



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월17일
(11) 등록번호 10-1970045
(24) 등록일자 2019년04월11일

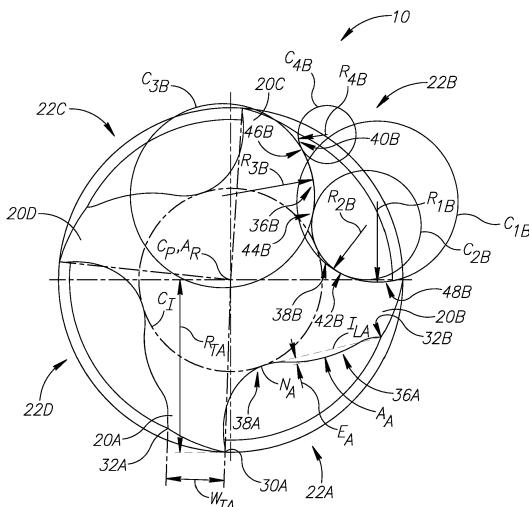
- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23C 5/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23C 5/10 (2013.01)
B23C 2210/0407 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7021261
(22) 출원일자(국제) 2014년01월16일
심사청구일자 2016년11월25일
(85) 번역문제출일자 2015년08월06일
(65) 공개번호 10-2015-0115782
(43) 공개일자 2015년10월14일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2014/050058
(87) 국제공개번호 WO 2014/125473
국제공개일자 2014년08월21일
(30) 우선권주장
13/766,383 2013년02월13일 미국(US)

- (56) 선행기술조사문헌
JP2005111638 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 24 항

심사관 : 김용상

(54) 발명의 명칭 **티타늄을 기계가공하기 위한 비대칭적인 인덱스각 배열을 갖는 엔드 밀****(57) 요약**

티타늄을 기계가공하기 위한 엔드 밀(10)은 플루트(22)와 교대로 있는 무딘 치형부를 갖는 절삭부(14)를 포함한다. 각각의 플루트(22)는, 절삭 에지(30)로부터 순차적으로, 레이크면(28), 오목 형상 굽힘부(38), 볼록 형상 배출부(36) 및 치형부 릴리프 에지(32)를 포함한다. 볼록 형상 배출부(36)는 플루트(22)의 인접한 굽힘부(36)의 최저점으로부터 인접한 치형부 릴리프 에지(32)까지 연장되는 가상 직선과 배출부(36)의 정점 사이에서 측정 가능한 배출부 높이(E)를 갖는다. 엔드 밀(10)의 회전축(A_R)에 수직한 평면에서, 배출부 높이(E) 및 절삭부 직경(D_E)은 조건 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 를 충족시킨다.

대 표 도 - 도2c

(52) CPC특허분류

B23C 2210/045 (2013.01)
B23C 2210/0492 (2013.01)
B23C 2210/123 (2013.01)
B23C 2210/282 (2013.01)
B23C 2210/40 (2013.01)
B23C 2222/88 (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

JP2007136626 A*
JP2007331097 A*
KR1020080087145 A*
US20040120777 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

종방향으로 연장되는 회전축(A_R)을 갖는, 티타늄을 기계가공하기 위한 엔드 밀에 있어서,

생크부, 및

상기 생크부로부터 절삭 단부면까지 연장되고, 나선형 플루트와 교대로 있는 적어도 4개의 절삭 치형부가 일체형으로 형성되고, 절삭부 직경(D_E)을 갖는 절삭부를 포함하며;

각각의 치형부는,

레이크면,

릴리프면,

상기 레이크면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 절삭 에지, 및

상기 절삭 에지로부터 이격되어 있고, 상기 치형부에 이어지는 플루트의 인접한 표면과 상기 릴리프면의 교차부에 형성되는 릴리프 에지를 포함하고;

각각의 레이크면은,

레이크 리세스형 서브면,

회전축으로부터 상기 레이크 리세스형 서브면보다 멀리 배치되고, 상기 절삭 에지를 통과하는 가상의 반경방향 선에 대해 상기 레이크 리세스형 서브면 위로 융기되는 레이크 절삭 서브면, 및

상기 레이크 리세스형 서브면과 레이크 절삭 서브면의 교차부에 형성되는 레이크 불연속부를 포함하고;

각각의 치형부는 상기 레이크 절삭 서브면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 실제의 내부 절삭각을 포함하고, 상기 실제의 내부 절삭각은 상기 릴리프면과 상기 레이크 리세스형 서브면의 가상 연장선의 교차부에 형성되는 가상의 내부 절삭각보다 큰 값을 가지며;

각각의 치형부는 상기 치형부의 레이크 불연속부로부터 절삭 에지까지 측정되고 조건 $0.01R_T < L_c < 0.05R_T$ 를 충족시키는 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)를 갖고, 여기서 R_T 는 회전축으로부터 절삭 에지까지 직선으로 측정된 치형부의 반경 치수이며;

각각의 치형부는 6° 내지 -6° 의 범위 내에 있는 반경방향 레이크각을 갖고;

각각의 플루트는 조건 $30^\circ < H < 50^\circ$ 를 충족시키는 나선각(H)을 가지며;

회전축(A_R)에 수직인 평면에서, 각각의 플루트는 볼록 형상 배출부 및 상기 배출부와 레이크 리세스형 서브면을 연결하는 오목 형상 굽힘부를 포함하고;

상기 배출부는 인접한 굽힘부의 최저점으로부터 인접한 릴리프 에지까지 연장되는 가상 직선과 상기 배출부의 정점 사이에서 측정가능한 배출부 높이(E)를 갖고, 상기 배출부 높이(E)는 조건 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 를 충족시키는 크기를 가지며,

상기 절삭 단부면에서, 상기 플루트의 인덱스각은 비대칭적인 배열로 되어 있는 엔드 밀.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 배출부 높이(E)는 조건 $0.014D_E < E < 0.029D_E$ 를 충족시키는 크기를 갖는 엔드 밀.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 배출부, 굽힘부, 및 배출부 높이(E)는 상기 엔드 밀의 유효 절삭부의 회전축(A_R)에 수직인 각 평면에 존재하는 엔드 밀.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 플루트 중 하나의 플루트의 나선각 및 배출부 반경은 상기 플루트 중 다른 플루트의 각각의 나선각 및 배출부 반경보다 작은 엔드 밀.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 플루트 중의 가장 작은 나선각보다 상기 플루트 중의 가장 큰 나선각에 근접한 나선각은 비교적 큰 나선각으로 고려되고, 상기 플루트 중의 가장 큰 나선각보다 가장 작은 나선각에 근접한 나선각은 비교적 작은 나선각으로 고려되며, 비교적 큰 나선각을 갖는 각 플루트는 비교적 작은 나선각을 갖는 각 플루트의 배출부 반경보다 큰 배출부 반경을 갖는 엔드 밀.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 플루트 중 하나의 플루트의 나선각 및 굽힘부 반경은 상기 플루트 중 다른 플루트의 각각의 나선각 및 굽힘부 반경보다 작은 엔드 밀.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 플루트 중의 가장 작은 나선각보다 상기 플루트 중의 가장 큰 나선각에 근접한 나선각은 비교적 큰 나선각으로 고려되고, 상기 플루트 중의 가장 큰 나선각보다 가장 작은 나선각에 근접한 나선각은 비교적 작은 나선각으로 고려되며, 비교적 큰 나선각을 갖는 각 플루트는 비교적 작은 나선각을 갖는 각 플루트의 굽힘부 반경보다 큰 굽힘부 반경을 갖는 엔드 밀.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 하나의 플루트의 굽힘부 반경은 상기 하나의 플루트의 배출부 반경보다 작거나, 각 플루트의 굽힘부 반경은 상기 각 플루트의 각각의 배출부 반경보다 작은 엔드 밀.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 절삭 단부면에서, 각각의 플루트는 상기 배출부와 릴리프 에지를 연결하는 오목 형상 후육부를 포함하는 엔드 밀.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 후육부 중 하나는 상기 절삭부의 일부분만을 따라 연장되거나, 또는 상기 하나의 후육부를 제외하고는, 각각의 후육부는 전체 절삭부를 따라 연장되는 엔드 밀.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 절삭부에서, 코어 직경(D_C)은 조건 $0.47D_E < D_C < 0.60D_E$ 를 충족시키거나, 코어 직경(D_C)은 $0.53D_E \pm 0.01D_E$ 인 엔드 밀.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 실제의 내부 절삭각은 4° 내지 15° 만큼 가상의 내부 절삭각보다 크거나, 8° 내지 13° 만큼 가상의 내부 절삭각보다 큰 값을 갖는 엔드 밀.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 치형부의 레이크각은 $2^\circ \pm 1^\circ$ 또는 $-2^\circ \pm 1^\circ$ 인 엔드 밀.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 치형부는 각각의 제2 반경방향 레이크각이 동일한 값을 갖는 배열로 되어 있

고, 상기 각각의 제2 반경방향 레이크각이 갖는 값은 교대로 있는 치형부의 반경방향 레이크각과 다른 엔드 밀.

청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서, 각각의 치형부는 동일한 치형부의 레이크 불연속부로부터 절삭 예지까지 측정되는 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)를 갖고, 상기 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)는 조건 $0.01R_t < L_c < 0.05R_t$ 를 충족시키고, 여기서 R_t 는 각각의 치형부의 반경 치수이거나, 또는 상기 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)는 $0.026R_t \pm 0.005R_t$ 인 엔드 밀.

청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서, 모든 인덱스각은, (i) 상기 절삭 단부면에서, 또는 (ii) 상기 절삭부의 각 단면에서, 또는 (iii) 이를 모두에서 상이한 엔드 밀.

청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 절삭 단부면에서의 모든 치형부 폭은 동일한 크기인 엔드 밀.

청구항 18

제1항 또는 제2항에 있어서, 치형부 폭은 상기 절삭 단부면으로부터 이격된 위치에서 서로 달라지는 엔드 밀.

청구항 19

제18항에 있어서, 모든 제2 치형부 폭은 폭이 증가하고, 모든 교대로 있는 치형부 폭은 폭이 감소하는 엔드 밀.

청구항 20

제1항 또는 제2항에 있어서, 단부에서 볼 때, 상기 엔드 밀은 비교적 긴 치형부 및 비교적 짧은 치형부를 포함하고, 상기 긴 치형부는 서로에 대해 비스듬하게 되는 엔드 밀.

청구항 21

제1항 또는 제2항에 있어서, 각각의 연관된 레이크 절삭 서브면 및 레이크 리세스형 서브면은, 피삭재로부터 절삭된 칩이 상기 레이크 절삭 서브면과 접촉하지만 상기 절삭 예지로부터 면 측부상에서 상기 레이크 불연속부에 바로 인접한 레이크 리세스형 서브면과는 접촉하지 않도록, 서로에 대해 배열되는 엔드 밀.

청구항 22

제1항 또는 제2항에 있어서, 각각의 치형부는 톱니형상부가 없는 엔드 밀.

청구항 23

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 플루트의 인덱스각은 상기 절삭부의 전체 길이를 따라 비대칭적인 배열로 되어 있는 엔드 밀.

청구항 24

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 절삭 단부면에서의 각 치형부는 조건 $0.13D_E < W_t < 0.22D_E$ 또는 $0.165D_E \pm 0.01D_E$ 를 충족시키는 치형부 폭(W_t)을 가질 수 있는 엔드 밀.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

작제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 주제는 티타늄을 기계가공하도록 구성된 엔드 밀(end mill)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 티타늄은 그 특성이 엔드 밀을 빠르게 열화시킬 수 있으므로 밀링하기에 비교적 어려운 재료로 고려될 수 있다. 이론적으로, 이러한 열화는, 적어도 부분적으로, 티타늄으로 이루어진 피삭재(workpiece)를 기계가공하는 엔드 밀에 대한 이 피삭재의 열 전달 때문인 것으로 여겨진다.

[0003] 열 전달 이외에, 엔드 밀을 설계할 때의 다른 고려사항은 칩의 배출이다. 그에 따라, 엔드 밀 설계 동안 플루트 형상(flute shape)이 고려된다. 특허문헌 제CN 20145538호, 제CN 102303158호 및 제CN 202199817호는 상이한 수학적 모형에 따른 플루트 형상을 갖는 엔드 밀을 개시한다.

[0004] 또 다른 고려사항은 엔드 밀 채터(end mill chatter)의 저감이다. 이론적으로, 채터의 저감은, 예를 들어 특허 문헌 제US 6,991,409호, 제US 7,306,408호 및 제US 8,007,209호에 개시된 바와 같이, 비대칭 특징부를 갖는 엔드 밀을 설계함으로써 달성될 수 있다. 특허문헌 제US 8,007,209호의 도 1은 또한 톱니형상부(serration)(도 1, 참조부호 7)를 갖는 엔드 밀을 개시한다.

[0005] 많은 엔드 밀이 유사하게 보이지만, 정밀 검사시에, 종종 작지만 관련성있는 많은 차이가 있으며, 일부 차이는 엔드 밀이 특정 타입의 재료의 또는 특정 절삭 조건하에서의 소망의 기계가공 작업을 달성할 수 있는지에 관해서 매우 중요하다.

[0006] 통상, 절삭 에지는 서로에 대해 상이한 인덱스각(index angle)으로 배치되고, 나선형의 반경방향 레이크각(rake angle) 및 축방향 레이크각은 상이한 절삭 에지에서 변할 수 있고, 심지어 단일의 절삭 에지를 따라 변할 수도 있다. 엔드 밀에서의 각 요소의 배향, 위치 및 크기가 엔드 밀의 성능에 크게 영향을 미칠 수 있다.

[0007] 가능한 설계의 대단히 많은 변화를 고려하여, 특히 티타늄과 같은 특정 재료를 기계가공하기에 보다 효율적인 엔드 밀을 시도하고 찾는 연구가 진행중에 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 새롭고 개선된 엔드 밀을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 특정 치형부 형상 및 특정 플루트 형상을 조합한 엔드 밀이 특정 조건하에서 티타늄을 기계가공할 때 놀라운 장수명화를 달성할 수 있다는 것을 알아냈다.

[0010] 보다 정확하게는, 치형부 형상은 무딘 절삭 에지(절삭 에지는 레이크 절삭 서브면(sub-surface)과 릴리프면(relief surface)의 교차부에 있음) 및 레이크 절삭 서브면으로부터 연장되는 리세스형 레이크 서브면(recessed rake sub-surface)(이하, "레이크 리세스형 서브면")을 포함한다.

[0011] 무딘 절삭 에지는 그에 의해 야기되는 비교적 증가된 기계가공 파워 요건 때문에 해로운 것으로 고려될 수 있지만, 실험 결과는 다르게 나타났다.

[0012] 보다 정확하게는, 무딘 절삭 에지는 레이크 절삭 서브면과 릴리프면의 교차부에 형성된 실제의 내부 절삭각을 갖는 것으로 정의되며, 실제의 내부 절삭각은 레이크 리세스형 서브면과 릴리프면의 가상의 연장선의 교차부에 형성된 가상의 내부 절삭각보다 큰 값을 갖는다.

[0013] 이후에 절삭 에지를 지칭할 때 용어 "무딘(blunt)"의 사용은 상기의 정의와 호환가능하다는 것이 이해될 것이다.

[0014] 레이크 절삭 서브면에 인접한 레이크 리세스형 서브면(즉, 인접한 레이크 리세스형 서브면은 절삭 에지를 통과

하는 가상의 반경방향 선에 대해 인접한 레이크 절삭 서브면보다 치형부 내로 더 오목하게 형성되어 있거나, 또는 달리 말하면, 레이크 절삭 서브면은 절삭 에지를 통과하는 가상의 반경방향 선에 대해 레이크 리세스형 서브면 위로 융기되어 있음)의 제공은 이론적으로 티타늄을 기계가공할 때 엔드 밀에의 열 전달을 감소시키는 것으로 여겨진다.

[0015] 유사하게, 레이크 절삭 서브면의 길이를 최소화하는 것은 엔드 밀 레이크면과 칩의 접촉을 감소시킴으로써 열 전달을 저감하는 것으로 또한 여겨진다.

[0016] 이제 전술한 플루트 형상을 참조하면, 플루트는 특정 크기의 볼록 형상 배출부(ejecting portion)에 의해 이어지는 오목 형상 굽힘부(bending portion)를 포함한다.

[0017] 굽힘부는 밀링 작업 동안에 티타늄 칩을 구부리도록 구성된다. 굽힘부를 포함하는 플루트는 특허문헌 제CN 102303158호의 도 4에 도시되어 있다.

[0018] 일반적으로 말하면, 볼록 형상 플루트부는 치형부에 구조적 강도(즉, 치형부의 두께를 증대시킴) 및 증가된 관성 모멘트를 제공할 수 있다. 그러나, 이러한 볼록부의 존재는 플루트의 단면 형상을 감소시키고, 이는 플루트로부터의 칩 배출에 해로운 것으로 여겨진다. 그러한 볼록부를 갖지 않는 플루트는 특허문헌 제CN 102303158호의 도 3에 도시되어 있다.

[0019] 특정 크기일지라도, 볼록부의 제공은 티타늄 파삭재의 기계가공 동안에 유리한 칩 배출 효과를 제공할 수 있다는 것을 이제 알아냈다(결과적으로, 본 출원의 주제의 볼록 형상부가 "배출부"라고 지칭됨). 보다 정확하게는, 그러한 배출부는 칩 배출을 위한 제한된 공간을 갖는 티타늄 슬롯팅 작업 동안에 보다 양호한 기계가공 성능을 제공하고, 비교적 빠른 티타늄 기계가공 속도에서 특히 양호한 결과를 나타낸다는 것을 알아냈다.

[0020] 티타늄을 기계가공할 때의 다른 고려사항은 전형적으로 엔드 밀의 비대칭 특징부에 의한 채터의 저감이다. 비대칭적인 인덱스각 배열을 갖는 엔드 밀이 비교적 장수명화를 갖는 것으로 알려져 있다.

[0021] 본 명세서 및 청구범위를 위해, 대칭적인 인덱스각 배열을 갖는 엔드 밀은, 절삭 단부면에서, 모든 플루트가 대향하는 플루트의 인덱스각 값과 동일한 인덱스각 값을 갖는 것으로서 정의된다. 반대로, 비대칭적인 인덱스각 배열을 갖는 엔드 밀은 그러한 정의 내에 있지 않은 것이다.

[0022] 본 출원의 주제의 제1 태양에 따르면, 티타늄을 기계가공하기 위한 엔드 밀이 제공되며, 상기 엔드 밀은 나선형 플루트와 교대로 있는 치형부 및 절삭부 직경(D_E)을 갖는 절삭부를 포함하고; 각각의 치형부는 레이크 절삭 서브면과 릴리프면의 교차부에 형성된 무딘 절삭 에지, 및 레이크 절삭 서브면보다 치형부 내로 더 오목하게 형성된 레이크 리세스형 서브면을 포함하고; 각각의 플루트는, 엔드 밀의 회전축에 수직한 평면에서, 볼록 형상 배출부에 연결된 오목 형상 굽힘부를 포함하고, 볼록 형상 배출부는 조건 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 를 충족시키는 배출부 높이(E)를 갖는다.

[0023] 본 출원의 주제의 다른 태양에 따르면, 종방향으로 연장되는 회전축(A_R)을 갖는, 티타늄을 기계가공하기 위한 엔드 밀이 제공되며, 상기 엔드 밀은, 생크부, 및 이 생크부로부터 절삭 단부면까지 연장되고, 나선형 플루트와 교대로 있는 적어도 4개의 절삭 치형부가 일체형으로 형성되고, 절삭부 직경(D_E)을 갖는 절삭부를 포함하며; 각각의 치형부는, 레이크면, 릴리프면, 레이크면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 절삭 에지, 및 이 절삭 에지로부터 이격되어 있고, 치형부에 이어지는 플루트의 인접한 표면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 릴리프 에지를 포함하고; 각각의 레이크면은, 레이크 리세스형 서브면, 회전축으로부터 레이크 리세스형 서브면보다 멀리 배치되고, 절삭 에지를 통과하는 가상의 반경방향 선에 대해 레이크 리세스형 서브면 위로 융기되는 레이크 절삭 서브면, 및 레이크 리세스형 서브면과 레이크 절삭 서브면의 교차부에 형성되는 레이크 불연속부를 포함하고; 각각의 치형부는 레이크 절삭 서브면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 실제의 내부 절삭각을 포함하고, 실제의 내부 절삭각은 릴리프면과 레이크 리세스형 서브면의 가상 연장선의 교차부에 형성되는 가상의 내부 절삭각보다 큰 값을 가지며; 회전축(A_R)에 수직인 평면에서, 각각의 플루트는 볼록 형상 배출부 및 이 배출부와 레이크 리세스형 서브면을 연결하는 오목 형상 굽힘부를 포함하고; 배출부는 인접한 굽힘부의 최저점으로부터 인접한 릴리프 에지까지 연장되는 가상 직선과 배출부의 정점 사이에서 측정가능한 배출부 높이(E)를 갖고, 이 배출부 높이(E)는 조건 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 를 충족시키는 크기를 가지며, 절삭 단부면에서, 플루트의 인덱스각은 비대칭적인 인덱스각 배열로 되어 있다.

[0024] 본 출원의 주제의 또 다른 태양에 따르면, 종방향으로 연장되는 회전축(A_R)을 갖는, 티타늄을 기계가공하기 위한

엔드 밀이 제공되며, 상기 엔드 밀은, 생크부, 및 이 생크부로부터 절삭 단부면까지 연장되고, 나선형 플루트와 교대로 있는 적어도 4개의 절삭 치형부가 일체형으로 형성되고, 절삭부 직경(D_E)을 갖는 절삭부를 포함하며; 각각의 치형부는, 레이크면, 릴리프면, 레이크면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 절삭 에지, 및 이 절삭 에지로부터 이격되어 있고, 치형부에 이어지는 플루트의 인접한 표면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 릴리프 에지를 포함하고; 각각의 레이크면은, 레이크 리세스형 서브면, 회전축으로부터 레이크 리세스형 서브면보다 멀리 배치되고, 절삭 에지를 통과하는 가상의 반경방향 선에 대해 레이크 리세스형 서브면 위로 융기되는 레이크 절삭 서브면, 및 레이크 리세스형 서브면과 레이크 절삭 서브면의 교차부에 형성되는 레이크 불연속부를 포함하고; 각각의 치형부는 레이크 절삭 서브면과 릴리프면의 교차부에 형성되는 실제의 내부 절삭각을 포함하고, 실제의 내부 절삭각은 릴리프면과 레이크 리세스형 서브면의 가상 연장선의 교차부에 형성되는 가상의 내부 절삭각보다 큰 값을 가지며; 각각의 치형부는 이 치형부의 레이크 불연속부로부터 절삭 에지까지 측정되고 조건 $0.01R_T < L_c < 0.05R_T$ 를 충족시키는 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)를 갖고, 여기서 R_T 는 회전축으로부터 절삭 에지까지 직선으로 측정된 치형부의 반경 치수이며; 각각의 치형부는 6° 내지 -6° 의 범위 내에 있는 반경방향 레이크각을 갖고; 각각의 플루트는 조건 $30^\circ < H < 50^\circ$ 를 충족시키는 나선각(H)을 가지며; 회전축(A_R)에 수직인 평면에서, 각각의 플루트는 볼록 형상 배출부 및 이 배출부와 레이크 리세스형 서브면을 연결하는 오목 형상 굽힘부를 포함하고; 배출부는 인접한 굽힘부의 최저점으로부터 인접한 릴리프 에지까지 연장되는 가상 직선과 배출부의 정점 사이에서 측정가능한 배출부 높이(E)를 갖고, 이 배출부 높이(E)는 조건 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 를 충족시키는 크기를 가지며, 절삭 단부면에서, 플루트의 인덱스각은 비대칭적인 인덱스각 배열로 되어 있다.

[0025] 상기에 기재된 것은 요약이고, 상기의 임의의 태양은 하기에서 설명되는 임의의 특징을 추가로 포함할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 구체적으로, 하기의 특징은 단독으로 또는 조합하여 상기의 임의의 태양에 적용할 수 있다:

[0026] A. 배출부 높이(E)는 조건 $0.014D_E < E < 0.029D_E$ 를 충족시키는 크기를 가질 수 있다. 상세한 설명을 위해, 범위 $0.010D_E < E < 0.031D_E$ 은 티타늄을 가공하기에 적합한 것으로 여겨지는 한편, 범위 $0.014D_E < E < 0.029D_E$ 는 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다. 이론적으로, 그러한 적당한 배출부 높이(즉, $0.010D_E < E < 0.031D_E$)는 적합한 치형부 강도(적합한 치형부 폭을 허용하는 것에 의해) 및 관성 모멘트를 가능하게 할 수 있다.

[0027] B. 회전축(A_R)에 수직인 엔드 밀의 유효 절삭부의 각 평면에는 배출부 및 굽힘부가 존재할 수 있다. 각 평면에서, 배출부는 전술한 조건을 충족하는 배출부 높이(E)를 가질 수 있다(즉, $0.010D_E < E < 0.031D_E$, $0.014D_E < E < 0.029D_E$).

[0028] C. 적어도 하나의 나선각은 다른 나선각과 상이할 수 있다.

[0029] D. 플루트 중 하나의 플루트의 나선각 및 배출부 반경은 플루트 중 다른 플루트의 각각의 나선각 및 배출부 반경보다 작을 수 있다.

[0030] E. 플루트 중에서 가장 작은 나선각보다 플루트 중에서 가장 큰 나선각에 근접한 나선각은 비교적 큰 나선각으로 고려되고, 플루트 중에서 가장 큰 나선각보다 가장 작은 나선각에 근접한 나선각은 비교적 작은 나선각으로 고려될 수 있다. 비교적 큰 나선각을 갖는 각 플루트는 비교적 작은 나선각을 갖는 각 플루트의 배출부 반경보다 큰 배출부 반경을 가질 수 있다.

[0031] F. 플루트 중 하나의 플루트의 나선각 및 굽힘부 반경은 플루트 중 다른 플루트의 각각의 나선각 및 굽힘부 반경보다 작을 수 있다.

[0032] G. 플루트 중에서 가장 작은 나선각보다 플루트 중에서 가장 큰 나선각에 근접한 나선각은 비교적 큰 나선각으로 고려되고, 플루트 중에서 가장 큰 나선각보다 가장 작은 나선각에 근접한 나선각은 비교적 작은 나선각으로 고려될 수 있다. 비교적 큰 나선각을 갖는 각 플루트는 비교적 작은 나선각을 갖는 각 플루트의 굽힘부 반경보다 큰 굽힘부 반경을 가질 수 있다.

[0033] H. 플루트 중 하나의 플루트의 굽힘부 반경은 하나의 플루트의 배출부 반경보다 작을 수 있다. 각 플루트의 굽힘부 반경은 그러한 플루트의 배출부 반경보다 작을 수 있다.

[0034] I. 비대칭적인 인덱스각 배열을 갖는 엔드 밀을 위한 후육부(thickening portion)의 잠재적으로 유익한 배열은 하기와 같을 수 있다. 절삭 단부면에서, 각 플루트는 배출부와 릴리프 에지를 연결하는 오목 형상 후육부를 포

함할 수 있다. 그러한 후육부는 치형부 폭을 증대시키고, 그에 따라 티타늄을 기계가공하는데 필요한 구조적 강도를 증대시킬 수 있다. 후육부 중 하나는 절삭 단부면으로부터 절삭부의 일부분만을 따라 연장될 수 있다. 절삭부의 일부분만을 따라 연장되는 하나의 후육부와는 다른 각각의 후육부는 전체 절삭부를 따라 연장될 수 있다.

[0035] J. 절삭부에서, 코어 직경(D_c)은 조건 $0.47D_E < D_c < 0.60D_E$ 를 충족시킬 수 있다. 코어 직경(D_c)은 $0.53D_E \pm 0.01D_E$ 일 수 있다. 이전의 조건($0.47D_E < D_c < 0.60D_E$)은 칩 배출을 위한 플루트 크기와, 티타늄을 기계가공하기 위한 허용가능한 결과를 제공할 수 있는 허용가능한 관성 모멘트 사이의 적절한 밸런스를 제공하는 것으로 여겨진다. 이론적으로, $0.53D_E$ 에 근접하는 값은 최적인 것으로 여겨지고, 그러한 값은 실제로 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다.

[0036] K. 실제의 내부 절삭각은 4° 내지 15° 만큼 가상의 내부 절삭각과 다른 값을 가질 수 있다. 실제의 내부 절삭각은 8° 내지 13° 만큼 가상의 내부 절삭각과 다를 수 있다. 이전의 조건(4° 내지 15°)은 티타늄을 기계가공하기에 적합한 것으로 여겨진다. 이론적으로, 차이의 저감(특히, 8° 내지 13° 까지)은 최적인 것으로 여겨지고, 그러한 범위는 실제로 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다.

[0037] L. 각 치형부의 반경방향 레이크각은 6° 내지 -6° 의 범위 내에 있을 수 있다. 반경방향 레이크각은 $2^\circ \pm 1^\circ$ 및 $-2^\circ \pm 1^\circ$ 일 수 있다. 이전의 범위(6° 내지 -6°)는 티타늄을 기계가공하기에 적합한 것으로 여겨진다. 이론적으로, 보다 작은 각도(즉, 6° 내지 -6° 보다 작은 반경방향 레이크각을 이용함)는 티타늄의 기계가공 성능을 증가시키는 것으로 여겨진다. 실제로, 약 2° 및 -2° 의 값은 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다.

[0038] M. 엔드 밀의 치형부는 각각의 제2 반경방향 레이크각이 동일한 값을 갖는 배열로 되어 있을 수 있고, 이러한 값은 교대로 있는 치형부의 반경방향 레이크각과 다르다.

[0039] N. 각각의 치형부는 동일한 치형부의 레이크 불연속부로부터 절삭 예지까지 측정되는 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)를 갖고, 이 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)는 조건 $0.01R_T < L_c < 0.05R_T$ 를 충족시킬 수 있고, 여기서 R_T 는 회전축으로부터 절삭 예지까지 직선으로 측정된 치형부의 반경 치수이다. 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)는 $0.026R_T \pm 0.005R_T$ 일 수 있다. 이전의 범위($0.01R_T < L_c < 0.05R_T$)는 티타늄을 기계가공하기에 적합한 것으로 여겨진다. 이론적으로, $0.026R_T$ 에 근접한 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c) 값은 최적인 것으로 여겨지고, 그러한 값은 실제로 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다.

[0040] O. 절삭 단부면에서, 플루트의 인덱스각은 비대칭적인 인덱스각 배열로 되어 있을 수 있다. 플루트의 인덱스각은 절삭부의 전체 길이를 따라 비대칭적인 인덱스각 배열로 되어 있을 수 있다.

[0041] P. 절삭 단부면에서의 모든 인덱스각은 상이할 수 있다. 절삭부의 각 단면에서의 인덱스각은 상이할 수 있다.

[0042] Q. 단부에서 볼 때, 엔드 밀은 비교적 긴 치형부 및 비교적 짧은 치형부를 포함할 수 있다. 긴 치형부는 서로에 대해 비스듬하게(skew)(즉, 평행하지 않게) 될 수 있다.

[0043] R. 절삭 단부면에서의 모든 치형부 폭은 동일한 크기를 가질 수 있다. 이러한 배열은 제조를 용이하게 한다.

[0044] S. 비대칭적인 인덱스각 배열의 인덱스각을 갖는 엔드 밀에 대해서, 치형부 폭을 변화시키는 것이 유익하다는 것을 알아냈다. 보다 정확하게는, 치형부 폭은 절삭 단부면으로부터 이격된 위치에서 변할 수 있다. 그러한 배열은, 특정 상황에서, 구조적 강도를 제공할 수 있다. 모든 제2 치형부 폭은 폭이 증가하고 모든 교대로 있는 치형부 폭은 폭이 감소하는 배열에서 양호한 결과가 달성되었다.

[0045] T. 절삭 단부면에서, 각 치형부는 조건 $0.13D_E < W_T < 0.22D_E$ 를 충족시키는 치형부 폭(W_T)을 가질 수 있다. 절삭 단부면에서, 치형부 폭(W_T)은 $0.165D_E \pm 0.01D_E$ 일 수 있다. 이전의 범위($0.13D_E < W_T < 0.22D_E$)는 티타늄을 기계가공하기에 적합한 것으로 여겨진다. 이론적으로, $0.165D_E$ 에 근접한 치형부 폭(W_T)의 값은 최적인 것으로 여겨지고, 그러한 값은 실제로 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다.

[0046] U. 각각의 연관된 레이크 절삭 서브면 및 레이크 리세스형 서브면은, 피삭재로부터 절삭된 칩이 레이크 절삭 서브면과 접촉하지만 절삭 예지로부터 면 측부상에서 레이크 불연속부에 바로 인접한 레이크 리세스형 서브면과는 접촉하지 않도록, 서로에 대해 배열될 수 있다.

[0047] V. 각각의 치형부는 톱니형상부가 없을 수 있다.

[0048] W. 엔드 밀은, 분당 80.0미터의 속도(V_c), 치형부당 0.08밀리미터의 이송 속도(F_z), 2.00밀리미터의 칩 두께 (a_e), 22.0밀리미터의 깊이(a_p)로 티타늄, 특히 Ti6AL4V를 기계가공할 때 적어도 60분의 공구 수명을 가질 수 있다. 이러한 기계가공 조건하에서, 공구 수명은 적어도 80분 또는 적어도 90분일 수 있다.

[0049] X. 각각의 플루트는 조건 $30^\circ < H < 50^\circ$ 를 충족시키는 나선각(H)을 가질 수 있다. 나선각(H)은 $35^\circ \pm 1^\circ$ 또는 $37^\circ \pm 1^\circ$ 일 수 있다. 이전의 범위는 티타늄을 기계가공하기에 적합한 것으로 여겨진다. 이론적으로, 35° 및 37° 에 근접한 값은 최적인 것으로 여겨지고, 그러한 값은 실제로 시험 동안에 양호한 결과를 달성하였다. 나선각은 각각 플루트의 전체 길이를 따라 일정하거나 가변적(즉, 하나 이상의 지점에서 값이 변하거나, 절삭부의 길이를 따르는 각 지점에서 값이 변함)일 수 있다.

[0050] Y. 각각의 레이크 리세스형 서브면은 오목 형상일 수 있다. 각각의 레이크 리세스형 서브면은 동일한 형상을 가질 수 있다.

[0051] Z. 각각의 플루트는 단일-패스 제조(다중-패스 제조보다 단순한 제조를 허용함)를 허용하는 형상을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0052] 본 출원의 주제의 보다 나은 이해를 위해, 또한 본 출원의 주제가 실제로 어떻게 실행될 수 있는지를 보여주기 위해, 이제 첨부 도면을 참조할 것이다:

도 1a는 본 출원의 주제에 따른 엔드 밀의 사시도이고;

도 1b는 도 1a의 엔드 밀의 측면도이고;

도 2a는 도 1a 및 도 1b의 엔드 밀의 단부도이고;

도 2b는 도 1b의 선 2B-2B를 따라 절취된 단면도이고;

도 2c는 가상원이 추가된 도 2b의 확대도이고;

도 3a 및 도 3b는 도 2b에 도시된 절삭 에지의 확대도이고;

도 4a 내지 도 4e는 도 1a 내지 도 3b의 엔드 밀을 포함하는 엔드 밀의 시험 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 전형적으로 초경합금(cemented carbide)과 같은 매우 경질의 내마모성 재료로 제조된 엔드 밀(10)을 도시하는 도 1a 및 도 1b가 참조되며, 이러한 엔드 밀(10)은 티타늄을 기계가공하고, 그 중심을 통과하여 종방향으로 연장되는 회전축(A_R)을 중심으로 회전하도록 구성된다. 본 예에서, 엔드 밀(10)의 회전 방향(D_R)은 도 2a에 도시된 도면에서 반시계방향이다.

[0054] 엔드 밀(10)은 생크부(shank portion)(12) 및 이 생크부로부터 연장되는 절삭부(14)를 포함한다.

[0055] 절삭부(14)는 절삭부 직경(D_E)을 가지며, 절삭 단부면(16)으로부터 가장 면 플루트 단부(18)까지 후방 축방향 (D_B)으로 회전축(A_R)을 따라 연장된다.

[0056] 절삭부(14)에는, 제1, 제2, 제3 및 제4 나선형 플루트(22A, 22B, 22C, 22D)와 교대로 있는 제1, 제2, 제3 및 제4 치형부(20A, 20B, 20C, 20D)가 일체형으로 형성되어 있다.

[0057] 또한 도 2a를 참조하면, 인덱스각(I_A , I_B , I_C , I_D)은 비대칭적인 인덱스각 배열로 되어 있다. 인덱스각은 각각 상이한 값을 가질 수 있고, 절삭 단부면(16)에서 $I_A=92^\circ$, $I_B=86^\circ$, $I_C=88^\circ$, $I_D=94^\circ$ 의 패턴이 효과적인 것으로 알려져 있다.

[0058] 또한, 도 2a에 도시된 바와 같이, 제1 및 제3 치형부(20A, 20C)는 제2 및 제4 치형부(20B, 20D)보다 짧으며, 후자의 쌍은 서로에 대해 비스듬하게 되어 있다.

[0059] 이하에서, 알파벳 접미사로 처음에 구별지어지는(예를 들어, "20A", "20B") 유사한 요소는 나중에 공통 특징부

를 지칭할 때 본 명세서 및 청구범위에서 그러한 접미사없이(예를 들어, 20) 지칭될 수도 있다.

[0060] 또한 도 2b를 참조하면, 각각의 치형부(20)는 릴리프면(26A, 26B, 26C, 26D), 레이크면(28A, 28B, 28C, 28D), 릴리프면(26)과 레이크면(28)의 교차부에 형성된 절삭 애지(30A, 30B, 30C, 30D), 및 각 릴리프면(26) 및 이어지는 플루트(succeeding flute)(22)의 인접면(40)의 교차부에 형성된 릴리프 애지(32A, 32B, 32C, 32D)를 포함한다. 본 예에 있어서, 절삭 단부면(16)에서, 하기에서 추가로 설명되는 후육부(thickening portion)(40)는 각각의 이어지는 플루트(22)의 가장 근접한(인접한) 부분이고, 그러므로, 예를 들어 제1 릴리프 애지(32A)는, 절삭 단부면(16)에서, 제1 릴리프면(26A)과 제4 후육부(40D)의 표면의 교차부에 형성된다.

[0061] 절삭부(14)는 절삭 단부면(16)으로부터 절삭 길이 평면(P_C)까지 연장되는 유효 절삭 길이(L)를 가지며, 이 절삭 길이 평면(P_C)은 회전축(A_R)에 수직하게 연장되고, 플루트(22)가 빠져나가기 시작하는 곳(즉, 보다 얇아지는 곳) 또는 치형부 릴리프면(33)이 더 이상 유효하지 않은 곳에 위치된다. 유효 절삭부는 절삭 단부면(16)으로부터 절삭 길이 평면(P_C)까지로 정의된다.

[0062] 엔드 밀(10)에는 개쉬(gash)가 형성될 수 있고, 본 예에서는 단부 개쉬(34)가 도 2a에 도시되어 있다.

[0063] 각각의 플루트(22)는 볼록 형상 배출부(36A, 36B, 36C, 36D), 및 각 배출부(36)와 각 레이크면(28)을 연결하는 오목 형상 굽힘부(38A, 38B, 38C, 38D)를 포함한다.

[0064] 각각의 플루트(22)는 또한 연계된 배출부(36)와 그 릴리프 애지(32)를 연결하는 제1, 제2, 제3 및 제4 오목 형상 후육부(40A, 40B, 40C, 40D) 중 대응하는 하나를 포함할 수 있다.

[0065] 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이, 후육부, 구체적으로는 40B로 지시된 후육부는 절삭부(14)를 따라 부분적으로만 연장된다. 반대로, 나머지 후육부(40A, 40C, 40D)는 전체 절삭부(14)를 따라 연장될 수 있다. 절삭부(14)의 일부분을 따르는 후육부(40B)의 결여는 다수의 치형부(20) 중 하나에만 제한될 수 있다. 이러한 배열은 치형부 강도를 제공하는 것을 도울 수 있다.

[0066] 이제 도 2c를 참조하면, 각 배출부(36), 굽힘부(38) 및 레이크 리세스형 서브면(48)(하기에서 보다 상세하게 설명됨)은 곡선형일 수 있고, 가상원(C)의 부분에 대응하는 반경(R)을 가질 수 있다. 단순화를 위해, 하기의 설명은 제2 플루트(22B)만에 관한 것이지만, 대응하는 요소 및 참조부호는 본 예의 각 플루트(22)에 대해 존재하는 것으로 이해된다. 보다 정확하게는, 제2 레이크 리세스형 서브면(48B)은 가상의 레이크부 원(C_{1B})의 반경에 대응하는 레이크부 반경(R_{1B})을 가질 수 있고; 제2 굽힘부(38B)는 가상의 굽힘부 원(C_{2B})의 반경에 대응하는 굽힘부 반경(R_{2B})을 가질 수 있고; 제2 배출부(36B)는 가상의 배출부 원(C_{3B})의 반경에 대응하는 배출부 반경(R_{3B})을 가질 수 있고; 제2 후육부(40B)는 가상의 후육부 원(C_{4B})의 반경에 대응하는 후육부 반경(R_{4B})을 가질 수 있다. 플루트의 단면 내에서, 하나의 곡률로부터 다른 곡률로의 변화는 그것을 따른 불연속부에서 일어날 수 있다. 예를 들면, 제1 플루트 불연속부(42B)는 제2 레이크 리세스형 서브면(48B)과 제2 굽힘부(38B)의 교차부에 배치될 수 있고; 제2 플루트 불연속부(44B)는 제2 굽힘부(38B)와 제2 배출부(36B)의 교차부에 배치될 수 있고; 제3 플루트 불연속부(46B)는 제2 배출부(36B)와 제2 후육부(40B)의 교차부에 배치될 수 있다.

[0067] 실제의 엔드 밀 부분은 완전한 원형으로부터 약간 벗어날 수 있다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 레이크 리세스형 서브부분, 굽힘부, 배출부 및 후육부는 대략적으로 그러한 반경을 갖는 것으로 고려되어야 한다.

[0068] 일례로서 제1 플루트(22A)를 참조하면, 배출부 높이(E)의 측정은 하기와 같이 예시되며: 배출부 높이(E_A)는 인접한 굽힘부(38A)의 최저점(nadir)(N_A)(즉, 최저점(N)은 엔드 밀의 중심점(C_P)에 대한 굽힘부의 최근접점임)으로부터 연관된 인접한 제2 릴리프 애지(32B)(제2 릴리프 애지(32B)는 연관된 제2 치형부(20B)의 부분으로서 편의상 정의되지만, 또한 이어지는 인접한 제1 플루트(22A)와 연관됨)까지 연장되는 가상 직선(I_{LA})과 제1 배출부(36A)의 정점(A_A) 사이에서 측정가능하다.

[0069] 각각의 플루트(22)는 회전축(A_R)과 형성된 나선각(helix angle)(H)(도 1b)을 갖는다. 본 예에서는, 제1 및 제3 플루트(22A, 22C)의 나선각(H)은 37° 이고, 제2 및 제4 플루트(22B, 22D)의 나선각은 35° 이다. 37° 의 나선각(H)을 갖는 제1 및 제3 플루트(22A, 22C)는 35° 의 나선각(H)을 갖는 제2 및 제4 플루트(22B, 22D)에 비해 큰 나선각을 갖는 것으로 고려된다.

[0070] 상이한 직경 예에 대한 예시적인 실행가능한 치수가 하기의 표에 나타나 있다(12mm 예에 관한 치수는 설명된 엔

드 밀(10) 예에 대응함).

절삭부 직경 D_E	플루트	D_E 의 백분율로서, 레이크부 반경 R_1	D_E 의 백분율로서, 굽힘부 반경 R_2	D_E 의 백분율로서, 배출부 반경 R_3	나선각 H
6.35mm	22B, 22D	23.6	16	27	35.5
	22A, 22C	23.6	17	35	37
12mm	22B, 22D	25	16	27	35
	22A, 22C	25	17	40	37
19.05mm	22B, 22D	29	15	29	35
	22A, 22C	29	17	37	37

[0071] [0072] 도 2b에 도시된 바와 같이, 절삭부(14)는 코어 직경(D_C)을 갖는다. 코어 직경(D_C)은 중심점(C_p)으로부터 각 플루트(22)의 최근접점까지의 거리의 합의 2배를 플루트의 개수로 나눈 것으로 정의된다. 본 예에서는, 플루트는 모두 동일한 깊이를 가지며, 따라서 코어 직경(D_C)은 도 2b에 도시된 내접원(C_1)의 직경이다. 상세한 설명을 위해, 플루트가 동일하지 않은 깊이를 갖는 예에서, 코어 직경(D_C)은 중심점(C_p)으로부터 각 플루트의 최근접점까지의 평균 거리의 2배이다.

[0073] [0074] 도 2c를 참조하면, 일례로서 제1 치형부(20A)를 참조하는 경우, 각 치형부(20)는 치형부 반경(R_{TA}) 및 치형부 폭(W_{TA})을 갖는다.

[0075] [0076] 도시된 예에 있어서, 각 치형부 반경(R_T)은 동일한 크기를 갖는다. 결과적으로, 절삭부 직경(D_E)은 치형부 반경(R_T)의 크기의 2배이다. 치형부가 동일하지 않은 치형부 반경을 갖는 예에서, 절삭부 반경(D_E)은 치형부 반경(R_T)의 합의 2배를 치형부의 개수로 나눈 것으로 정의된다.

[0077] [0078] 치형부 폭(W_{TA})은 중심점(C_p)으로부터 절삭 예지(30A)까지 연장되는 제1 가상선과 이 제1 가상선과 평행하고 릴리프 예지(32A)와 교차하는 제2 가상선 사이에서 측정가능하다.

[0079] [0080] 도시된 예에서, 각 치형부 폭(W_{TA})은 적어도 절삭 단부면(16)에서 동일한 크기를 가질 수 있다. 비대칭적인 배열의 인덱스각을 갖는 엔드 밀을 위한 치형부 강도에 대해서는, 치형부 폭은 절삭 단부면(16)으로부터 이격된 위치에서 변하는 경우에 효과적이라는 것을 알아냈다. 본 예에서는, 제1 및 제3 치형부(20A, 20C)는 절삭 단부면(16)으로부터 폭이 감소하고, 제2 및 제4 치형부(20B, 20D)는 절삭 단부면(16)으로부터 폭이 증가한다.

[0081] 단순화를 위해, 하기의 설명은 2개의 치형부(20B, 20C)에 대해서만 이루어진다. 본 예에서는, 치형부(20A)의 기하 형상은 치형부(20C)와 동일하고, 치형부(20B)의 기하 형상은 치형부(20D)와 동일하다는 것에 주목하자.

[0082] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 레이크면(28B, 28C)은 레이크 리세스형 서브면(48B, 48C), 레이크 절삭 서브면(50B, 50C), 및 이들의 교차부에 형성된 레이크 불연속부(52B, 52C)를 각각 포함한다.

[0083] [0084] 제조를 단순화하기 위해서, 레이크 리세스형 서브면(48)은 동일한 형상을 가질 수 있고, 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같은 오목 형상을 가질 수 있다. 특히, 형상은 연관된 레이크 절삭 서브면(50)으로부터 오목하게 형성되고, 그에 따라 피삭재(도시되지 않음)로부터 절삭된 금속 침은, 바람직하게는, 특히 레이크 불연속부(52)에 바로 인접한 지점에서, 접촉없이 레이크 리세스형 서브면(48)을 지나갈 수 있다.

[0085] 각각의 레이크 절삭 서브면(50)은 동일한 치형부(20)의 레이크 리세스형 서브면(48)과 연관된 가상의 내부 절삭각(λ_B , λ_C)보다 큰 값을 갖는 실제의 내부 절삭각(γ_B , γ_C)을 갖는다. 보다 정확하게는, 예시로서 도 3b를 참조하면, 레이크 불연속부(52B)로부터 제2 레이크 리세스형 서브면(48B)을 연장시킨 가상의 레이크 연장선(53B)은 제2 릴리프면(26B)을 연장시킨 가상의 릴리프 연장선(55B)과 교차하고, 그 교차부에서 실제의 내부 절삭각(λ_B)을 형성한다.

- [0081] 도 3a 및 도 3b에서 가장 잘 알 수 있는 바와 같이, 각각의 레이크 절삭 서브면(50)의 단면은 직선형일 수 있다.
- [0082] 각각의 치형부(20)는 레이크 절삭 서브면 길이 치수(L_c)(도 3a에만 도시되지만, 각각의 레이크 절삭 서브면(50)에 대해 존재함)를 가질 수 있다. 본 예에서는, L_c 는 $0.026R_t$ 이다.
- [0083] 각각의 치형부(20)는 회전축(A_R)으로부터 절삭 에지(30)로 연장되는 엔드 밀(10)의 가상의 반경방향 선(L_R)으로부터 레이크 절삭 서브면(50)까지 측정된 반경방향 레이크각(β)을 가질 수 있다.
- [0084] 도시된 예에 있어서, 제2 치형부(20B)의 반경방향 레이크각(β_B)은 -2° 이고, 제3 치형부(20C)의 반경방향 레이크각(β_C)은 2° 이다.
- [0085] 릴리프면(26) 모두는 연관된 치형부(20)의 동일한 직경을 갖는 가상의 원형 선(L_{TB} , L_{TC})에 대해 측정된 동일한 반경방향 릴리프각(α_B , α_C)을 형성할 수 있다. 도시된 예에서는, 반경방향 릴리프각(α_B , α_C)은 7° 이다.
- [0086] 도 4a 내지 도 4e에 나타낸 시험 결과는 티타늄을 기계가공하도록 설계된 상이한 엔드 밀의 비교 공구 수명을 나타낸다. 각 예에서, 공구 수명은 사전결정된 간격으로(또는 기계가공을 위한 파워 요건의 상승을 검출했을 때) 기계가공을 중단하고 공구의 마모를 결정함으로써 결정되었다. 지속적인 기계가공을 중단시키는 공구 손상은 플랭크 마모가 0.2mm 에 이르거나 코너 마모가 0.5mm 에 이르고 있는 것으로 고려되었다.
- [0087] 시험에 있어서, 엔드 밀은 하기와 같이 번호를 부여하였다:
- "번호 1"은 본 출원의 주제에 따른 것이고;
 - "번호 2"는 절삭 에지가 무디지 않고, 또한 상이한 코팅, 톱니형 치형부, 및 절삭부의 전체 길이에 대한 공통 나선각을 갖는다는 점에서 엔드 밀 번호 1과 현저하게 상이하며,
 - "번호 3"은 엔드 밀 번호 1과 동일한 코팅을 갖는 것이지만, 주요 차이점은 톱니형 치형부, 무디지 않은 절삭 에지 및 절삭부의 전체 길이에 대한 공통 나선각을 포함하고;
 - "번호 4"는 엔드 밀 번호 1과 동일한 무딘 절삭 에지를 갖는 것이지만, 주요 차이점은 상이한 코팅, 톱니형 치형부 및 공통 나선각을 포함하며;
 - "번호 5"는 엔드 밀 번호 1과 동일한 무딘 절삭 에지 및 코팅을 갖는 것이지만, 주요 차이점은 톱니형 치형부 및 공통 나선각을 포함하며;
 - "번호 6"은 기재(substrate)가 상이한 것을 제외하고는 번호 2와 동일한 것이고;
 - "번호 7"은 본 출원의 주제에 따른 배출부 및 동일한 코팅을 갖는 것이지만, 엔드 밀 번호 1과의 주요 차이점은 대칭적인 인덱스각 배열이라는 것이며,
 - "번호 8"은 엔드 밀 번호 1과 동일한 코팅을 갖는 것이지만, 주요 차이점은 절삭 에지가 무디지 않다는 것이다.
- [0096] 보다 특별하게는, 도 4a 내지 도 4e는 특정 기계가공 조건하에서 상이한 금속을 절삭함으로서 엔드 밀을 시험하는 결과를 각각 나타낸다. 하기의 표 1은 절삭될 금속에 관한 도 4a 내지 도 4e의 각각과 기계가공 조건 사이의 대응표를 나타내고, 표 2는 시험 결과를 표의 형태로 나타낸 것이다.

표 1

	도 4a	도 4b	도 4c	도 4d	도 4e
시험 재료	티타늄 Ti6AL4V	티타늄 Ti6AL4V	강 AISI 4340 경도 42 (HRc)	스테인리스강 304L 경도 190 (HRb)	강 DIN 1.2311 경도 52 (HRc)
속도 V_c (미터/분)	60.0	80.0	180.0	100.0	140.0
이송 속도 F_z (치형부당 mm)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04

침 두께 a_e (mm)	2.00	2.00	5.00	4.00	3.00
깊이 a_p (mm)	22.0	22.0	20.0	22.0	22.0

[0098] [표 1] 시험 재료 및 기계가공 조건

표 2

엔드 밀 번호	도 4a (분)	도 4b (분)	도 4c (분)	도 4d (분)	도 4e (분)
1	137.70, 76.50	91.80 (공구 손상 없음)	48.00	40.00	10.00
2	45.90, 122.40, 76.50	15.30	36.00	미시험	미시험
3	107.10	15.30	미시험	미시험	25.00
4	122.40, 76.50	15.30	미시험	미시험	미시험
5	91.80	15.30	미시험	미시험	미시험
6	91.80	30.60	미시험	미시험	미시험
7	미시험	미시험	미시험	30.00	10.00
8	미시험	미시험	62.00	40.00	미시험

[0100] [표 2] 엔드 밀에 대한 공구 수명(중단할 때까지의 시간)

[0101] 도 4b에 나타낸 티타늄 기계가공 시험의 결과는 본 출원의 주제에 따라 제조된 엔드 밀 번호 1이 분당 80.0미터의 속도로 시험된 다른 엔드 밀보다 매우 긴 공구 수명을 갖는다는 것을 보여주고, 그러한 시험은 추가적인 기계가공이 필요하다고 여겨지지 않을 때 자발적으로 중지된다.

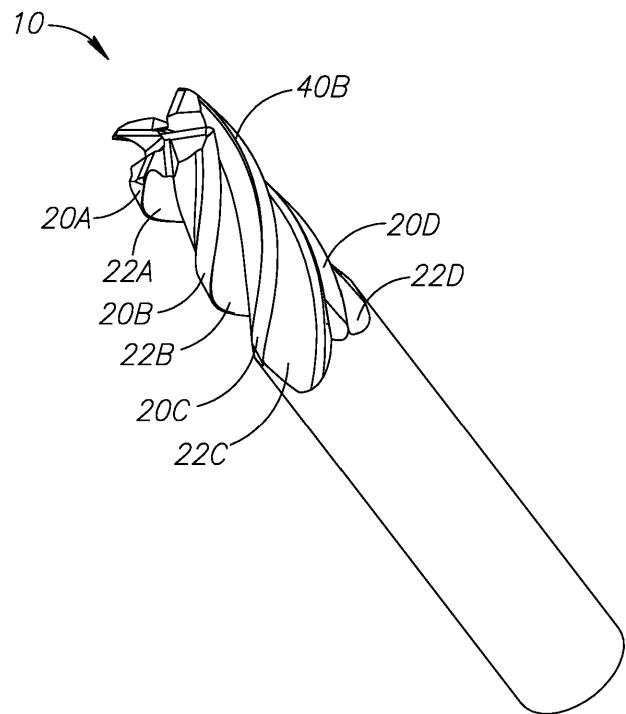
[0102] 주목할만한 결과의 견지에서, 추가적인 확인 시험(도시되지 않음)이 다른 티타늄 플레이트에 대해 실행되어 도 4b에 나타낸 시험에 사용된 플레이트가 규격 미달(sub-standard)이 아니라는 것을 확인하였다.

[0103] 그러나, 특히 도 4b 내지 도 4e에 나타난 결과는 비교적 장수명화가 다른 재료를 기계가공하는 경우에는 명확하지 않고, 도 4a의 결과에서 보다 느린 기계가공 속도에서 분명하게 나타나지 않는다는 것을 보여준다.

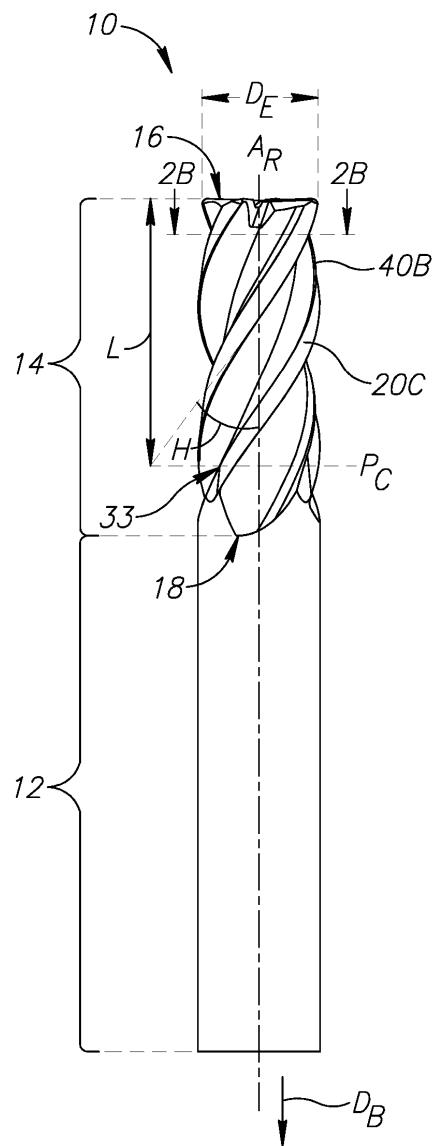
[0104] 이상의 설명은 예시되지 않은 실시예를 본 출원의 청구 범위로부터 배제하지 않는 예시적인 실시예를 포함한다.

도면

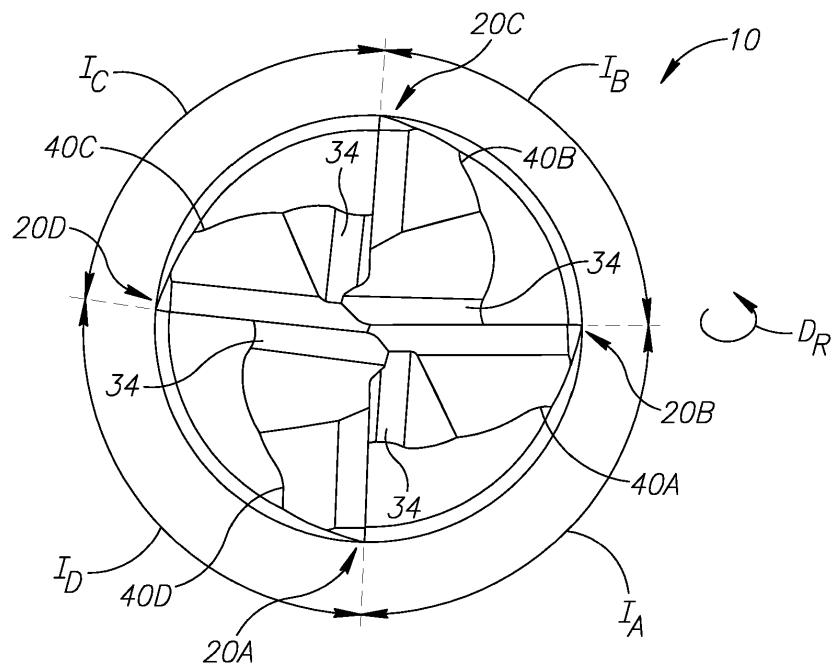
도면 1a



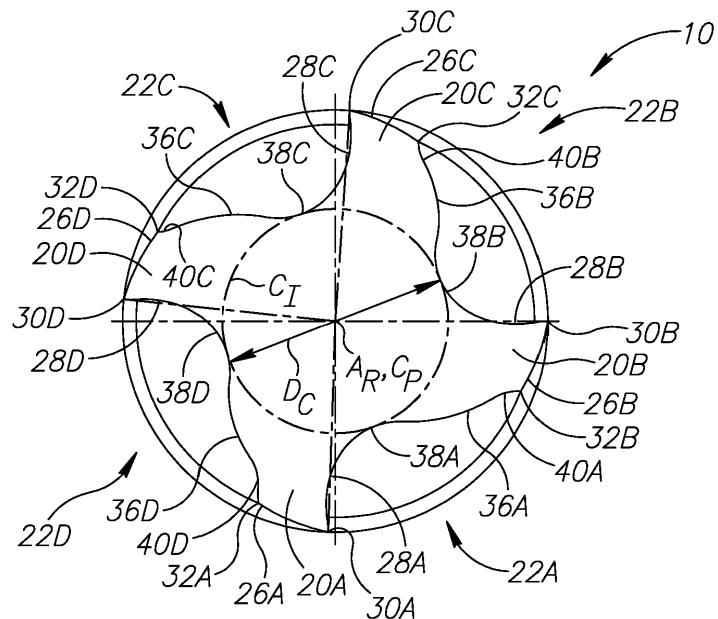
도면1b



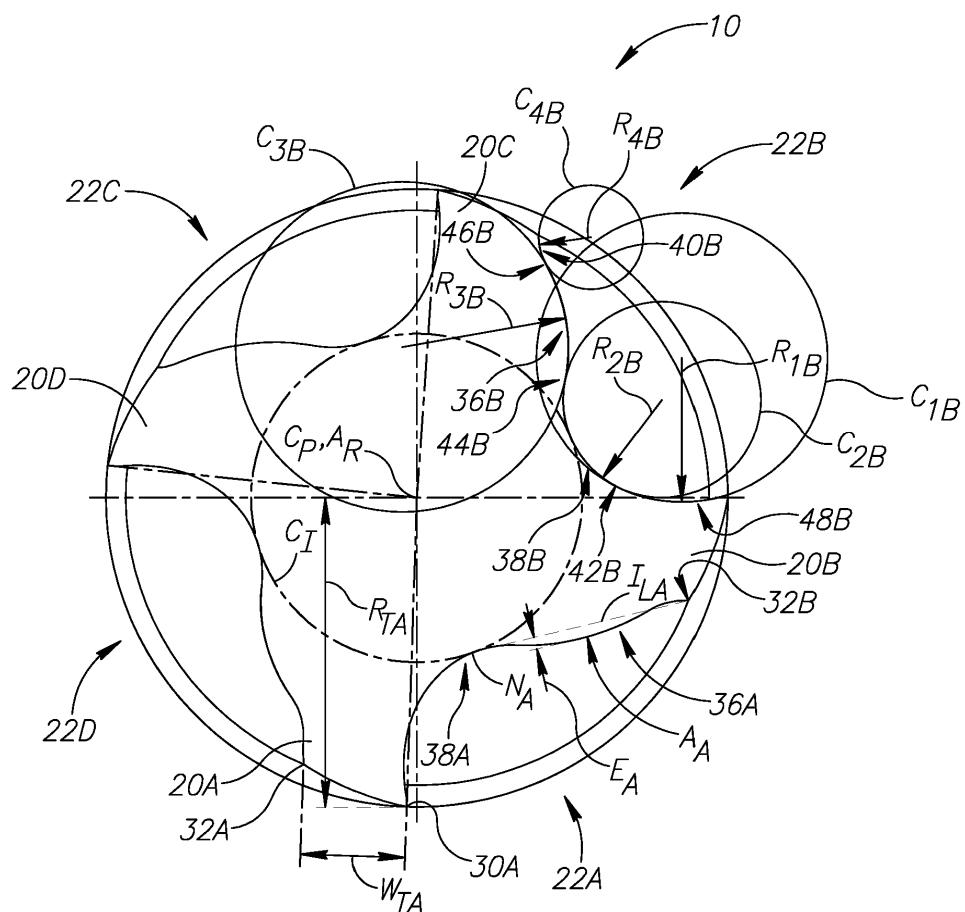
도면2a



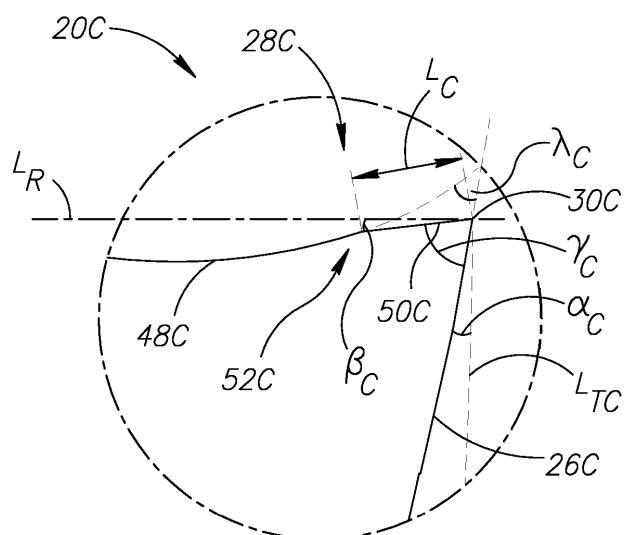
도면2b



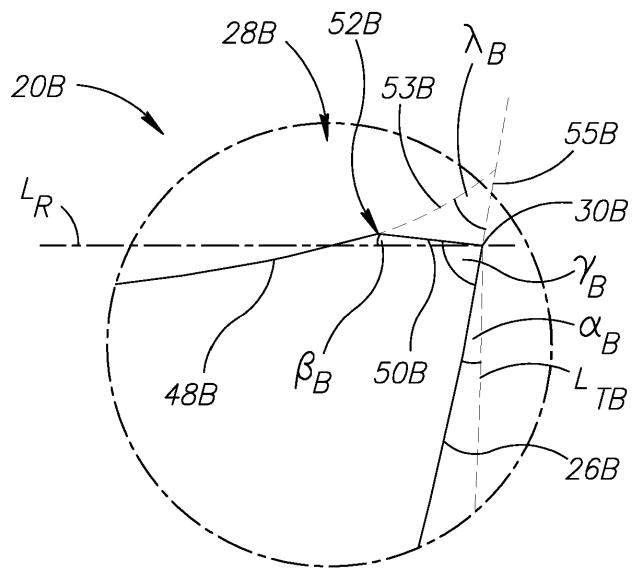
도면2c



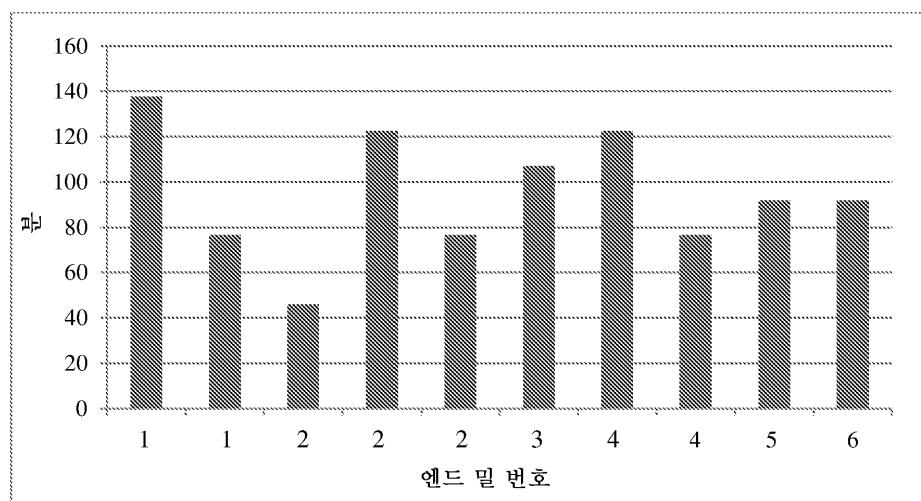
도면3a



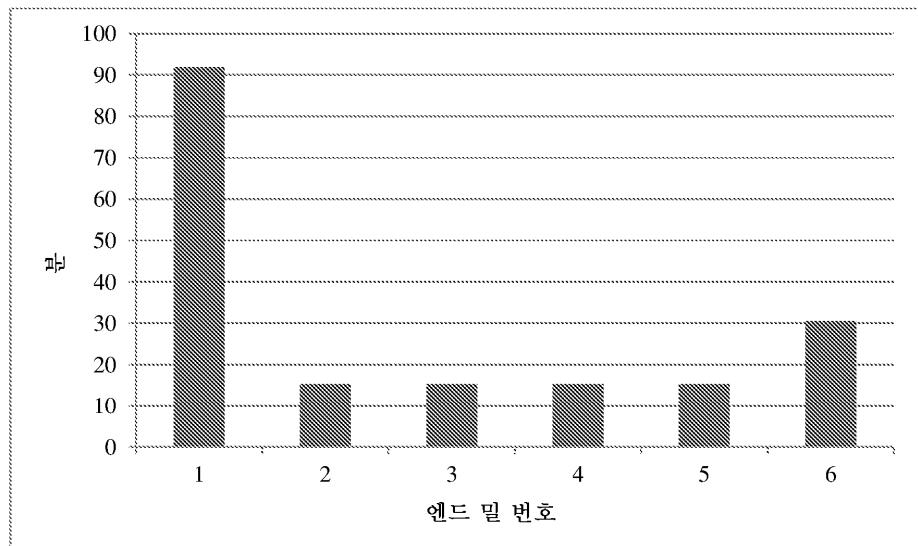
도면3b



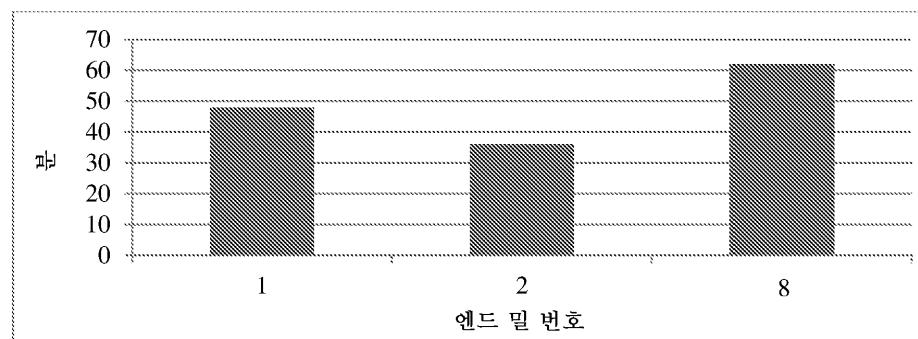
도면4a



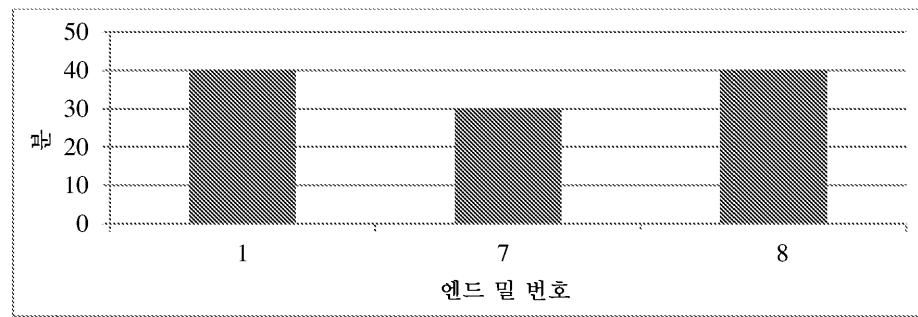
도면4b



도면4c



도면4d



도면4e

