



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월06일

(11) 등록번호 10-2496380

(24) 등록일자 2023년02월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B23C 5/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B23C 5/10 (2013.01)**B23C 2210/0457** (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7010346

(22) 출원일자(국제) 2016년07월25일

심사청구일자 2021년06월04일

(85) 번역문제출일자 2018년04월12일

(65) 공개번호 10-2018-0066097

(43) 공개일자 2018년06월18일

(86) 국제출원번호 PCT/IL2016/050811

(87) 국제공개번호 WO 2017/064694

국제공개일자 2017년04월20일

(30) 우선권주장

14/880,440 2015년10월12일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20140227050 A1*

(뒷면에 계속)

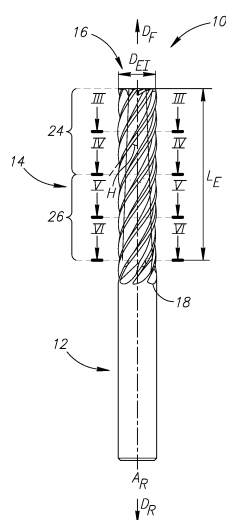
전체 청구항 수 : 총 26 항

심사관 : 김응상

(54) 발명의 명칭 엔드밀

(57) 요약

엔드밀(10)은 복수의 돌기들(20)과 플루트들(22)을 포함한다. 돌기들(20)과 연관된 플루트들(22)들은 상관된 물리적 파라미터들에 따라 구성된다. 이러한 상관된 파라미터 중 하나로서, 유효 절삭 길이(L_E)의 전방 절반(24)내의 축방향 위치에서 복수의 돌기들(22) 중 적어도 한 개의 돌기는 복수의 돌기들(22)의 평균 레이크 각도 값보다 작은 레이크 각도(R)를 갖고, 동일한 축방향 위치에서 각 돌기에 선행하는 플루트는 복수의 플루트들(22)의 평균 나선 각도 값보다 큰 나선 각도(H)를 갖는다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

B23C 2210/0492 (2013.01)
B23C 2210/204 (2013.01)
B23C 2210/206 (2013.01)
B23C 2210/282 (2013.01)
B23C 2210/325 (2013.01)
B23C 2210/405 (2013.01)
B23C 2210/54 (2013.01)
B23C 2220/28 (2013.01)
B23C 2250/16 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140075774 A*
JP05649729 B2
US20040120777 A1
JP5649729 B2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

정삭용 엔드밀이며,

대향하는 축방향 전방과 후방 (D_F , D_R), 그리고 대향하는 회전방향 선행방향 후행방향 (D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 절삭 방향이 선행방향(D_P)인 엔드밀에 있어서,

생크 부분, 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 연장되는 절삭 부분을 포함하고;

절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트는 나선 각도와 플루트 깊이를 갖고;

각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해 직각인 평면에서 측정 가능한 릴리프 표면 폭을 갖는 릴리프 표면, 레이크 표면과 릴리프 표면의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져서 위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에서 형성된 릴리프 날, 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에 정의되는 돌기 면적을 포함하고;

유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 플루트들은 평균 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트가 최소 나선 각 값을 갖고, 그리고 한 개 이상의 플루트가 최대 나선 각도 값을 가지며, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기가 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기가 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 그리고 적어도 하나의 돌기가 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 그리고 각 돌기들을 선행하는 플루트가 평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 갖고,

3개 이상의 돌기를 포함하고,

유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서,

돌기들 중 적어도 3개가 서로 다른 반경 방향 레이크 각도들을 갖고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부가 다른 모든 비-동일한 값들로부터 2° 이상 다르고,

플루트들이 6° 이하의 나선 변이값을 갖는,

정삭용 엔드밀.

청구항 2

제 1항에 있어서,

유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서,

돌기들은 평균 돌기 면적 값을 갖고,

한 개 이상의 돌기들이 최소 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 돌기 면적 값을 갖고;

돌기들은 평균 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 릴리프 표면 폭 값을 갖고;

그리고, 한 개 이상의 돌기가 평균 돌기 면적 값보다 더 큰 돌기 면적 및 평균 릴리프 표면 폭 값보다 더 작은 릴리프 표면 폭을 갖는,

정삭용 엔드밀.

청구항 3

제 1항에 있어서,

절삭 부분이 $2.5D_0$ 보다 큰 유효 절삭 길이를 갖고;

유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 적어도 2개의 돌기들이 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부가 모든 다른 비-동일한 값으로부터 2° 이상 다르고;

그리고 각 플루트의 플루트 깊이가 생크로부터의 거리가 증가함에 따라 증가하는,

정삭용 엔드밀.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

적어도 2개의 돌기는 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 각각 갖고, 각 돌기에 선행하는 상기 플루트는 평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 갖는,

정삭용 엔드밀.

청구항 6

제 1항에 있어서

상기 적어도 하나의 돌기는 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 각 돌기에 선행하는 상기 플루트는 평균 나선 각도 값과 동일한 나선 각도를 갖는,

정삭용 엔드밀.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 돌기의 반경 방향 레이크 각도가 최소 반경 방향 레이크 각도 값과 동일한,

정삭용 엔드밀.

청구항 8

제 1항에 있어서,

최소 반경 방향 레이크 각도 값과 동일한 반경 방향 레이크 각도를 갖는 각 돌기가 평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 갖는 플루트에 후행하는,

정삭용 엔드밀.

청구항 9

제 8항에 있어서,

최소 반경 방향 레이크 각도 값과 동일한 반경 방향 레이크 각도를 갖는 각도 돌기가 최대 나선 각도 값과 동일한 나선 각도를 갖는 플루트에 후행하는,

정삭용 엔드밀.

청구항 10

제 1항에 있어서,

평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 갖는 다수의 플루트들이 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 더 작은

반경 방향 레이크 각도를 갖는 돌기들에 선행하는,
정삭용 엔드밀.

청구항 11

제 1항에 있어서,
유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서,
적어도 하나의 돌기가 최대 반경 방향 레이크 각도 값과 동일한 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 각 돌기에 선행하는 플루트가 최대 나선 각도 값보다 작고 최소 나선 각도 값보다 큰 나선 각도를 갖는,
정삭용 엔드밀.

청구항 12

제 1항에 있어서,
유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서,
적어도 한 개의 돌기가 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 큰 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 각 돌기에 선행하는 플루트가 평균 나선 각도 값보다 작은 나선 각도를 갖는,
정삭용 엔드밀.

청구항 13

제 1항에 있어서,
복수의 플루트들 중 연속된 플루트들이 3° 이하만큼 달라지는 서로 다른 나선 각도들을 갖는,
정삭용 엔드밀.

청구항 14

제 1항에 있어서,
각 플루트의 플루트 깊이가 생크로부터의 거리가 증가함에 따라 증가하는,
정삭용 엔드밀.

청구항 15

제 1항에 있어서,
유효 절삭 길이(L_E)가 $2.5D_E$ 이상인,
정삭용 엔드밀

청구항 16

제 15항에 있어서,
유효 절삭 길이(L_E)가 $3.5D_E$ 이상인,
정삭용 엔드밀.

청구항 17

제 16항에 있어서,
유효 절삭 길이(L_E)가 $L_E = 6D_E \pm 2D_E$ 의 조건을 만족하는,
정삭용 엔드밀.

청구항 18

제 15항에 있어서, 유효 절삭 길이(L_E)가 $5.5D_E$ 이상인,
정삭용 엔드밀.

청구항 19

제 1항에 있어서,
절삭 단부 면으로부터 후방으로,
절삭 부분의 단면들 내에서 각 인접한 한 쌍의 절삭 날들 사이의 인덱스 각도들이 동일한 값에 접근한 후 발산하는,
정삭용 엔드밀.

청구항 20

제 19항에 있어서,
유효 절삭 길이의 중앙에 근접함에 따라 인덱스 각도들이 동일한 값에 접근하는,
정삭용 엔드밀.

청구항 21

제 1항에 있어서,
엔드밀의 직경(D_E)이 유효 절삭 길이 전체에 걸쳐 일정한 값을 갖는,
정삭용 엔드밀.

청구항 22

제 1항에 있어서,
복수의 돌기들은 5개 이상인,
정삭용 엔드밀.

청구항 23

제 1항에 있어서,
복수의 돌기들은 11개 이하인,
정삭용 엔드밀.

청구항 24

제 22항에 있어서,
복수의 돌기들은 5, 7, 또는 9개인,
정삭용 엔드밀.

청구항 25

제 1항에 있어서,
상기 축방향 위치에서, 상기 복수의 일체로 형성된 돌기 중 적어도 2개는 동일한 인덱스 각도를 갖는,
정삭용 엔드밀.

청구항 26

제 1항에 있어서,

상기 축방향 위치에서, 상기 복수의 일체로 형성된 돌기 중 적어도 2개는 동일한 반경 방향 레이크 각도를 갖는,

정삭용 엔드밀.

청구항 27

제1 항에 있어서,

총 7개의 일체로 형성된 돌기를 포함하고, 상기 축방향 위치에서,

제1 돌기 쌍은 동일한 제1 반경 방향 레이크 각도를 갖고,

제2 돌기 쌍은 동일한 제2 반경 방향 레이크 각도를 갖고,

다른 3개의 돌기는 동일한 제3 반경 방향 레이크 각도를 갖는

정삭용 엔드밀.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원의 요지는 깊은 솔더링 밀링을 하도록 구성된 엔드밀, 특히 높은 경도의 재료들 상에 좋은 품질의 표면 마무리를 제공할 수 있는 깊은 솔더링 엔드밀에 관련되어 있다. 요지는 특히 상관된 물리적 파라미터들을 갖는 돌기와 이에 연관된 플루트들을 갖는 엔드밀에 관련된 것이다.

배경 기술

[0002] 솔더링 응용례, 즉 공작물의 외부 주변에서의 밀링을 위해 설계된 엔드밀들은 일반적으로 엔드밀 직경의 2배의 최대 유효 절삭 길이를 갖는다.(이하 “2D” ; 유사한 길이 치수는 유사하게 표현되며, 예를 들어 2.5배의 “2.5D” 또는 “2.5D_e” 등과 같이 기재됨). 다르게 언급되지 않는 한, 명세서 및 청구항들의 엔드밀 직경에 대한 참조들은 절삭 단부 면에서 절삭 부분의 직경을 지칭한다.

[0003] 비록 이론적으로 엔드밀들은 임의의 유효 절삭 길이를 가질 수 있지만, 실제로 직경의 2배보다 더 큰 깊이로 유효하게 밀링할 수 있는 엔드밀들을 찾는 것은 극히 어렵다. 이는 깊이의 증가가 엔드밀의 진동을 악화시켜 공작물의 표면 마감과 밀링 톨의 수명을 업계에서 허용되는 표준보다 낮게 감소시키기 때문이다. 자세히 이야기하면, 엔드밀이 오직 한쪽 단부로만 지탱되고, 다른 단부는 반대로 힘이 가해지고, 견고하게 지탱되는 공작물과 충돌하기 때문에, 엔드밀들은 솔더링 중에 구부러진다. 이러한 충돌은 리바운드(rebound) 유형의 효과를 유발하며, 이 효과가 엔드밀 길이의 증가에 비해 더 크다.

[0004] 마찬가지로, 이 효과는 또한 상대적으로 더 단단한 공작물 재료들을 밀링할 때 더욱 가혹해지는데, 단단한 공작물 상에 충돌할 때마다 엔드밀 상에 작용하는 밀링 포스가 더 크기 때문이다.

[0005] 밀링 깊이의 증가와 함께 악화되는 다른 문제점은 칩 배출이다. 자세히 이야기하면, 돌기가 재료에 처음으로 진입함에 따라 각 칩이 절삭 단부 면 근처에서 시작하는 돌기와 첫 번째로 접촉하기 때문에, 큰 플루트 깊이는 절삭 단부 면 근처에서 가장 중요하다. 공작물 내에서 엔드밀이 완전히 회전하고 플루트가 공작물을 빠져나가 칩이 배출되는 것을 허용할 때에만 칩이 플루트를 빠져나가기 때문에, 칩은 절삭 단부 면 근처의 플루트 내에 플루트의 잔유물보다 더 긴 시간동안 남아있다. 이론으로 구속되지는 않지만, 플루트가 칩을 수용하기에 불충분한 사이즈라면, 엔드밀과 공작물에 대해 칩이 맞는 부분(불충분한 사이즈의 플루트로부터 돌출되는)은 진동을 증가시킬 수 있고, 심지어 엔드밀의 파손을 야기할 수 있다. 엔드밀의 고정된 샹크(shank) 부분으로부터의 거리가 증가함에 따라 이 효과가 더욱 현저해진다는 것이 이해될 수 있다.

[0006] 오늘날 업계에서 높은 성능 요구사항들로 인해, 한 때 엔드밀 설계에 있어 중요하지 않은 변형으로 여겨지던 것이 지금은 엔드밀이 표면 마감 및 칩 제거의 업계 표준들에 적합한지 아닌지 여부를 정의할 수 있다. 모든 엔드밀이 이론적으로 모든 재료를 가공할 수 있지만, 주어진 재료의 제거율 및 원하는 수준의 표면 마감에 대해 경쟁력 있는 공구 수명을 제공하는 것만으로도 엔드밀이 특정 응용례에 대해 적합한 것으로 여겨질 수 있다.

[0007] 본 출원의 목적은 새롭고 개선된 엔드밀을 제공하는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0008] 딥 솔더링 밀링을 할 수 있는 엔드밀(즉, 적어도 2.5D 깊이)을 제공하면서, 높은 경도의 재료들 상에서 여전히 좋은 품질의 표면 마감을 제공하기 위해, 다수의 진동 감소 특징들이 단일 엔드밀에 포함되어 왔다. 각 진보된 특징은 그 자체로 그리고 조합되어 진동 감소를 위해 현저히 기여를 하는 것으로 믿어지고, 결과적으로 공구 수명을 증가시키고 표면 마감을 달성한다.
- [0009] 본 출원의 요지의 제 1 실시예에 따라, 복수의 돌기들과 플루트들을 포함하는 정삭(finish) 엔드밀이 제공되며; 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 복수 개의 돌기들 중 적어도 한 개의 돌기가 평균 반경 방향 레이크(rake) 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 각 돌기들에 선행하는 플루트(즉, 적어도 각 한 개의 돌기)가 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값보다 큰 나선 각도를 갖는다.
- [0010] 이 기하학적 형상이 더 작은 반경방향 레이크 각도를 돌기들에 제공함으로써 진동을 감소시키는 한편, 더 큰 나선 각도들과 함께 더 작은 반경방향 레이크 각도를 갖는 적어도 한개의 돌기를 보상하는 것으로 여겨지며, 더 큰 나선 각도는 요구되는 반경방향 절삭력을 감소시킨다.
- [0011] 다르게 말해서, 본 출원의 요지의 제 2 실시예에 따라, 대향하는 축방향 전방과 후방(D_F , D_R), 그리고 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된 정삭 엔드밀이 제공되고, 선행방향(D_P)이 절삭 방향이고, 엔드밀은 생크 부분과 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함하고, 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트가 나선 각도와 플루트 깊이를 가지고, 각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 릴리프(relief) 표면 폭을 갖는 릴리프 표면, 레이크 표면과 릴리프 표면들의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져서 위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에 형성된 릴리프 날, 그리고 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에 정의되는 돌기 면적을 포함하고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 플루트들은 평균 나선 각도 값을 가지고, 한 개 이상의 플루트들이 최소 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최대 나선 각도 값을 갖고, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 가지고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 그리고 적어도 한 개의 돌기가 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 가지고, 각 돌기에 선행하는 플루트는 평균 나선 각도 값보다 큰 나선 각도를 갖는다.
- [0012] 제 1 및 제 2 실시예에서, 적어도 한 개의 돌기의 반경 방향 레이크 각도가 동일한 축방향 위치에서의 평균 레이크 각도보다 작고, 관련된 플루트의 나선 각도가 동일한 축방향 위치에서의 평균 나선 각도보다 더 크기 때문에, 돌기의 반경 방향 레이크 각도는 관련된 플루트의 나선 각도와 음의 상관관계를 갖는 것으로 여겨진다.
- [0013] 본 출원의 요지의 또 다른(제 3 의) 실시예에 따라, 복수의 돌기들과 플루트들을 포함하고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 복수의 돌기들 중 적어도 한 개의 돌기가 복수의 돌기들의 평균 돌기 면적 값보다 더 큰 돌기 면적 및 평균 릴리프 표면 폭 값보다 더 작은 릴리프 표면 폭을 갖는 정삭 엔드밀이 제공된다.
- [0014] 이 기하학적 형상은 상이한 기하학적 형상의 돌기들을 제공하여 진동을 줄이는 한편, 오직 더 큰 돌기 면적을 갖는 돌기들의 폭을 줄이는 것만으로 작은 릴리프 표면 폭을 갖는 돌기의 구조적인 약점을 보상하는 것으로 여겨진다.
- [0015] 이 기하학적 형상은 또한 더 큰 플루트, 즉 더 작은 릴리프 표면을 갖는 돌기에 선행하는 플루트가 엔드밀에 제공되는 것을 허용하며, 이는 전술된 바와 같이 더 많은 칩 배출 면적을 허용하여 진동을 감소시키는 것으로 또한 여겨진다.

- [0016] 다르게 말해서, 본 출원의 요지의 또 다른(제 4 의) 실시예에 따라, 대향하는 측방향 전방과 후방(D_F , D_R), 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된 정삭 엔드밀이 제공되고, 선행방향(D_P)이 절삭 방향이고, 엔드밀은 생크 부분과 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함하고, 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트가 나선 각도와 플루트 깊이를 가지고, 각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 킬리프 표면 폭을 갖는 킬리프 표면, 레이크 표면과 킬리프 표면들의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져서 위치하고 킬리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에서 형성된 킬리프 날, 그리고 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에서 정의되는 돌기 면적을 포함하고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 측방향 위치에서, 돌기들은 평균 돌기 면적 값을 가지고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 돌기 면적 값을 갖고, 돌기들은 평균 킬리프 표면 폭 값을 가지고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 킬리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 킬리프 표면 폭 값을 갖고, 적어도 한 개의 돌기는 평균 돌기 면적 값보다 더 큰 돌기 면적과 평균 킬리프 표면 폭 값보다 더 작은 킬리프 표면 폭을 갖는다.
- [0017] 특히, 상기 실시예들의 진보된 특징들의 적용은, 견고히 지탱된 엔드밀의 생크로부터의 길이가 증가할수록 진동 문제가 더 현저해지기 때문에, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 측방향 위치(즉, 엔드밀의 생크로부터 원위인 유효 절삭 길이의 절반)에 위치한다. 생크로부터의 거리가 증가할수록(즉, 절삭 단부 면에 인접할수록) 유효성이 더 커진다고 이해될 수 있다. 그렇기는 하지만, 이는 생크의 유효 절삭 길이의 근위 절반에 어떠한 효과도 없다는 것은 아니다.
- [0018] 제 3 및 제 4 실시예에서, 적어도 한 돌기의 돌기 면적이 평균 돌기 면적 값보다 더 큰 돌기 면적을 가지고 연관 킬리프 표면이 평균 킬리프 표면 폭 값보다 더 작기 때문에, 돌기의 돌기 면적이 연관 킬리프 표면의 킬리프 표면 폭과 음의 상관관계인 것으로 여겨질 수 있다.
- [0019] 본 출원의 요지의 또 다른(제 5 의) 실시예에 따라, 생크와 절삭 부분을 포함하는 정삭 엔드밀이 제공되며, 절삭 부분은 $2.5D_E$ 보다 더 큰 유효 절삭 길이를 갖고 복수의 돌기들과 플루트들을 포함하고, 복수의 돌기들은 서로 다른 반경 방향 레이크 각도를 갖는 적어도 두 개의 돌기들을 포함하고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부는 다른 모든 비-동일한 값과 2° 이상 상이하고, 그리고 복수의 플루트들 중 각 플루트는 생크로부터의 거리가 증가함에 따라 증가하는 깊이를 갖는다.
- [0020] 반면에, 이 기하학적 형상은 이례적으로 긴 유효 절삭 길이를 제공하면서도 밀링 중 진동을 줄이기 위해 생크로부터 더 커진 플루트 깊이 거리와 현저히 다른 레이크 각도들을 조합함으로써, 증가된 절삭 길이와 연관된 더 커진 진동을 보상한다.
- [0021] 시장에 나와있는 더 짧은 엔드밀들에 있어서, 적어도 다른 진동을 줄이는 설계 옵션들과 비교했을 때 진동을 줄이는 데에 있어 상대적으로 적은 기여도 때문에, 서로 다른 레이크 각도들은 종종 비용 효과적이지 못하다. 하지만, 긴 엔드밀들, 그리고 심지어 더 길고 큰 수의 돌기들을 갖는(예를 들어, 5개 또는 그 이상의 돌기들을 갖고, 그리고 돌기의 수가 더욱 증가할수록) 엔드밀들에서는, 서로 다르고 그리고 구체적으로는 현저하게 변화하는 반경 방향 레이크 각도들을 제공하는 것이 더 주목할만한 진동 감소 효과를 달성하고, 그로 인해서 다른 반경 방향 레이크 각도들을 제공하는 것으로 인해 추가되는 설계의 복잡성과 비용을 정당화 한다는 것이 밝혀졌다.
- [0022] 다르게 말해서, 본 출원의 요지의 또 다른(제 6 의) 실시예에 따라 대향하는 측방향 전방과 후방(D_F , D_R), 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된 정삭 엔드밀이 제공되고, 선행방향(D_P)이 절삭 방향이고, 엔드밀은 생크 부분과 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함하고, 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트가 나선 각도와 플루트 깊이를 가지고, 각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 킬리프 표면 폭을 갖는 킬리프 표면, 레이크 표면과 킬리프 표면의 교차부에 형성된 절삭날, 절삭날로부터 떨어져

위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면과의 교차부에 형성된 릴리프 날, 그리고 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에서 정의되는 돌기 면적을 포함하고, 유효 절삭길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 절삭 부분은 2.5D보다 큰 유효 절삭 길이를 갖고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들을 갖는 돌기들 중 적어도 일부가 다른 비-동일한 값들과 2° 이상 다른 값을 갖고, 복수의 플루트들 중 각 플루트가 생크로부터의 거리가 증가함에 따라 증가하는 깊이를 갖는다.

[0023] 제 5 및 제 6의 실시예에서, 상대적으로 큰 유효 절삭 길이와 상대적으로 큰 반경 방향 레이크 각도 값들의 차이는 양의 상관관계를 갖는 것으로 여겨진다.

[0024] 본 출원의 요지의 다른(제 7 의) 실시예에 따라, 생크 및 절삭 부분을 포함하는 정삭 엔드밀이 제공되고, 절삭 부분은 복수의 돌기들과 플루트들을 포함하고 복수의 돌기들은 적어도 세 개의 서로 다른 반경 방향 레이크 각도들을 갖는 돌기들을 포함하고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부가 다른 비-동일한 값들과 2° 이상 다르거나 또는 더 많은 다른 비-동일한 값들을 갖고, 그리고 복수의 플루트들이 6° 이하의 나선 변이값들을 갖는다.

[0025] 한편, 이 기하학적 현상은 밀링 도중 진동을 줄이기 위해 현저히 다른 반경 방향 레이크 각도들을 제공하여 매우 완전한 나선 각도 변이값(예를 들어, 6° 이하의 나선 각도 변이값)을 보상한다. 큰 나선 각도 변이값은 레이크 각도들의 변화보다 진동 감소를 위한 더 효과적인 설계 옵션으로 믿어진다. 완전한 나선 각도 변화의 단점이 이익이 될 수 있는 몇몇 응용례들은 특히 더 긴 엔드밀들(예를 들어, 적어도 2.5D의 유효 절삭 길이를 갖는 엔드밀들) 및/또는 더 많은 수의 돌기들(예를 들어, 5개 이상의 돌기들)을 가지고 있는 엔드밀들이다.

[0026] 다르게 말해서, 본 출원의 요지의 또 다른(제 8 의) 실시예에 따라, 대향하는 축방향 전방과 후방(D_F , D_R), 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된 정삭 엔드밀이 제공되고, 선행방향(D_P)이 절삭 방향이고, 엔드밀은 생크 부분, 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함하고, 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트가 나선 각도와 플루트 깊이를 가지고, 각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 릴리프 표면 폭을 갖는 릴리프 표면, 레이크 표면과 릴리프 표면의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져 위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에서 형성된 릴리프 날, 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에서 정의되는 돌기 면적을 포함하고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 플루트들은 평균 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최소 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최대 나선 각도 값을 갖고, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 적어도 세 개의 돌기들이 다른 반경 방향 레이크 각도들을 가지고, 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부가 모든 다른 비-동일한 값들과 2° 이상 다르거나, 그리고 플루트들은 6° 이하의 나선 변이값을 갖는다.

[0027] 제 7 및 제 8 실시예에서, 반경 방향 레이크 각도 값들 사이 상대적으로 큰 차이와 상대적으로 작은 나선 각도들의 변이값은 음의 상관관계로 여겨질 수 있다.

[0028] 명세서와 청구항들의 용어 "음의 상관관계"는 한 변수가 증가함에 따라 이에 상응하여 다른 것이 감소한다는 엄격한 수학적 정의로 이해되어서는 안되고, 그보다도 물리적 물체, 특히 엔드밀에 연관된 개념을 일반적으로 설명하는 출원의 명세서와 청구항들의 관점에서 이해되어야 한다. 상응하는 이해는 명세서와 청구항 내의 임의의 "양의 상관관계"에 대해서도 비슷하게 적용되어야 한다.

[0029] 추가적으로, 실시예들은 또한 명확히 언급된 경우를 제외하고는 유효 절삭 길이가 2.5D보다 작은 엔드밀들에게 이로우 수 있다고 이해될 것이다.

[0030] 유사하게, 발명에 따른 엔드밀이 정삭 응용례들을 위해 설계되고 주로 고 경도의 재료들 상에서 테스트되었지만, 임의의 실시예들에 따른 엔드밀의 특징들은 또한 정삭 이외의 다른 응용례들을 위해, 그리고

심지어 덜 단단한 공작물 재료들을 가공하기 위해 매우 효과적인 것으로 발견될 것이라고 이해되어야 한다.

- [0031] 또 다른(제 9 의) 실시예에 따라, 대향하는 축방향 전방과 후방(D_F , D_R), 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하는 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된 정삭 엔드밀이 제공되고, 선행방향(D_P)이 절삭 방향이고, 엔드밀은 생크 부분, 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함하고, 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함하고, 각 플루트가 나선 각도와 플루트 깊이를 가지고, 각 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 릴리프 표면 폭을 갖는 릴리프 표면, 레이크 표면과 릴리프 표면의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져서 위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에서 형성된 릴리프 날, 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에서 정의되는 돌기 면적을 포함하고, 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 플루트들은 평균 나선 각도 값들을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최소 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최대 나선 각도 값을 갖고, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 돌기들은 평균 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 돌기 면적 값을 갖고, 그리고 돌기들은 평균 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 릴리프 표면 폭 값을 갖는다.
- [0032] 또한 위에서 언급된 내용은 요약이며, 상기 임의의 실시예들은 이하에서 설명되는 임의의 특징들을 추가적으로 포함할 수 있다고 이해될 것이다. 구체적으로는 다음 특징들을 단독으로 또는 조합하여, 임의의 위의 실시예들에 적용가능할 수 있다.
- [0033] A. 적어도 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 플루트들은 평균 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최소 나선 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 플루트들이 최대 나선 각도 값을 갖는다.
- [0034] B. 적어도 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 반경 방향 레이크 각도 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 반경 방향 레이크 각도 값을 갖는다.
- [0035] C. 적어도 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 돌기들은 평균 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 돌기 면적 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 돌기 면적 값을 갖는다.
- [0036] D. 적어도 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 돌기들은 평균 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최소 릴리프 표면 폭 값을 갖고, 한 개 이상의 돌기들이 최대 릴리프 표면 폭 값을 갖는다.
- [0037] E. 엔드밀은 고 경도 재료들(예를 들어, 38-65 HRc의 경도를 갖는 재료들)을 밀링하기 위해 구성될 수 있다. 예를 들어 이 타입의 몇몇 주목할만한 재료들은 D2, H13 및 P20으로 알려진 재료일 수 있다.
- [0038] F. 엔드밀은 중심 회전 축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성될 수 있다.
- [0039] G. 중심 회전 축(A_R)은 대향하는 축방향 전방과 후방(D_F , D_R) 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하고, 선행방향(D_P)가 절삭 방향이다. “유효 절삭 길이의 전방 절반”은 남아있는 절반보다 더 전방에 있는 것으로 이해될 것이다. 다르게 말해서 “전방 절반”은 생크로부터 원위의 절반이다.
- [0040] H. 엔드밀은 생크 부분, 그리고 생크 부분으로부터 절삭 단부 면까지 전방으로 연장되는 절삭 부분을 포함할 수 있다.
- [0041] I. 엔드밀, 또는 보다 정확하게 엔드밀의 절삭 부분은 유효 절삭 길이(L_E), 직경(D_E), 복수의 일체로 형성된 돌기들, 그리고 복수의 돌기들과 교호하는 복수의 플루트들을 포함할 수 있고, 각 플루트들은 나선 각도와 플루트 깊이를 갖는다. 명확하게 말해, 플루트들은 서로 다른 축방향 위치들에 따라 변화하는 가변적인 나선 각도들을 가질 수 있고, 그럼에도 불구하고 도 3 내지 도 6 에 도시된 바와 같이 각 축방향 위치에 따른 나선 각도 값이 있다. 추가적으로, 직경 D_E 는 서로 다른 축방향 위치들에 따라 달라진다(D_{EI} , D_{EII} , 등으로 표시됨).
- [0042] J. 돌기는 레이크 표면, 레이크 표면에 후행하고 회전 축(A_R)에 대해서 직각인 평면에서 측정 가능한 릴리프 표

면 폭을 갖는 릴리프 표면, 레이크 표면과 릴리프 표면들의 교차부에 형성된 절삭 날, 절삭 날로부터 떨어져서 위치하고 릴리프 표면과 돌기로부터 후행 플루트의 플루트 표면의 교차부에서 형성된 릴리프 날, 그리고 절삭 날로부터 중심 회전 축까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인과 중심 회전 축으로부터 후행 플루트의 기저까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인 사이에서 정의된 돌기 면적을 포함한다.

- [0043] K. 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 적어도 한 개의 돌기는 엔드밀의 복수의 돌기들의 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 더 작은 반경 방향 레이크 각도를 가질 수 있고, 그리고 각 적어도 한 개의 돌기에 선행하는 플루트는 엔드밀의 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 가질 수 있다. 바람직하게는, 적어도 두 개의 돌기들이 엔드밀의 복수의 돌기들의 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 더 작은 반경 방향 레이크 각도를 가질 수 있고, 그리고 적어도 한 개의 돌기의 각 돌기에 선행하는 플루트는 엔드밀의 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값보다 더 큰 나선 각도를 가질 수 있다. 더욱 바람직하게는, 나선 각도는 복수의 플루트들의 나선 각도 범위의 가장 큰 값과 같을 수 있다. 유사하게, 반경 방향 레이크 각도는 복수의 돌기들의 최소 반경 방향 레이크 각도 값과 같은 것이 바람직하다. 가장 바람직하게, 복수의 돌기들의 최소 반경 방향 레이크 각도 값과 동일한 반경 방향 레이크 각도를 갖는 모든 돌기들을, 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값 바람직하게는 복수의 플루트들의 최대 나선 각도 값보다 큰 나선 각도를 갖는 플루트가 선행한다. 바람직하게는, 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값보다 큰 나선 각도를 갖는 대다수의 플루트들의 각 플루트를 복수의 돌기들의 평균 레이크 각도 값보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 갖는 돌기가 후행한다.
- [0044] L. 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 복수의 돌기들 중 적어도 한 개의 돌기는 복수의 돌기들의 가장 큰 반경 방향 레이크 각도 범위와 동일한 반경 방향 레이크 각도를 가질 수 있고, 적어도 한 개의 돌기의 각 돌기에 선행하는 플루트는 복수의 플루트들의 최대 나선 각도보다 작고 그리고 최소 나선 각도보다 큰 나선 각도를 가질 수 있다.
- [0045] M. 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 복수의 돌기들 중 적어도 한 개의 돌기는 엔드밀의 복수의 돌기들의 평균 반경 방향 레이크 각도 값보다 더 큰 반경 방향 레이크 각도를 가질 수 있고, 적어도 한 개의 돌기의 각 돌기에 선행하는 플루트는 엔드밀의 복수의 플루트들의 평균 나선 각도 값보다 더 작은 나선 각도를 가질 수 있다.
- [0046] N. 복수의 돌기들은 서로 다른 반경 방향 레이크 각도들을 갖는 둘 이상의, 바람직하게는 셋, 가장 바람직하게는 다수의 돌기들을 포함할 수 있다. 서로 다른 반경 방향 레이크 각도 값들 중 적어도 일부, 바람직하게는 다수의 값들이 모든 다른 비-동일한 값들로부터 2° 이상 차이난다. 바람직하게는, 각 반경 방향 레이크 각도 값은 $3^\circ \pm 1^\circ$ 의 조건에 따라 모든 다른 비-동일한 값들로부터 상이하다.
- [0047] O. 복수의 플루트들은 6° 이하의 나선 변이값을 가질 수 있다. 명확히 말해서, 이는 모든 복수의 플루트들 중 가장 큰 나선 각도 값과 가장 작은 나선 각도 값이 6° 이하의 값으로 다르다는 것을 의미한다. 바람직하게, 엔드밀의 모든 나선 각도들은 35° 내지 41° 의 범위 내일 수 있다. 가장 바람직하게, 나선 각도 변이값은 4° 이하이다.
- [0048] P. 연속적인 플루트들은 3° 이하, 바람직하게는 2° 이하 만큼 변하는 나선 각도들을 가질 수 있다.
- [0049] Q. 복수의 플루트들은 생크로부터의 거리가 증가함에 따라 증가하는 깊이를 각각 가질 수 있다. 엔드밀의 후방 단부에서의 플루트 깊이는 바람직하게 직경(D_{ET})의 10% 내지 14% 일 수 있다. 엔드밀의 전방 단부에서의 플루트 깊이는 바람직하게 직경(D_{ET})의 16% 내지 20% 일 수 있다.
- [0050] R. 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치에서, 복수의 돌기들 중 적어도 한 개의 돌기, 바람직하게는 적어도 두 개의 돌기가 복수의 돌기들의 평균 돌기 면적보다 더 큰 돌기 면적, 그리고 복수의 돌기들의 평균 릴리프 표면 폭 값보다 더 작은 릴리프 표면 폭을 가질 수 있다. 그러나, 복수의 돌기들 중 기껏해야 오직 소수의 돌기들이 복수의 돌기들의 평균 돌기 면적보다 큰 돌기 면적, 그리고 복수의 돌기들의 평균 릴리프 표면 폭 값보다 작은 릴리프 표면 폭을 갖는 것이 바람직할 수 있다.
- [0051] S. 유효 절삭 길이의 전방 절반 내의 축방향 위치는 바람직하게는 유효 절삭 길이의 전방 1/3 이내에 있을 수 있다.
- [0052] T. 알려진 엔드밀들은 일반적으로 $2D_E$ 이하의 유효 절삭 길이를 갖는다. 하지만 심지어 위 실시예들의 적어도 한 개의 요지에 따른 엔드밀에조차 $2.5D_E$ 이상의 유효 절삭 길이가 선택적으로 제공될 수 있다. 당시에 지나치게

긴 것으로 여겨지던, 유효 절삭 길이 $4D_E$ 를 갖는 절삭 부분에 대한 초기 테스트는 성공적이었다. 따라서, 유효 절삭 길이는 심지어 $3.5D_E$ 이상일 수 있다. $4D_E$ 엔드밀에 대한 테스트에 이어, $6D_E$ 의 유효 절삭 길이를 갖는 절삭 부분을 갖는 엔드밀 또한 성공적으로 테스트되었다. 따라서, 유효 절삭 길이는 심지어 $5.5D_E$ 이상일 수 있다. 전술한 테스트에 이어, 바람직한 유효 절삭 길이는 $6D_E \pm 2D_E$ 또는 심지어 $6D_E \pm 1D_E$ 의 조건을 충족시킬 수 있다. 하지만, 본 출원의 요지의 이득은 $2.5D_E$ 보다 작은 유효 절삭 길이를 갖는 엔드밀들에 대해서도 또한 이용될 수 있고, 명확하게 언급되지 않은 이상 심지어 위에서 정의된 것보다 더 큰 길이가 청구항의 범주 밖인 것으로 여겨져서는 안 된다는 것이 이해될 것이다.

- [0053] U. 절삭 단부 면으로부터 후방 방향에서, 절삭 부분의 단면 내에서 각 인접한 한 쌍의 절삭 날들 사이의 인덱스 각도들은 동일한 값에 접근할 수 있고, 그리고 그 뒤에 그것으로부터 발산할 수 있다. 바람직하게, 상기 인덱스 각도들은 유효 절삭 길이의 중앙 부근까지 증가함에 따라 동일한 값에 접근할 수 있다.
- [0054] V. 엔드밀의 전방 단부의 인덱스 각도들은 유효 절삭 길이의 후방 단부에서의 인덱스 각도에 대응할 수 있다. 엔드밀의 전방 단부에서 대다수의 인덱스 각도들은 상이할 수 있다.
- [0055] W. 엔드밀의 직경 D_E 는 유효 절삭 길이 전체에 걸쳐 일정한 값일 수 있다(약 $30\mu m$ 보다 작은 차이는 무시한다). 바람직하게 엔드밀 직경은 단부 면에서 가장 클 수 있고, 생크까지 인접함이 증가함에 따라 직경이 줄어들 수 있고, $30\mu m$ 보다 작을 수 있다. 청구항을 해석할 때, 고려되어야 할 직경은 특정된 축방향 위치에서의 것이거나 또는 특정되지 않았다면 단부 면에서의 직경이어야 한다.
- [0056] X. 절삭 부분의 외부 모서리는 원통형일 수 있다.
- [0057] Y. 복수의 돌기들은 바람직하게는 5개 이상이다. 위에서 설명한 응용례들의 경우, 돌기들의 많은 수는 적어도 5개이다. 하지만, 돌기 개수의 증가는 사용 가능한 플루트 공간을 감소시킨다. 따라서 복수의 돌기들은 바람직하게는 11개 이하이다. 가장 바람직하게 복수의 돌기들은 5, 7, 또는 9개이고, 플루트 공간을 고려할 때 가장 바람직한 돌기의 개수는 7개의 돌기인 것으로 여겨진다. 바람직하게, 비대칭으로 인한 진동 감소를 위해 복수의 돌기들은 홀수 개의 돌기들이다.
- [0058] Z. 복수의 돌기들의 모든 돌기들은 모두 평활할 수 있다(즉, 비-톱니형). 이는 더 나은 공작물 표면 마감을 허용한다. “톱니형”이라 함은(반드시 엄격한 사인과 형태일 필요는 없지만) 다수의 피크(peak)-크레스트(crest) 형태들이 돌기 상에서 서로 인접하게 형성되는 것을 의미한다. 따라서, 본 명세서와 청구항에 따른 “평활한” 돌기는 톱니형 돌기의 기능인 황삭 절삭용이 아니고 칩(chip) 분쇄기로서 기능하는 단일 피크-크레스트-피크 형태(또는 예를 들어, 유효 절삭 길이의 $1/4$ 보다 더 먼 거리와 같이, 서로 현저히 이격된 몇 개)를 여전히 가질 수도 있다. 이는 비록 칩 분쇄기가 없는 매끄러운 돌기가 약간 더 나은 표면 마감을 제공할 수도 있고, 몇몇 응용례들을 위해 더 선호될 수도 있음에도 불구하고, 가끔 칩 분쇄기가 여전히 좋은 표면 마감을 허락할 수도 있기 때문이다.

발명의 효과

도면의 간단한 설명

- [0059] 본 출원의 요지에 대한 더 나은 이해와 실제로 어떻게 수행될 수 있는지 보여주기 위해, 지금부터 첨부된 도면들이 참조될 것이다.

도 1은 본 출원의 요지에 따른 엔드밀의 측면도이다.

도 2는 회전 축(A_R)을 따르는, 즉 엔드밀의 전방 단부에서 본 도 1의 엔드밀의 절삭 단부 면의 도면이다.

도 3은 절삭 부분의 유효 절삭 길이의 전방 $1/4$ 의 축방향 위치에 대응하는, 도 1의 라인 III-III을 따라 취한 단면도이다.

도 4는 절삭 부분의 유효 절삭 길이의 중앙의 축방향 위치에 대응하는, 도 1의 라인 IV-IV을 따라 취한 단면도이다.

도 5는 절삭 부분의 유효 절삭 길이의 후방 $1/4$ 의 축방향 위치에 대응하는, 도 1의 라인 V-V을 따라 취한 단면

도이다.

도 6은 절삭 부분의 유효 절삭 길이의 후방 축방향 위치, 즉 후방 단부에 대응하는, 도 1의 라인 VI- VI을 따라 취한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 도 1 및 도 2는, 중심을 통해 길이 방향으로 연장되는 중심 회전 축 A_R 을 중심으로 회전하도록 구성되고, 일반적으로 초경합금과 같은 매우 단단하고 내마모성 재료들로 만들어지는 엔드밀(10)을 도시한다.
- [0061] 중심 회전 축 A_R 은 대향하는 축방향 전방과 후방(D_F , D_R), 그리고 대향하는 회전방향 선행방향과 후행방향(D_P , D_S)을 정의하고, 선행방향(D_P)가 절삭 방향이다.
- [0062] 엔드밀(10)은 생크 부분(12), 그리고 그로부터 전방(D_F)으로 연장되는 절삭 부분(14)을 포함한다.
- [0063] 절삭 부분(14)은 절삭 단부 면(16)으로부터 가장 먼 플루트 단부(18)까지 후방(D_R)으로 연장된다.
- [0064] 절삭 부분(14)에는 나선 형태인 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 제 7 플루트들(22A, 22B, 22C, 22D, 22E, 22F, 22G)과 교호하는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 제 7 돌기들(20A, 20B, 20C, 20D, 20E, 20F, 20G)이 일체로 형성된다.
- [0065] 여기에 사용된 상대적인 용어들을 설명하기 위해, 예를 들어 제 1 플루트(22A)는 선행방향(D_P)으로 제 1 돌기(20A)에 인접하고, 그러므로 제 1번째 돌기(20A)에 선행하는 플루트로 서술될 수 있다. 또 다른 예시는 제 1 돌기(20A)를 따르는 제 7 플루트(22G)가 될 수 있으며, 대안적으로 제 1 돌기(20A)는 제 7 플루트(22G)에 선행하는 것 등으로 서술될 수 있다.
- [0066] 도 1에 도시된 바와 같이, 각 플루트(22)는 중심 회전 축(A_R)에 대해 형성된 나선 각도(H)를 가진다. 다양한 플루트들의 나선 각도들은 동일할 필요가 없고, 임의의 주어진 플루트의 나선 각도가 유효 절삭 길이(L_E)를 따라 전체 길이에 대해 일정하지 않을 수 있다고 이해된다.
- [0067] 절삭 부분(14)의 유효 절삭 길이(L_E)는 절삭 단부 면(16)으로부터 돌기의 킬리프 표면들이 더 이상 유효하지 않은 축방향 위치까지 연장되고, 이것은 이 예시에서 참조 번호 “29”로 표시된 축방향 위치에서 볼 수 있다(이 예시에서 유효 절삭 길이(L_E)의 단부의 축방향 위치는 VI- VI 섹션과 일치한다).
- [0068] 예시된 절삭 부분(14)의 외부 엣지는 원통형이다. 보다 정확하게, 선폭도임을 언급하면, 엔드밀의 직경 D_E 는 마이크로미터의 크기로 확대할 때, 생크(12)에 가까운 위치에서보다 절삭 단부 면(16)에서 더 크다. 다르게 말해서, 생크(12)에 인접함에 따라 직경 D_E 는 감소한다. 그러므로 D_{EI} 는 D_{EII} 보다 크고, 차례로 D_{EII} 는 D_{EIII} 보다 크고, 차례로 D_{EIII} 는 D_{EIV} 보다 크고, 차례로 D_{EIV} 는 D_{EV} 보다 크다. 또한, 몇몇 실시예에서, 절삭 돌기들(20A, 20B, 20C, 20D, 20E, 20F, 20G)은 직경 D_E 를 설정하기 위해 동등하게 반경 방향으로 바깥쪽으로 연장될 수 있다.
- [0069] 도 1에 돌기들(20)의 비절결 외관으로 도시된 바와 같이, 돌기들(20)은 비-톱니형이다.
- [0070] 도 2에 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 인덱스 각도들(IA_1 , IA_2 , IA_3 , IA_4 , IA_5 , IA_6 , IA_7)이 도시되어 있다.
- [0071] 도 1을 참조하여, 절삭 단부 면(16), 즉 유효 절삭 길이(L_E)의 전방부에서, 그리고 유효 절삭 길이(L_E)의 후방 단부에서의 섹션 VI-VI에서, 중간 축방향 위치들 또는 섹션들이(또는 중심 회전 축 A_R 에 대해 직각인 평면의 관점에서) 설명하기 위한 목적으로 선택되었다. 예를 들어: 섹션 III-III는 절삭 단부 면(16)으로부터 유효 절삭 길이(L_E)의 1/4만큼 후방의 축방향 위치 또는 섹션에 대응하고; 섹션 IV-IV는 섹션 III-III로부터 유효 절삭 길이(L_E)의 1/4만큼 후방의 축방향 위치 또는 섹션에 대응하고, 그러므로, 유효 절삭 길이(L_E)의 중앙에 해당하고; 섹션 V-V는 섹션 IV-IV에 유효 절삭 길이(L_E)의 1/4만큼 후방의 축방향 위치 또는 섹션에 대응하고; 그리고 섹션 VI-VI는 섹션 V-V로부터 유효 절삭 길이(L_E)의 1/4만큼 후방의 축방향 위치 또는 섹션이다.

- [0072] 따라서, 유효 절삭 길이(L_E)의 전방 절반(24)은 섹션 IV-IV로부터 절삭 단부 면(16)까지이고, 유효 절삭 길이(L_E)의 후방 절반(26)은 섹션 IV-IV로부터 섹션 VI-VI까지이다.
- [0073] 눈에 잘 보이도록, 도 3을 활용하여 몇몇 추가적인 특징들이 식별된다. 각 돌기(20)는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 레이크 표면들(28A, 28B, 28C, 28D, 28E, 28F, 28G); 각 인접한 레이크 표면(28)을 따르고, 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 릴리프 표면 폭(W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7)을 갖는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 릴리프 표면들(30A, 30B, 30C, 30D, 30E, 30F, 30G); 각각의 레이크 표면과 릴리프 표면들(28, 30)의 교차부에서 형성된 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 절삭날들(32A, 32B, 32C, 32D, 32E, 32F, 32G); 각 릴리프 표면(30)의 후행 단부의 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 릴리프 날들(34A, 34B, 34C, 34D, 34E, 34F, 34G); 그리고 각 릴리프 날(34)를 후행하는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 및 제 7 플루트 표면들(36A, 36B, 36C, 36D, 36E, 36F, 36G)을 포함한다. 각 플루트 표면(36)은, 인접한 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6 또는 제 7 기저(38A, 38B, 38C, 38D, 38E, 38F, 38G)에 도달할 때까지 후행 방향(D_s)으로 연장된다.
- [0074] 특정 예시에서 릴리프 표면 폭들(W)의 측정에 대해 설명하기 위해, 제 1 릴리프 표면(W1)은 제 1 절삭날(32A)로부터 릴리프 날(34A)까지 측정되고, 본 예시에서 릴리프 날(34A)는 회전 축(A_R)에 대해서 수직인 평면 내의 불연속 점들로 구성된다. 자세히 이야기하면, 반경 방향 라인이 중심 회전 축(A_R)로부터 제 1 절삭날(32A)까지 연장되고, 반경 방향 라인에 평행한 제 2 라인이 릴리프 날(34A)를 교차하여 그려지고, 두 라인 사이의 거리가 폭을 제공하기 위해 측정된다. 도시된 바와 같이, 제 1 릴리프 표면(W1)에 다른 경사를 갖는 제 1 플루트 표면(36A)이 후행한다. 유효 절삭 길이(L_E)를 따르는 단면 내에서 릴리프 표면들(30)은 절삭날(32)이 있는 곳을 제외한 절삭 직경(D_E)의 밑넓이로부터 오목하다. 릴리프 표면(30)이 복수의 서브-릴리프 표면들(도시하지 않음)을 포함하는 경우에, 폭 측정을 위해 고려되어야 하는 릴리프 날(즉, 단면도에서 불연속적인)은 플루트(절삭날이 아님)의 기저와 가장 가까운 것이다.
- [0075] 각 돌기(20)는 돌기 면적(A_T)을 포함한다. 돌기 면적(A_T)은 절삭날(32)로부터 중심 회전 축(A_R)까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인(L_{R1})과 중심 회전 축(A_R)으로부터 절삭날(32)에 후행 기저(38)까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인(L_{R2}) 사이에 정의된다. 특정 예시와 함께 설명하면, 음영으로 쉽게 인식되도록 도시된 제 3 돌기 면적(A_{T3})은 제 3 절삭날(32C)로부터 중심 회전 축(A_R)까지 연장되는 제 1 반경 방향 라인(L_{R1})과 중심 회전 축(A_R)로부터 제 3 절삭날(32C)에 후행하는 제 3 기저(38C)까지 연장되는 제 2 반경 방향 라인(L_{R2}) 사이에서 정의된다.
- [0076] 본 예시에서, 도 3에 도시된 단면도에서 가장 큰 돌기 면적을 가진 돌기들은 제 2, 제 3, 그리고 제 6 돌기들(20B, 20C, 20F)이다 (이전 단락의 제 3 돌기(20C)에 대하여 설명된 바와 같이 도면들을 통해 각 반경 방향 라인들 상에서 시각적으로 이해될 수 있다). 각 제 2, 제 3, 그리고 제 6 돌기들(20B, 20C, 20F)는 평균 돌기 면적 A_μ (도시되지 않음) 보다 더 큰 돌기 면적(A_T)을 갖는다. 평균 돌기 면적 A_μ 는 $A_\mu = \sum A_{Ti} / n$ 의 식을 통해서 계산될 수 있다 (T_i 는 특정 돌기 면적의 값을, n 은 돌기의 개수를 나타낸다).
- [0077] 각 돌기(20)는 중심 회전 축(A_R)으로부터 절삭날(32)까지 연장되는 반경 방향 라인과 관련 레이크 표면(28)으로부터 접선방향으로 연장되는 접선(L_T) 사이에서 측정 가능한 반경 방향 레이크 각도(R)를 갖는다. 특정 예시를 가지고 설명하자면, 제 1 반경 방향 레이크 각도(R_A)는 제 1 반경 방향 라인(L_{RA})과 제 1 레이크 표면(28A)의 제 1 접선(L_{TA}) 사이에서 측정가능하다.
- [0078] 본 예시에서, 도 3에 도시된 단면도에서 가장 작은 반경 방향 레이크 각도들을 갖는 돌기들은 제 3, 그리고 제 6 돌기(20C, 20F)이다. 가장 큰 반경 방향 레이크 각도들을 갖는 돌기들은, 제 2, 제 4, 그리고 제 7 돌기(20B, 20D, 20G)이다. 가장 작은 반경 방향 레이크 각도들보다 더 크고, 그리고 가장 큰 반경 방향 레이크 각도들보다 더 작은 반경 방향 레이크 각도들을 갖는 돌기들은 제 1, 그리고 제 5 돌기(20A, 20E)이다.
- [0079] 본 예시에서, 제 3 및 제 6 돌기들(20C, 20F)은 6° 의 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 제 2, 제 4, 및 제 7 돌기들(20B, 20D, 20G)은 12° 의 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 그리고 제 1, 및 제 5 돌기들(20A, 20E)은 9° 의 반경 방향 레이크 각도를 갖는다. 평균 반경 방향 레이크 각도 R_μ 는 $R_\mu = \sum R_i / n$ 식으로 계산될 수 있다 (R_i 는 특정 반경 방향 레이크 각도 값을, n 은 돌기들의 개수를 나타낸다). 본 예시에서, 평균 반경 방향 레이크

각도는 다음과 같이 계산된다: $R_{\mu} = (6 + 6 + 12 + 12 + 12 + 9 + 9) / 7 = 9.43^{\circ}$. 그러므로, 본 예시에서 제 2, 제 4, 그리고 제 7 돌기들(20B, 20D, 20G)은 평균 반경 방향 레이크 각도보다 더 큰 반경 방향 레이크 각도를 갖고, 나머지 돌기들은 평균 반경 방향 레이크 각도보다 더 작은 반경 방향 레이크 각도들을 갖는다.

[0080] 본 예시에서 최대 나선 각도(H)을 갖는 플루트들은 제 3, 그리고 제 6 플루트(22C, 22F)들이다. 최소 나선 각도를 갖는 플루트들은 제 1 및 제 5 플루트(22A, 22E)들이다. 최소 나선 각도보다 큰 나선 각도를 갖고, 최대 나선 각도보다 작은 나선 각도들을 갖는 플루트들은 제 2, 제 4, 및 제 7 플루트(22B, 22D, 22G)들이다. 본 예시에서, 제 3 및 제 6 플루트(22C, 22F)들은 37° 의 나선 각도를 갖고, 제 2, 제 4, 그리고 제 7 플루트(22B, 22D, 22G)들은 36° 의 나선 각도를 갖고, 그리고 제 1 및 제 5 플루트(22A, 22E)들은 35° 의 나선 각도를 갖는다. 평균 나선 각도 H_{μ} 는 $H_{\mu} = \sum H_i / n$ 의 식으로 계산될 수 있다 (여기서 H_i 는 특정 나선 각도 값들을, n 은 돌기의 개수를 나타낸다). 본 예시에서 평균 나선 각도는 다음과 같이 계산된다. : $H_{\mu} = (37 + 37 + 36 + 36 + 36 + 35 + 35) / 7 = 36^{\circ}$.

[0081] 그러므로, 본 예시에서 제 2, 제 4, 그리고 제 7 플루트들(22B, 22D, 22G)은 평균 나선 각도와 동등한 나선 각도를 갖고, 제 1, 그리고 제 5 플루트(22A, 22E)는 평균 나선 각도보다 작은 나선 각도를 갖고, 제 3, 그리고 제 6 플루트(22C, 22F)는 평균 나선 각도보다 큰 나선 각도를 갖는다.

[0082] 제 3, 그리고 제 6 돌기가 평균보다 작은 반경 방향 레이크 각도를 가지고, 그들에 연관된 제 3, 그리고 제 6 플루트가 평균보다 큰 나선 각도를 가지고 있기 때문에, 제 3, 그리고 제 6 돌기들은 각각 연관된 제 3, 그리고 제 6 플루트들의 나선 각도들과 음의 상관관계인 반경 방향 레이크 각도를 갖는 것으로 여겨질 수 있다.

[0083] 각 플루트(22)는 플루트 깊이(F)를 갖는다. 플루트 깊이(F)는 연관된 플루트(22)의 기저(38)와 관련 단면도에서의 직경(D_E) 사이에서 측정 가능하다. 플루트 깊이(F)는 생크(12)로부터의 길이가 증가함에 따라 증가할 수 있다.

[0084] 본 예시에서, 도 2를 참조하면, 제 6 플루트(22F)의 제 1 플루트 깊이(F6I)가 절삭 단부 면(16)에 도시되어 있고, 생크(12)와 더 가까운 위치에서와 비교할 때, 이 측정 방향 위치에서 가장 큰 플루트 깊이를 갖는다. 특히, 제 1 플루트 깊이(F6I)는 제 7 기저(38G)와 (기저들은 선행하는 돌기와 동일한 번호를 부여받음) 직경(D_E) 사이에서 측정된다. 제 6 플루트(22F)의 다른 플루트 깊이들은 다른 도면들에서 예시된다. 생크(12)에 더 가까운 각 플루트 깊이는 절삭 단부 면(16)에 가까운 위치에서보다 상대적으로 작은 크기를 갖는다. 예를 들어, 절삭 단부 면(16)에서의 제 1 플루트 깊이(F6I)는 더 깊다(즉, 도 3의 제 6 플루트(22F)의 제 2 플루트 깊이(F6II)보다 더 큼). 유사하게, 제 2 플루트 깊이(F6II)는 도 4의 제 3 플루트 깊이(F6III)보다 더 깊고, 제 3 플루트 깊이(F6III)는 도 5의 제 4 플루트 깊이(F6IV)보다 더 깊고, 제 4 플루트 깊이(F6IV)는 도 6의 제 5 플루트 깊이(F6V)보다 더 깊다.

[0085] 도 2로 되돌아가면, 인덱스 각도들은 절삭 날들(32) 사이에서 측정 가능하도록 도시된다. 예를 들어, 제 1 인덱스 각도(IA1)는 제 1 절삭날(32A)와 제 2 절삭날(32B) 사이에서 측정 가능하다. 유사하게 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 인덱스 각도들(IA2, IA3, IA4, IA5, IA6, IA7)이 도시되어 있다.

[0086] 본 예시에서, 제 1 인덱스 각도(IA1)은 57.4° 이고, 제 2 인덱스 각도(IA2)은 57.9° 이고, 제 3 인덱스 각도(IA3)은 45.3° 이고, 제 4 인덱스 각도(IA4)은 45° 이고, 제 5 인덱스 각도(IA5)은 63.9° 이고, 제 6 인덱스 각도(IA6)은 45.2° 이고, 그리고 제 7 인덱스 각도(IA7)은 45.3° 이다.

[0087] 도 3으로 되돌아가면, 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 인덱스 각도들(IB1, IB2, IB3, IB4, IB5, IB6, IB7) 또한 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 플루트들과(22A, 22B, 22C, 22D, 22E, 22F, 22G) 상관관계를 갖지만, 상이한 나선 각도들로 인해 도 1의 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 그리고 제 7 인덱스 각도들(IA1, IA2, IA3, IA4, IA5, IA6, IA7)과 다른 값들을 갖는다.

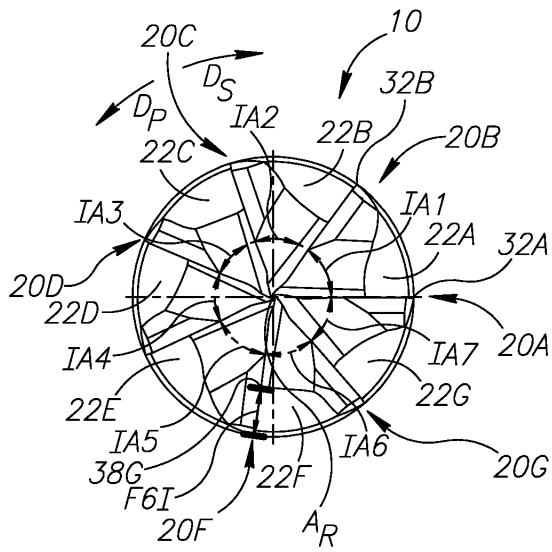
[0088] 특히, 나선 각도들과 인덱스 각도들은 유리하게는 유효 절삭 길이의 중앙에서 동일한 값에 가까워지도록 구성될 수 있다 (이 케이스의 경우 51.4° , 즉, 360° 를 돌기들의 개수로 나눈 것). 즉, 도 3에서 인덱스 각도(IB)는 도 2의 인덱스 각도(IA)보다 51.4° 에 가깝고, 그리고 도 4의 제 1, 제 2, 제 3, 제 4, 제 5, 제 6, 및 제 7 인덱스 각도들(IC1, IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7)은 도 3에서보다 51.4° 에 더 가깝거나 또는 동등하다.

[0089] 특히 나선 각도들 그리고 인덱스 각도들은 유효 절삭 길이의 중앙에서 동일한 또는 거의 동일한 값들로부터 발산하도록 구성된다. 즉, 도 5에서 인덱스 각도들(ID1, ID2, ID3, ID4, ID5, ID6, ID7)은 도 4의 대응하는 인

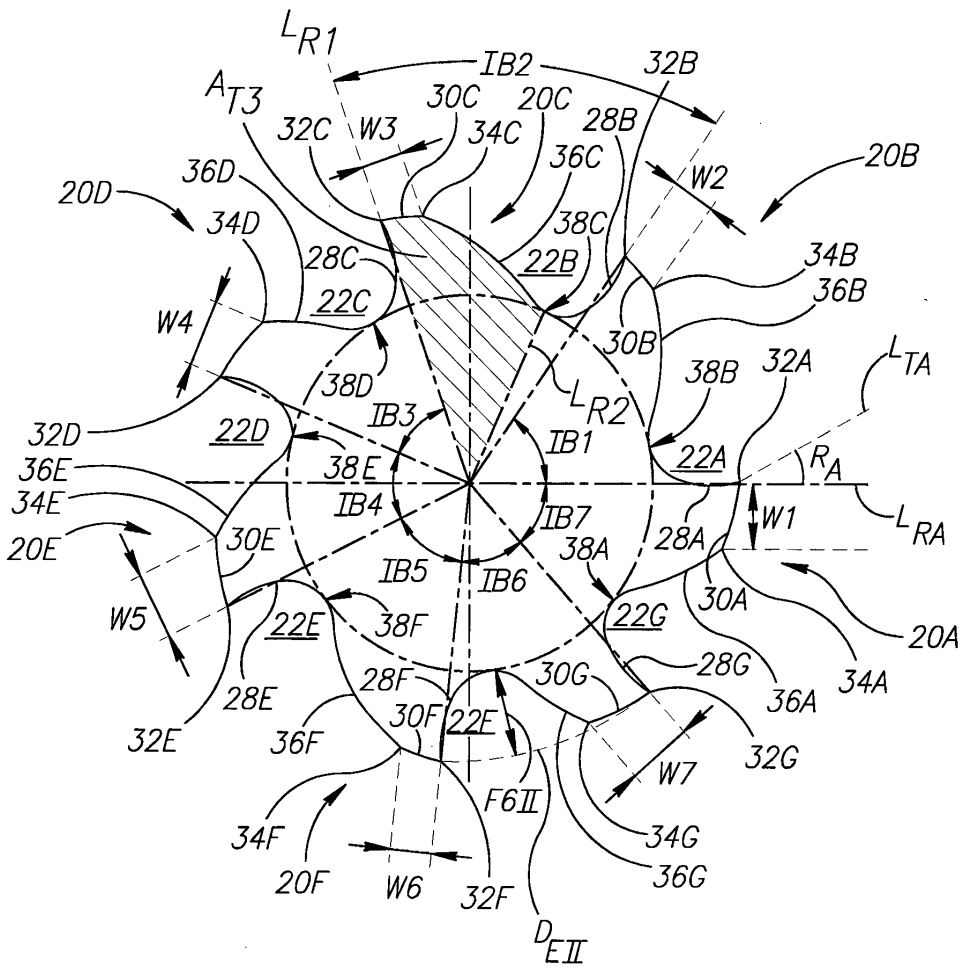
텍스 각도들(IC)보다 51.4° 의 값으로부터 더 멀리 떨어져 있다.

- [0090] 도 3, 도 5 그리고 또한 도 2와 도 6에서, 동일한 값으로부터 인텍스 각도들의 발산은 (적어도 그 절대적 크기에 있어서) 거의 동일할 수 있다.
- [0091] 위에서 서술한 엔드밀들의 테스트 결과들은 비교대상으로 테스트된 엔드밀들의 성능을 훨씬 능가했다 (4D의 깊이를 가지고 엔드밀 직경의 최대 10%의 칩 폭을 갖는 38-65HRc의 강도를 갖는 스틸 상에서 테스트됨). 마감을 위해 업계 표준에 따라 허용 가능한 표면 마감 레벨은 $Ra = 0.4\mu m$ 이고, 그리고 $Ra = 0.3\mu m$ 이 심지어 4D의 깊이에서 성취되었다. 유사하게, 엔드밀은 트로코이달(trochoidal) 밀링 조건에서, 그리고 심지어 스테인레스 스틸에서 성공적으로 성능을 발휘했다. 테스트가 아직 완료되지 않았지만, 심지어 엔드밀 직경의 최대 25%의 칩에 대해서도 성공적인 테스트가 성취되었다. 지금까지는, 심지어 다양한 조건들과 재료들에 대한 모든 테스트가 성공적이었다.
- [0092] 각 특징이 의심할 여지 없이 성능을 향상시키기 위해 공헌하면서, 각 특정 개선의 수는 심지어 엔드밀의 다른 응용례들을 위해 개선된 성능들을 개별적으로 제공하는 것으로 믿어진다.
- [0093] 예를 들어, 엔드밀의 성능에 특히 공헌하는 것으로 생각되는 한 설계의 특징은 6° 의 반경 방향 레이크 각도(즉, 평균 반경 방향 레이크 각도 9.43° 보다 작은 반경 방향 레이크 각도 값, 바람직하게는 6° , 9° , 12° 의 레이크 각도 세트 중 최소 반경 방향 레이크 각도)를 갖는 제 3 및 제 6 돌기들(20C, 20F) 중 적어도 하나, 바람직하게는 이들 각각이, 각각 플루트, 즉, 37° 의 나선 각도 (즉, 평균 나선 각도 36° 보다 더 큰 나선 각도 값, 그리고 바람직하게는 35° , 36° , 37° 의 나선 각도 세트 중 최대 나선 각도 값)을 갖는 제 3 및 제 6 플루트들(22C, 22F)에 후행한다는 것이다.
- [0094] 또한 정반대의 배열이 반드시 유해한 것은 아님을 알 수 있다. 즉, 가장 큰 반경 방향 레이크 각도(즉, 12° 로서 필요한 반경 방향 절삭력을 감소시키는 반경 방향 레이크 각도)을 갖는 돌기가 반드시 최소 나선 각도(즉 35°)를 갖는 선행하는 플루트에 연관되어야 하는 것은 아니며, 유리하게는 더 큰 나선 각도 (즉, 36° 로서 35° 의 나선 각도보다 작은 반경 방향 절삭력을 요구함)과 관련될 수 있다.
- [0095] 또한 주목할만한 독립적인 공헌을 제공하는 다른 설계 특징은 현저히 다른 값들을 갖는 반경 방향 레이크 각도들을 제공하는 것이다. 특히 긴 유효 절삭 길이와 플루트 깊이의 증가를 상쇄하기 위해, 반경 방향 레이크 각도들은 2° 이상 다르다(본 예시에서는 3°). 하지만, 반경 방향 레이크 각도 값들을 지나치게 다르지 않도록 하는 것이, 특정 돌기 상의 절삭 힘을 지나치게 달라지게 하여 그러므로 인해 마모를 증가시키지 않기 위해 유익한 것으로 믿어진다.
- [0096] 설명을 위한 목적으로, 예시적인 반경 방향 레이크 각도 세트는 7개의 값들, 즉 6° , 6° , 12° , 12° , 12° , 9° , 9° 를 포함하는 것을 알 수 있다. 9° 의 반경 방향 레이크 각도 값을 갖는 한 개의 돌기는 6° 의 반경 방향 레이크 각도를 갖는 돌기들과 3° 만큼 다르고, 그리고 또한 12° 의 반경 방향 레이크 각도를 갖는 돌기들과 3° 만큼 다른 것을 알 수 있다. 하지만 9° 의 동일한 값을 갖는 다른 돌기와는 전혀 다르지 않다. 9° 의 반경 방향 레이크 값을 갖는 돌기는 비-동일한 반경 방향 레이크 값들을 갖는 모든 다른 돌기들(즉, 9° 의 동일한 값을 갖는 한 개의 다른 돌기를 배제함)과 적어도 2° 차이나는 반경 방향 레이크 각도 값을 갖는 것으로 이해될 수 있다(이 케이스의 경우 정확히 3° 다르다).
- [0097] 이러한 특징은 달성하기 어려운 딥 솔더링을 허용하고, 4D에서 성공적으로 테스트 되었으며, 최대 6D까지 그리고 어쩌면 그 이상까지 실현 가능한 것으로 여겨진다.
- [0098] 딥 솔더링 성능은, 한편으로는 진동을 감소시키기 위해 서로 다른 인텍스 값들을 포함하고, 한편으로는 엔드밀의 중앙에서 동일한 값으로 모이고, 그리고 돌기들을 분리하기 이격시키지 않게 다시 발산하는 인텍스 각도 정렬과 같은 다른 설계 특징들에 의해 도움을 받는 것으로 믿어진다.
- [0099] 유사한 설계 기여는 가까운 값들의 세트로 긴밀하게 제한되는 나선 각도 변이값에 의해 이해될 수 있다 (이 경우, 모든 플루트들 사이에서 총 3° 의 변이값). 나선 각도들의 변이하는 것이 진동 감소에 이익이 되지만, 이러한 변이값은 특히 긴 유효 절삭 길이를 갖는 엔드밀을 생산하기 위해 제한되고, 그리고 후속적으로 상대적으로 큰 반경 방향 레이크 변이값을 통해 보상된다 (반경 방향 레이크 변이값은 일반적으로 나선 변이값보다 진동 감소에 있어 덜 효과적인 것으로 믿어진다).
- [0100] 다른 팩터들(예를 들어, 반경 방향 레이크 각도들, 나선 각도들, 인텍스 각도들)과 유사하게 플루트 깊이들 또한 진동을 감소시키기 위해, 하지만 엔드밀을 손상시키지 않기 위해 다시 제한된 양 내에서 변화된다.

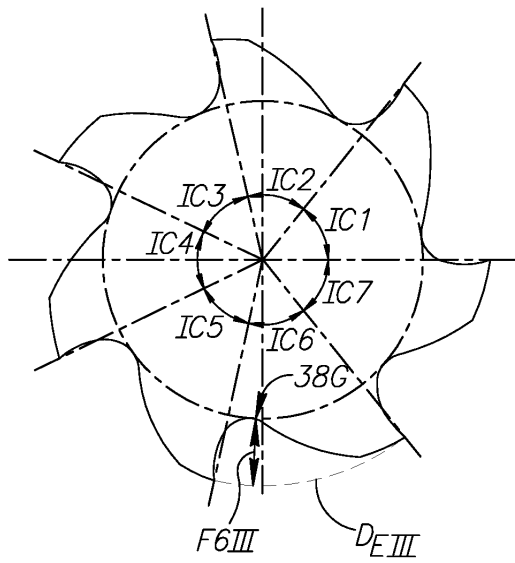
도면2



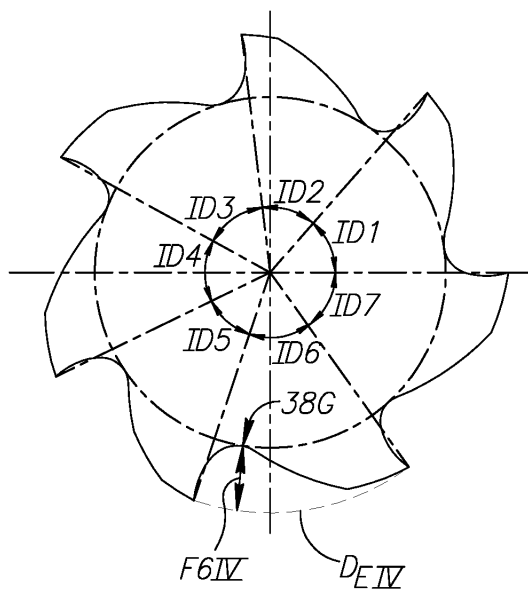
도면3



도면4



도면5



도면6

