것이기 때문이다(도 8를 참조할 것). 이 사실은 워크피스 및 웜의 현재의 이송들에 대한 접촉 경로를 대단히 정확하게 결정하는 데 활용될 수 있다. 위

크피스 상의 소정의 반경(r_{F2}) 상의 또는 창성 경로(w_v) 상의 모든 벡터들은 이 목적을 위해 관찰되고 어떤無比 라인 위치들에서 대략 동일한 길이를 가지는 벡터들로부터 서로 상이한 길이를 가지는 벡터들로의 전이인지가 결정된다. 연속 창성 기어열이 워크피스 및 웜의 전환에 대하여 대칭이므로, 웜 상의 접촉 경로는 동일한 방식으로 결정될 수 있다. 인벌루트 경우에 워크피스 및 웜이 모두 원통형이면, 식 (28) 또는 식 (29)로부터의 계수들은 예를 들어, 이 방식으로 계산되는 접촉 경로 상의 지점들로부터의 곡선 적합(curve fitting)에 의해 결정될 수 있다. 벡터들이 어떤 접촉 경로를 따라 연장되는지가 결정되면, 이전에 이들에 대해 저장된 웜 상의 반경들(r_{F1})이 판독될 수 있고 그러므로 워크피스 상의 각각의 반경(r_{F2}) 별로 이 워크피스가 웜 상의 어떤 반경(r_{F1})에 의해 연삭되었는지가 결정될 수 있다. 이 반경들은 창성 경로들로 전환될 수 있다. 식 (34)로부터의 계수들은 예를 들어, 원통형 워크피스들 및 원통형 웜들에 대한 이 값 쌍들로부터 곡선 적합에 의해 결정될 수 있다.

[0370] 인벌루트 경우에 웜이 원추형이고 워크피스가 원통형이면, 적어도 2개의 상이한 이송들(z_{v1})에 대한 접촉 경로는 식 (40), 식 (41) 및 식 (48)에서 z_{v1} 이전의 계수들을 추가로 결정하기 위하여 결정되어야만 한다. 유사한 방식에서, 워크피스가 원추형이고 웜이 원통형일 때 적어도 2개의 상이한 피드들(z_{v2})이 고찰되어야 한다. 워크피스 및 웜이 원추형이면, 식 (67), 식 (68) 및 식 (77)로부터 모든 계수들을 결정하기 위하여 적어도 2개의 피드들(z_{v1}) 및 적어도 2개의 피드들(z_{v2})에 대한 접촉 경로들이 고찰되어야 한다.

[0371] 다른 수정들과의 중첩

[0372] 종래 기술로부터 공지되어 있는 수정들은 여기에서 기술된 방법을 사용하여 제작될 수 있는 순 프로파일 수정들에 대한 간섭없이 추가로 중첩될 수 있다. 한편, 이것들은 부가적으로 사용되는 드레서에 저장될 수 있는 순 프로파일 수정들이다. 그러므로 여기에서 기술된 방법을 사용하는 특정한 제약들 내에서, 프로파일 수정을 저장하는 드레서를 사용하여, 웜 상에 그리고 이에 따라 워크피스 상에 상이한 자유 프로파일 수정을 제작하는 것 또한 가능하다. 이 목적을 위해서, 희망하는 프로파일 수정으로부터의 그리고 드레서에 저장되어 있는 프로파일 수정으로부터의 차만이 여기에서 기술된 방법으로 제작되어야만 한다. 예를 들어, 한편, 프로파일 크라운닝들은 그러므로 변경 또는 제작될 수 있지만, 톱 킬리프들 및/또는 루트 킬리프들은 예를 들어 드레서가 이미 그것들을 저장하고 있는지 또는 그것들이 어떤 양 또는 어떤 길이를 가지는 것과는 관계없이 자유로이 생성될 수 있다.

[0373] 예를 들어, 드레서가 프로파일 크라운닝을 저장하면, 달성되는 프로파일 크라운닝이 드레서 상의 프로파일 크라운닝으로부터 벗어나도록 여기에서 기술된 방법으로 추가 프로파일 크라운닝이 제작될 수 있다.

[0374] 기어링들 상에 수정들을 제작하는 종래 기술 DE10208531로부터 공지되는 추가 방법은 연삭 공정 동안 키네마틱스를 정정하는 것을 포함한다. 그와 같은 수정들은 예를 들어 축방향 간격을 변경함으로써 그리고/또는 회전각을 정정함으로써 그리고/또는 이송들을 정정함으로써 구현될 수 있다. 그와 같은 정정들은 항상 접촉 경로를 따라 영향을 미치고 이를 따라 동일한 값을 가진다. 이 방법에 의해 제작될 수 있는 수정들은 그러므로 식 (1)에 의해 또한 기술될 수 있다. 그러나, ρ_{KF} 에 의해 제공되는 방향은 이 방법에서 영향을 받지 않을 수 있는데 왜냐하면 이는 단지 워크피스의 기초 나선각에만 좌우되기 때문이다. 이 수정 f_{KFt} 은 다음과 같이 수학적으로 기술될 수 있다:

$$f_{KFt}(w_F, z_F) = F_{KFt}(w_F \tan \rho_{KF} + z_F) \quad (84)$$

[0376] 이 점에 있어서, 함수들 F_{KFt} 은 임의의 희망하는 연속 함수들일 수 있다. 연삭 키네마틱스의 필요한 정정들은 좌 및 우 플랭크들에 대한 함수들 F_{KFt} 로부터 계산될 수 있다. 자연적으로 비틀린 크라운닝들 또는 또한 왜곡된 엔드 킬리프들은 예를 들어, 이 방법을 사용하여 제조될 수 있다.

[0377] 대각 창성 연삭과는 별개로 또는 연삭이 원통형 워크피스 상에서 수행되어야 하는 규정되는 시프트 위치와는 별개로, 본 출원의 기저인 본 발명에서는 연삭 키네마틱스의 정정이 필요하지 않으므로, 연삭 키네마틱스의 정정 및 이에 따른 식 (84)에 따른 수정은 간섭 없이 추가로 중첩될 수 있다.

[0378] **틀의 분리 및 활용**

[0379] 여기에서 기술된 방법을 사용하여 워크피스를 연삭하기 위하여, 특정한 너비를 가지는 웜 상에는 영역이 필요하다. 이 너비는 일반적으로 축방향 창성 연삭에서와 같이, 플랭크마다, 웜의 너비 방향에서의 접촉 경로(22)의 범위에 대응한다. 상기 방법이 원추형 워크피스들에 적용되는 연삭은 인정컨대 대각이지만, 접촉 경로는 웜 상의 실제로 사용되는 영역의 너비가 축방향 창성 연삭에서의 너비와 대응하도록 시프트되지 않는다. 웜을 최적으로 활용하기 위해, 그와 같은 영역들이 웜 상에 복수개로 적용될 수 있다. 그러나, 이 영역들의 각각에서는 프로파일 수정이 정확하게 제작될 수 있는 단 하나의 접촉 경로가 존재하고, 이에 의해 웜의 면 중 적어도 일부만이 사용될 수 있다. 웜을 더 효율적으로 사용할 수 있기 위하여, 웜을 시프트함으로써 이상적인 접촉 경로에 대하여 미세하게 시프트되는 접촉 경로들을 활용하는 것 또한 가능하다. 원추형 워크피스들 및 이에 필요한 대각 창성 연삭의 경우에, 시프트하는 것은 고정 오프셋(Z_{v01})의 변경에 대응한다. 도 3에서, 23은 이상적인 접촉 경로(22)에 대한 그러한 접촉 경로 오프셋을 표기한다. 이것이 연삭 중에 사용되면, 프로파일 수정의 시프트는 결과적으로 워크피스의 팁의 방향이 되는, 즉 도시되는 예에서, 릴리프의 시작이 더 외향하여 시프트된다. 이것이 허용되는 공차의 프레임워크 내에서 가능하다면, 그와 같은 접촉 경로는 또한 여기에서 활용될 수 있다. 웜이 거친 기계 가공에 그리고 미세 기계 가공에 사용되면, 거친 기계 가공에 대해서만 오프셋 접촉 경로들을 사용하고 미세 기계 가공에 대해서 이상적인 접촉 경로들을 사용하는 것이 또한 가능하거나; 또는 이상적인 접촉 경로들 외에, 미세 기계 가공에 대해서는 단지 미세하게 시프트된 접촉 경로들만이 사용되고 거친 기계 가공에 대해서는 접촉 경로들이 큰 양으로 시프트된다. 이에 의해 영역당 더 넓은 스트립(strip)을 사용하고 따라서 웜의 더 큰 활성면을 가지는 것이 가능해진다. 거친 기계 가공에 대해 이 영역을 사용하기 위해 비 수정 방식으로 웜의 일부를 드레싱하는 것 또한 가능하다.

[0380] **접촉 라인에 따른 일정하지 않은 수정**

[0381] 접촉 경로가 이상적인 접촉 경로에 대하여 시프트될 때 희망하는 수정에 대해 발생하는 편위들을 줄이기 위하여, 드레싱 및 웜 사이의 접촉 라인에 따른 수정이 일정하지 않은 경우가 장점이 될 수 있다. 웜의 드레싱 상에서 모든 이용 가능한 자유도들을 활용함으로써 w에서 적어도 대략 1차 또는 2차인 수정을 제작하는 것이 가능하다. 그러한 경우 웜 상의 위상 수정은 적어도 근사적으로:

$$f_{Ft1}(w_{F1}, z_{F1}) = F_{Ft1C}(X_{F1}) + F_{Ft1L}(X_{F1}) \cdot w_{F1} + F_{Ft1Q}(X_{F1}) \cdot w_{F1}^2 \quad (85)$$

[0383] 로서 기재될 수 있다.

[0384] 희망하는 1차 또는 2차 수정을 달성하기 위해 X_{F1} 에 의해 제공되는 접촉 라인을 따라 어떤 축방향 정정들이 필요한지는 예를 들어 상술한 시물레이션을 반복해서 사용하는 이 방식에서 획득되는 수정의 축방향 정정들 및 결정의 변동에 의해 결정될 수 있다.

[0385] 함수들(F_{Ft1C} , F_{Ft1L} 및 F_{Ft1Q})은 다음과 같이 결정될 수 있다: F_{Ft1C} 는 워크피스 상의 수정이 접촉 라인을 따라 정확하게 달성되도록 접촉 경로를 따른 일정한 수정의 경우에 대해 위와 같이 결정된다. 그리고나서 함수들(F_{Ft1L} 및 F_{Ft1Q})은 워크피스 상에서 발생하는 희망하는 수정으로부터의 편위가 접촉 경로들의 대역에 대해 또는 이산의 스폿된 접촉 경로들에 대해 최소가 되도록, 예를 들어, 곡선 적합에 의해 결정된다. 이 점에 있어서, 편위들은 프로파일에 따른 상이한 공차들을 고려하기 위해 선택사양으로 창성 경로에 따라 상이하게 가중될 수 있다. 시프트되는 접촉 경로들의 거리 또는 대역의 너비는 워크피스 상에서 발생하는 편위가 모든 접촉 경로들에서의 공차 내에 있도록 반복해서 결정될 수 있다. 이 점에 있어서, 미세 기계 가공을 위해 더 타이트한 공차를 가지는 접촉 경로들이 결정될 수 있고 거친 기계 가공을 위해 더 큰 공차를 가지는 영역들이 결정될 수 있다.

[0386] **비 인벌루트 기어링들에 있어서의 적용**

[0387] 이전에 기술된 바와 같은 방법은 또한 비 인벌루트 기어링들 또는 프로파일들로 바로 확장될 수 있고, 여기서

기어링들은 또한 다시 비대칭이고/이거나 원추형일 수 있다. 이 점에 있어서, 인벌루트 기어링들에 대해 위해 표시된 선형 관계들은 일반적으로 선형이 아니다. 여기서 파라미터(w_F)는 더 이상 인벌루트 기어링들로부터 공지되는 창성 경로에 대응하지 않고, 오히려, 더 일반적으로, 기어링의 프로파일을 파라미터화하는 파라미터로 고려된다. 그러나, 접촉 경로들의 결정에 대한 대안으로서 표시되는 시물레이션에 있어서 그리고 웜 상의 포인트들을 워크피스 상의 포인트들로 매핑하는 것에 있어서, 이것들은 또한 비 인벌루트 프로파일들로 결정될 수 있다. 드레서 및 웜 사이의 접촉 라인 및 웜 상에서 이 결과에 따른 수정들은 마찬가지로 드레싱 동안 축방향 정정들에 따른 상술한 드레싱 시물레이션에 의해 결정될 수 있다. 그러나, 비선형 관계는 일반적으로 여기서는 이후에 식 (24)에 의해 기술되는 접촉 라인의 진행의 경우 w_{F1} 및 z_{F1} 사이에서의 결과이다. 인벌루트 프로파일들에 있어서와 같이, 웜 너비를 따른 함수(b_x)를 통해 접촉 라인을 암시적으로 기술하는 파라미터(x_{F1}) 또한 여기서 도입될 수 있다:

$$b_x(w_{F1}, z_{F1}) = x_{F1} \quad (86)$$

이 식은 식 (25)의 일반화를 표현한다. 웜에 적용되는 수직 방향으로의 위상 수정은 식 (1)의 일반화를 통해 기술될 수 있다.

$$f_{Fn1}(w_{F1}, z_{F1}) = F_{Fn1}(b_x(w_{F1}, z_{F1})) = F_{Fn1}(x_{F1}) \quad (87)$$

x_{F1} 는 그러므로 또한 x_{F1} 로의 접촉 라인이 파라미터(w_{F2})와 연관되는 w_{F1} 에서의 접촉 경로와 교차하도록 워크피스 상의 모든 파라미터(w_{F2})에 대하여 계산될 수 있다. 웜 상의 수정(F_{Fn1})은 그 후에 이 연관을 사용하여 워크피스 상의 수정(f_{Fn2})으로부터 계산될 수 있다.

$$F_{Fn1}(x_{F1}) = -f_{Fn2}(w_{F2}) \quad (88)$$

인벌루트 경우와는 대조적으로, 수정들은 여기에서 수직의 절면으로 고려되었다. 관계들 및 접촉 경로 및 접촉 라인 모두는 더 이상 선형 관계들에 의해 기술될 수 없으므로, 연관들은 보통 수치적으로 계산되어야만 한다.

도 4는 3개의 상이한 x_{F1} 에 대한 접촉 라인(35 내지 37)을 도시한다. 접촉 라인은 인벌루트 경우와 달리 곡선이다. 접촉 경로(32)는 또한 일반적으로 곡선이다.

상이한 매크로 기하구조에 대한 드레서들

드레서는 항상 단지 하나의 웜 기하구조와만 수학적으로 정확하게 정합한다. 웜의 매크로 기하구조가 변하면, 특히, 스프레드들의 수 및/또는 직경이 변하면, 드레서는 더 이상 정합되지 않고 드레싱 동안 원치 않는 프로파일 에러가 발생한다. 순 프로파일 각 에러가 종래 기술에 따라 드레서의 내향 피복에 의해 정정되는 반면에, 다른 프로파일 에러들은 정정될 수 없다. 인벌루트 기어링들에서, 예를 들어, 드레서가 드레싱될 웜과 정확하게 정합하지 않을 때 그에 따라 그 중에서도 특히 프로파일 크라우닝들이 발생한다. 그와 같은 프로파일 에러들은 이전에 정정될 수 없고 비 정합 드레서들은 사용될 수 없다. 그러나, 이제 여기에서 제시되는 방법을 사용하여 비정합 드레서로 인해 발생하는 프로파일 에러를 정정하는 것이 가능하다. 희망하는 프로파일 수정 및 비정합 드레서에 의해 발생하는 프로파일 에러 사이의 차로부터 기인하는 프로파일 수정은 이 목적을 위해 상기 방법을 사용하여 제작된다. 이에 의해 이미 이용 가능한 드레서들을 더 빈번하게 이용하는 것이 가능하고 새로운 드레서들에 대한 투가 비용들 및 드레서의 전달까지의 대기 시간 모두가 없어도 된다.

비정합 드레서 기하구조의 문제는 웜이 드레싱되도록 설계되지 않은 드레서가 사용되어야 할 때뿐만 아니라 웜 직경이 드레싱 사이클에 따라서 더 작아질 때에도 존재한다. 많은 경우들에서, 변하는 웜 직경에 의하여 발생하는 프로파일 에러들은 너무 작아더 이 에러들은 허용된 공차 내에 있게 된다. 그러나, 이는 웜 직경 대 연삭될 기어링의 모듈의 비가 너무 작아질 때 그리고/또는 스프레드들의 수가 아주 많을 때 더 이상 유효하지 않다. 작은 직경들을 가지는 웜들은 예를 들어, 더 큰 웜에 의한 창성 연삭이 간섭 윤곽으로 인해 더 이상 가능하지 않을 때 사용될 수 있다. 추가 적용은 큰 모듈 기어링들의 연삭이다. 사용될 수 있는 웜 직경들이 상향으로 제한되므로, 웜 직경 대 모듈의 비는 모듈이 증가할수록 감소한다. 또한 높은 테이블 속도들을 구현하기 위한 현대의 기

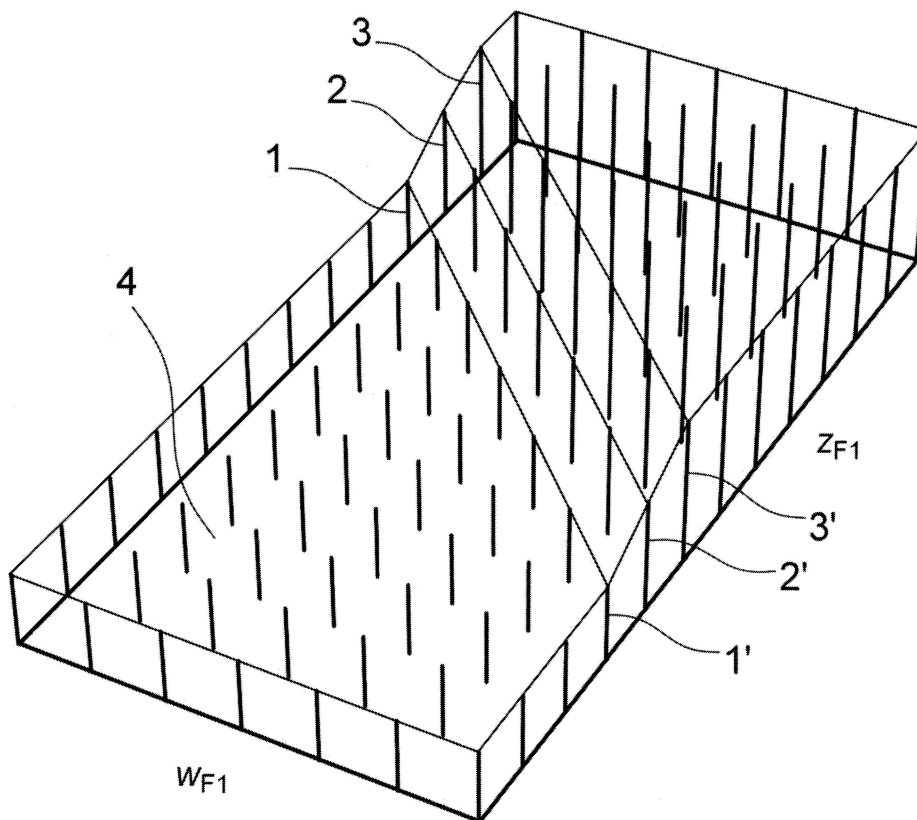
어 제조 기계들의 용량으로 인하여 더 큰 수들의 스타트(start)들을 가지는 웹들을 사용하는 것 또한 가능하다.

[0397]

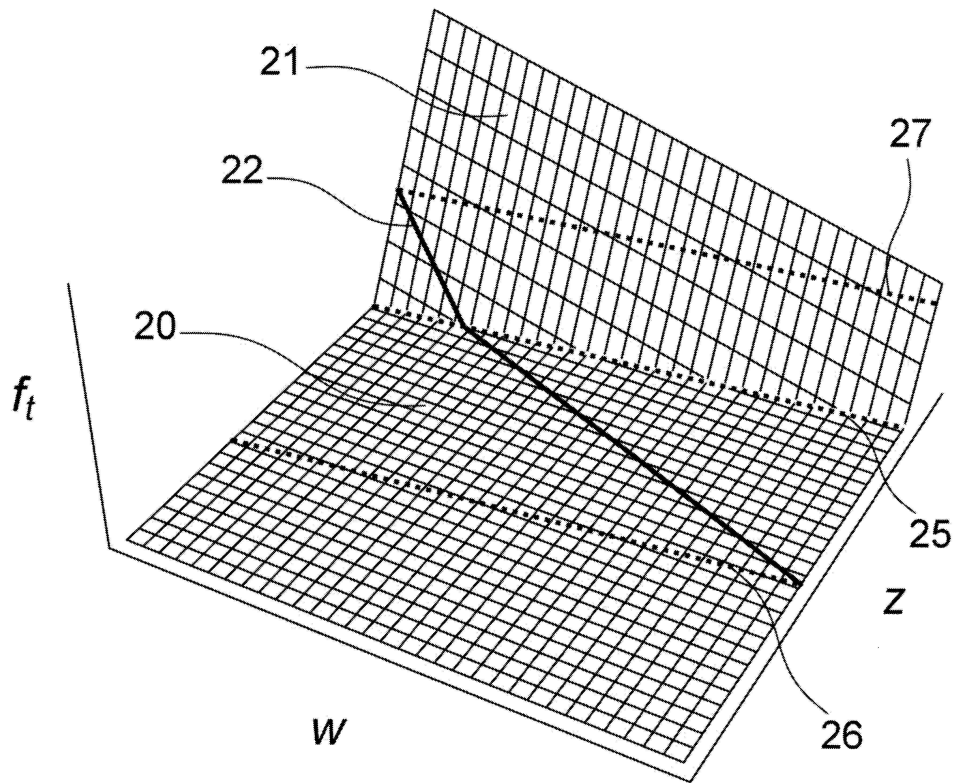
그와 같은 웹들이 사용되면, 새로운 상태로 웹에 대하여 구성되는 드레서는 드레싱이 종래의 방법에 따라 일어나면, 더 작은 반경의 경우에 원치 않는 프로파일 결함을, 인벌루트 웹들의 경우에 원치 않는 프로파일 크라운을 발생시킨다. 이 프로파일 에러 또는 이 프로파일 크라운이 공차 밖에서 웹 직경 아래에 있으면, 웹은 소정의 드레서를 사용하여 더 드레싱될 수 없고, 이에 의해, 최대 유용한 층 두께는 제한된다. 이 문제는 이전에는 단지 상이한 직경 범위들에 대해 상이한 드레서들을 사용함으로써 해결되는 것이 가능하였다. 그러나, 여기에서 기술된 방법에 의해서, 프로파일 형상을 단 하나의 드레서에 의해 큰 직경 범위에 걸쳐 일정하게 유지하는 것이 가능하다. 드레서는 이 목적을 위해 웹과 정합하지 않는 드레서가 된다.

도면

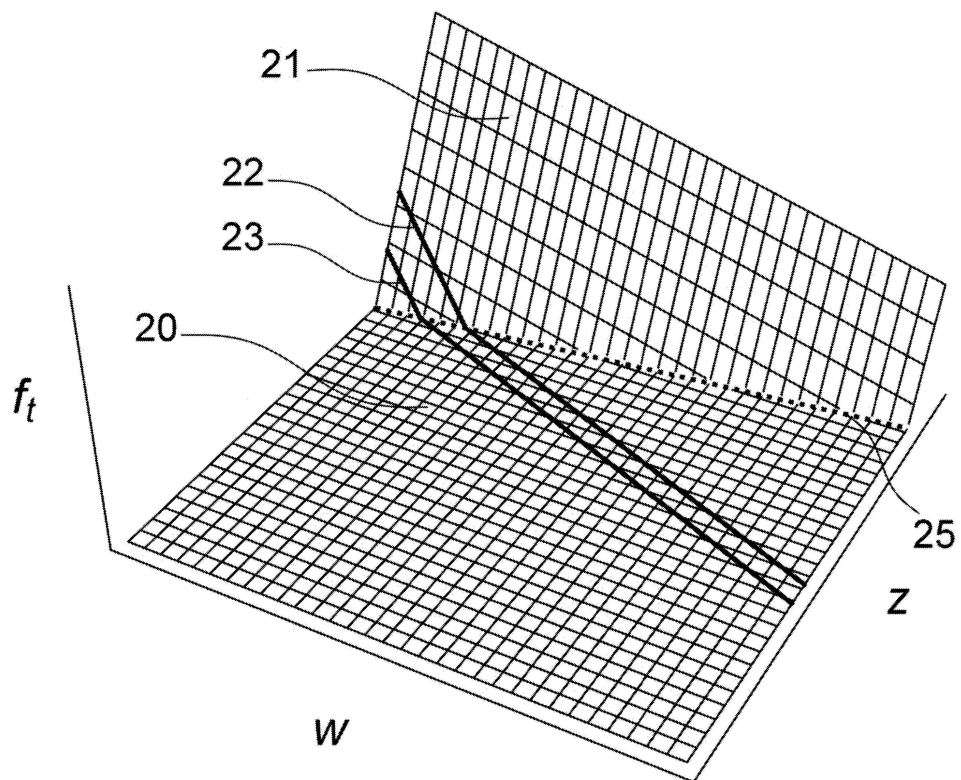
도면1



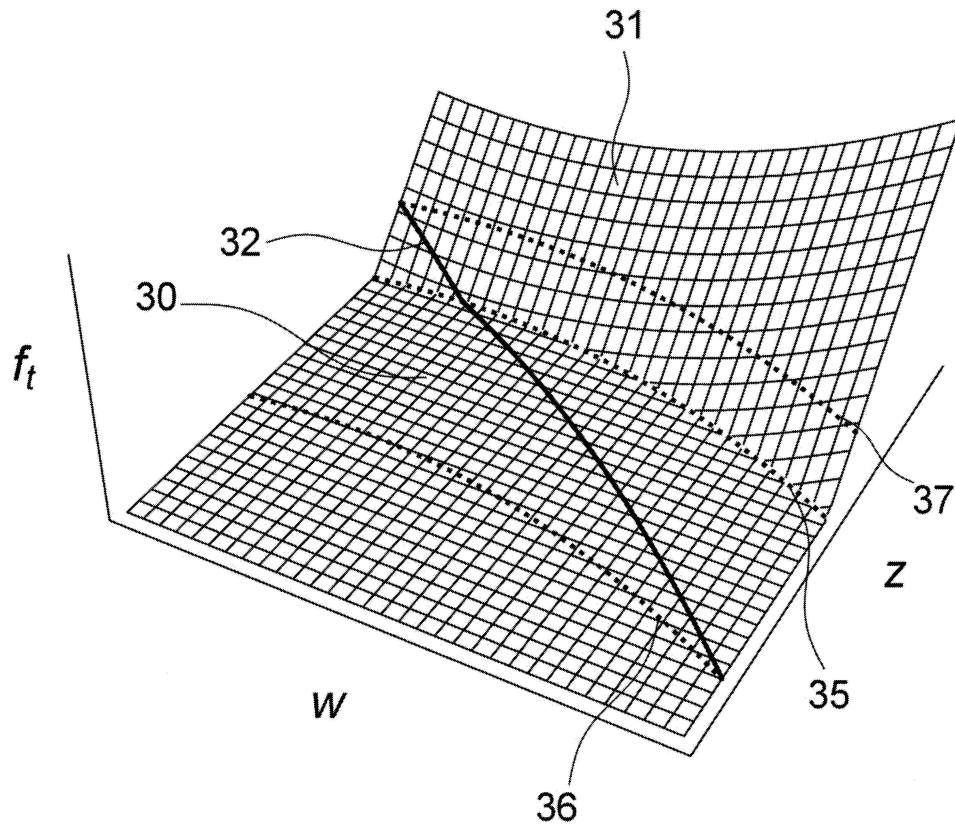
도면2



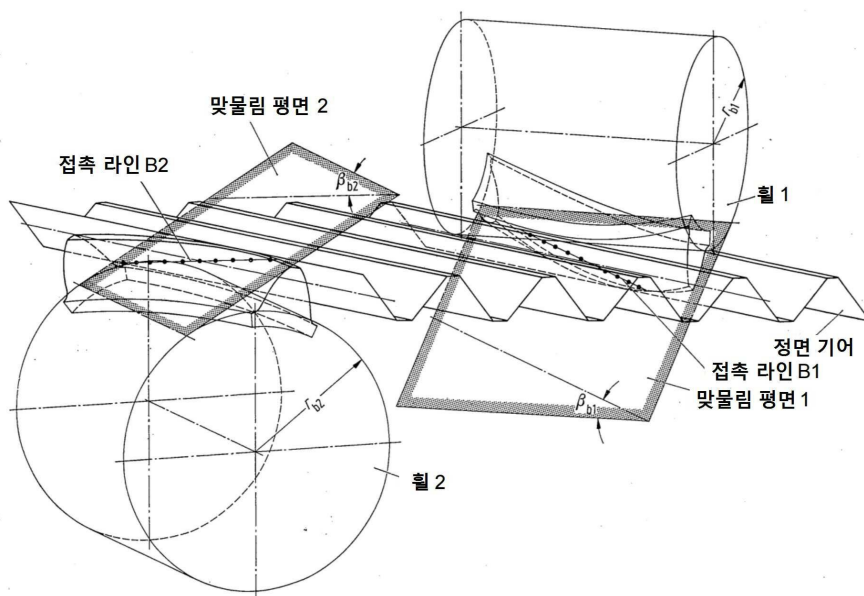
도면3



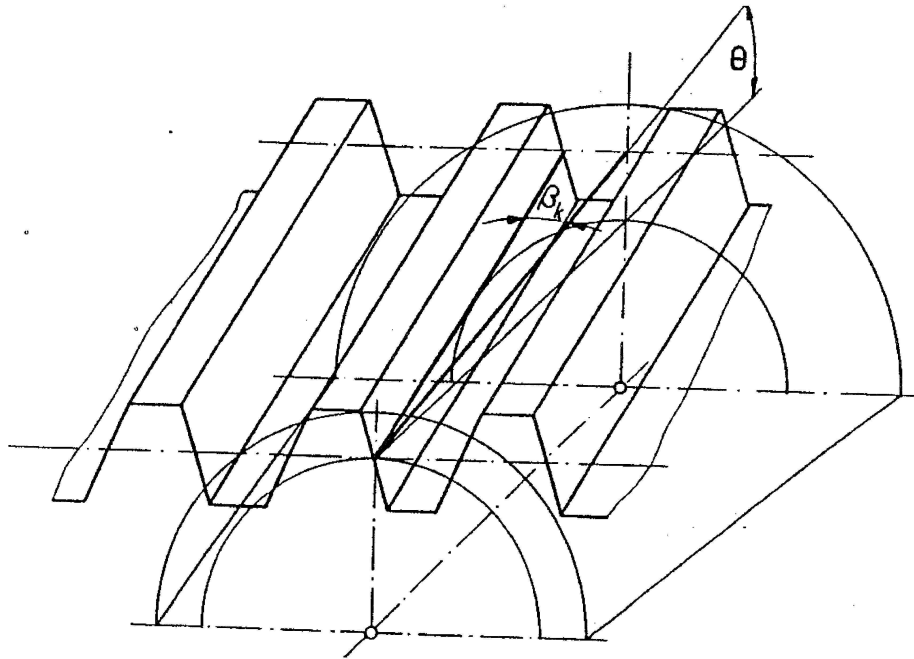
도면4



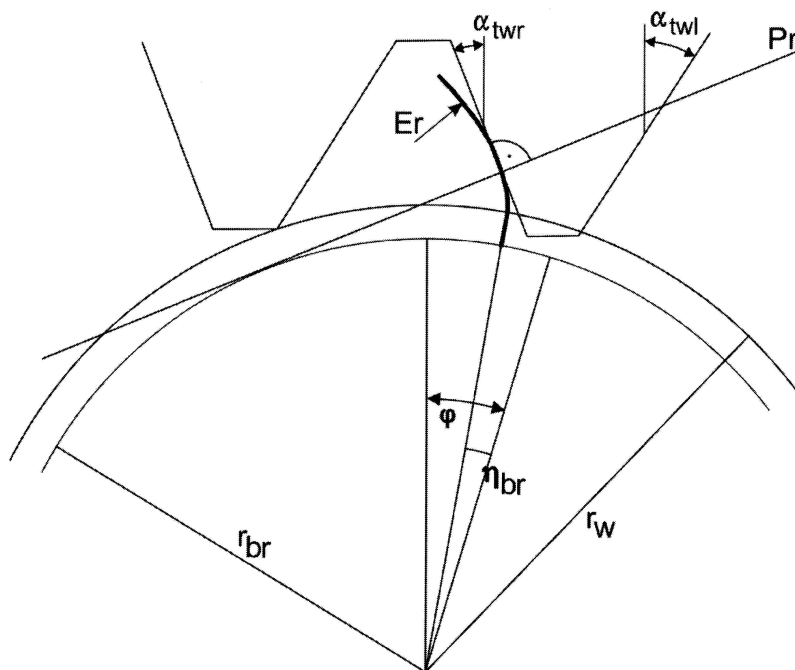
도면5



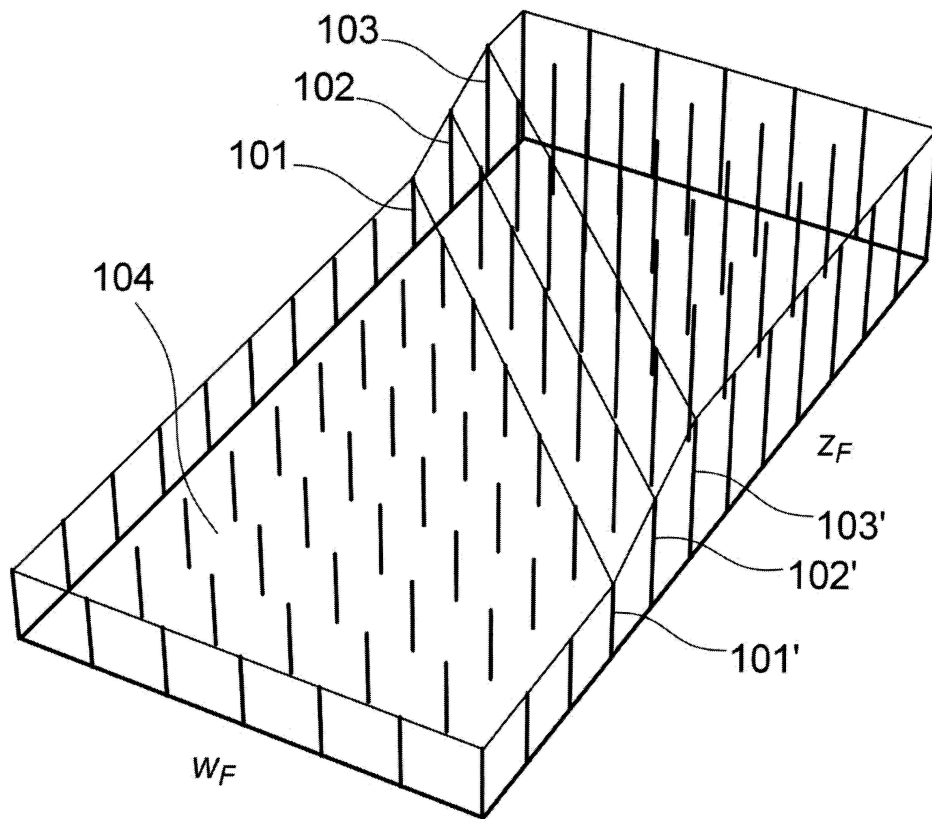
도면6



도면7



도면8



도면9

