



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월18일

(11) 등록번호 10-2591496

(24) 등록일자 2023년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B24D 3/18 (2006.01) B24B 5/313 (2006.01)

B24B 5/48 (2006.01) B24B 9/06 (2006.01)

B24B 9/10 (2006.01) B24D 11/02 (2006.01)

B24D 11/04 (2006.01) B24D 13/12 (2006.01)

B24D 13/14 (2006.01) B24D 3/28 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B24D 3/18 (2013.01)

B24B 5/313 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7009305

(22) 출원일자(국제) 2016년09월06일

심사청구일자 2021년09월06일

(85) 번역문제출일자 2018년04월02일

(65) 공개번호 10-2018-0051555

(43) 공개일자 2018년05월16일

(86) 국제출원번호 PCT/US2016/050351

(87) 국제공개번호 WO 2017/044404

국제공개일자 2017년03월16일

(30) 우선권주장

62/215,640 2015년09월08일 미국(US)

62/262,003 2015년12월02일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004514017 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

스벤텍 브루스 알랜

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

베어드 데이비드 고든

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

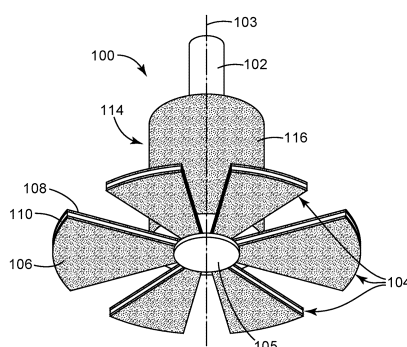
심사관 : 박환수

(54) 발명의 명칭 연마 응집체를 가진 연마 회전 공구

(57) 요약

연마 회전 공구가 회전 공구에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크, 및 연마 외부 작업 표면을 포함한다. 연마 외부 작업 표면은 수지, 및 수지 내에 분산된 복수의 다공성 세라믹 연마 복합재를 포함하고, 다공성 세라믹 연마 복합재는 다공성 세라믹 매트릭스 내에 분산된 개별 연마 입자를 포함한다. 다공성 세라믹 매트릭스의 적어도 일부분이 유리질 세라믹 재료를 포함한다. 평균 다공성 세라믹 연마 복합재 크기 대 평균 개별 연마 입자 크기의 비가 15 대 1 이하이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B24B 5/48 (2013.01)
B24B 9/065 (2013.01)
B24B 9/10 (2013.01)
B24D 11/02 (2013.01)
B24D 11/04 (2013.01)
B24D 13/12 (2013.01)
B24D 13/142 (2013.01)
B24D 13/147 (2013.01)
B24D 3/28 (2013.01)

(72) 발명자

페인터 아담 제이

미국 55406 미네소타주 미네아폴리스 30번 애버뉴
사우스 900

잉퍼 타미 제이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스
박스 33427 쓰리엠 센터

스태플레톤 데니스 제이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스
박스 33427 쓰리엠 센터

개글리아르디 존 제이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스
박스 33427 쓰리엠 센터

명세서

청구범위

청구항 1

연마 회전 공구(abrasive rotary tool)로서,

회전 공구에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(tool shank); 및

공구 생크에 결합되는 연마 외부 작업 표면(abrasive external working surface)

을 포함하고,

상기 연마 외부 작업 표면은,

수지;

수지 내에 분산된 복수의 다공성 세라믹 연마 복합재; 및

연마 외부 작업 표면을 지지하는(backing) 탄성적으로 압축가능한 층

을 포함하고,

상기 다공성 세라믹 연마 복합재는 다공성 세라믹 매트릭스 재료 내에 분산된 개별 연마 입자를 포함하고, 다공성 세라믹 매트릭스의 적어도 일부분이 유리질 세라믹(glassy ceramic)을 포함하고, 평균 다공성 세라믹 연마 복합재 크기 대 평균 개별 연마 입자 크기의 비가 15 대 1 이하이고,

상기 연마 외부 작업 표면은 기재 상에 배치되는 코팅이고,

상기 다공성 세라믹 연마 복합재는 수지 및 다공성 세라믹 연마 복합재의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 35 중량 퍼센트 내지 65 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.

청구항 2

제1항에 있어서, 원통형 섹션(cylindrical section)에 대해 공구 생크 반대편에 위치되는 가요성 평면형 섹션(flexible planar section)을 추가로 포함하고,

가요성 평면형 섹션은 대체로 공구 생크로부터 멀어지는 쪽으로 향하는 가요성 평면형 섹션의 제1 면 상에 연마 외부 작업 표면을 형성하고,

가요성 평면형 섹션은 연마 외부 작업 표면이 피가공물(workpiece)의 모서리에 적용될 때, 연마 외부 작업 표면으로, 가요성 평면형 섹션의 굽힘(bending)을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 모서리를 연마하는 것을 용이하게 하는, 연마 회전 공구.

청구항 3

전자 장치를 위한 부분-마무리된 커버 글라스(partially-finished cover glass)의 에지를 마무리(finishing)하는 방법으로서,

제1항 또는 제2항의 연마 회전 공구를 연속적으로 회전시키는 단계;

에지를 연마하기 위해 에지를 연속적으로 회전하는 연마 회전 공구의 연마 외부 표면과 접촉시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연마재 및 연마 공구에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 터치스크린 스마트폰 및 태블릿과 같은 핸드헬드 전자장치(handheld electronics)는 흔히 장치에 내구성 및 광학적 투명성을 제공하기 위해 커버글라스(coverglass)를 포함한다. 커버글라스의 제조는 커버글라스 내의 특징부의 일관성 및 대량 생산을 위해 컴퓨터 수치 제어(computer numerical control, CNC) 기계가공을 사용할 수 있다. 커버글라스의 주연부의 에지 마무리(edge finishing) 및 커버글라스 내의 구멍과 같은 기계가공된 특징부가 강도 및 미관(cosmetic appearance)에 중요하다.

발명의 내용

[0003] 본 개시 내용은 연마재 및 연마 공구에 관한 것이다. 개시된 기술은 커버글라스 제조 공정의 일부로서 에지 연삭(grinding) 단계 후의 에지 마무리 또는 폴리싱(polishing)과 같은 표면 마무리(surface finishing)에 특히 유용할 수 있다.

[0004] 일례에서, 본 개시 내용은 회전 공구에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(tool shank), 및 연마 외부 작업 표면(abrasive external working surface)을 포함하는 연마 회전 공구(abrasive rotary tool)에 관한 것이다. 연마 외부 작업 표면은 수지, 및 수지 내에 분산된 복수의 다공성 세라믹 연마 복합재를 포함하고, 다공성 세라믹 연마 복합재는 다공성 세라믹 매트릭스 내에 분산된 개별 연마 입자를 포함한다. 다공성 세라믹 매트릭스의 적어도 일부분이 유리질 세라믹(glassy ceramic) 재료를 포함한다. 평균 다공성 세라믹 연마 복합재 크기 대 평균 개별 연마 입자 크기의 비가 15 대 1 이하이다.

[0005] 추가의 예에서, 본 개시 내용은 선행하는 단락의 연마 회전 공구를 사용하여 전자 장치를 위한 부분-마무리된(partially-finished) 커버 글라스의 에지를 마무리하는 방법에 관한 것으로서, 방법은 연마 회전 공구를 연속적으로 회전시키는 단계, 및 에지를 연마하기 위해 에지를 연속적으로 회전하는 연마 회전 공구의 연마 외부 작업 표면과 접촉시키는 단계를 포함한다.

[0006] 다른 예에서, 본 개시 내용은 회전 공구에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크, 및 공구 생크 반대편에 위치되는 가요성 평면형 섹션(flexible planar section)을 포함하는 연마 회전 공구에 관한 것이다.

[0007] 가요성 평면형 섹션은 가요성 평면형 섹션의 제1 면 상에 제1 연마 외부 작업 표면을 형성하고, 가요성 평면형 섹션의 제1 면은 대체로 공구 생크로부터 멀어지는 쪽으로 향한다. 가요성 평면형 섹션은 가요성 평면형 섹션의 제2 면 상에 제2 연마 외부 작업 표면을 형성하고, 가요성 평면형 섹션의 제2 면은 대체적인 공구 생크의 방향으로 향한다. 가요성 평면형 섹션은 제1 연마 외부 작업 표면이 피가공물(workpiece)의 제1 모서리에 적용될 때, 제1 연마 외부 작업 표면으로, 가요성 평면형 섹션의 굽힘(bending)을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 제1 면에 인접한 제1 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다. 가요성 평면형 섹션은 제2 연마 외부 작업 표면이 피가공물의 제2 모서리에 적용될 때, 제2 연마 외부 작업 표면으로, 가요성 평면형 섹션의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐, 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면에 인접한 제2 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다.

[0008] 본 개시 내용의 하나 이상의 예의 상세 사항이 첨부 도면 및 아래의 설명에 기재된다. 본 개시 내용의 다른 특징, 목적 및 이점은 설명 및 도면으로부터, 그리고 청구범위로부터 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 전자 장치를 위한 커버글라스와 같은 피가공물을 회전 연마 공구로 연마하기 위한 시스템을 예시한 도면.

도 1a는 본 개시 내용의 일부 실시예에 따른 연마 용품(abrasive article)의 개략적인 단면을 예시한 도면.

도 2는 일 세트의 가요성 플랩(flexible flap)을 포함하고, 가요성 플랩이 가요성 플랩의 굽힘을 통해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 에지를 연마하는 것을 용이하게 하는 연마 외부 표면을 가진 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 3은 전자 장치를 위한 부분-마무리된 커버글라스를 예시한 도면.

도 4a 내지 도 4c는 부분-마무리된 커버글라스를 연마하기 위해 사용되고 있는 도 2의 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 5는 연마 외부 표면을 가진 두 세트의 가요성 플랩을 포함하고, 상이한 가요성 플랩이 상이한 연마 수준을 포함할 수 있는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면

도 6은 회전 공구에 대한 회전축과 동축 정렬(coaxial alignment)되는 원통형 형상(cylindrical shape)을 형성하는 연마 외부 표면을 포함하는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 7은 회전 공구에 대한 회전축과 동축 정렬되는 원통형 형상을 형성하는 연마 외부 표면 및 피가공물의 베벨형 에지(beveled edge)를 연마하기 위한 연마 외부 표면을 포함하는 경사형 표면(angled surface)을 포함하는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 8은 회전 공구에 대한 회전축과 동축 정렬되는 원통형 형상을 형성하는 제1 연마 외부 표면, 및 피가공물의 베벨형 에지를 연마하기 위한 연마 외부 표면을 포함하는 제1 및 제2 경사형 표면을 포함하는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 9는 회전 공구에 대한 회전축과 수직한 평면형 표면을 형성하는 연마 외부 표면을 포함하는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한 도면.

도 10은 에폭시 연마 시트(epoxy abrasive sheet)를 가진 회전 공구를 제조하기 위한 예시적인 기술을 예시한 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 다이아몬드 연마 공구가 커버그라스 기계가공 공정의 주연부 에지 및 특징부 주연부 에지의 표면 마무리를 개선하기 위해 사용될 수 있다. 그러한 다이아몬드 연마 공구는 금속 접합 다이아몬드 공구(metal bonded diamond tool), 예컨대 도금된(plated), 소결된(sintered) 및 브레이징된(brazed) 금속 접합 다이아몬드 공구를 포함한다. 금속 접합 다이아몬드 공구는 비교적 높은 내구성 및 효과적인 절삭률(cutting rate)을 제공할 수 있지만, 파단에 대한 개시 지점일 수 있는 응력 지점인 미세-균열을 유리 내에 남겨, 마무리된 커버그라스의 강도를 그의 잠재적인 파괴 저항 아래로 현저히 감소시킨다.

[0011] 커버그라스의 강도 및/또는 외양을 개선하기 위해, 기계가공된 에지의 연삭 후에 에지가 예를 들어 산화세륨(CeO) 슬러리(slurry)를 사용하여 폴리싱되어, 커버그라스 내의 연삭 및 기계가공 마크(mark)를 제거할 수 있다. 그러나, 그러한 에지 폴리싱은 커버그라스의 모든 에지에 대한 원하는 표면 마무리를 제공하기 위해 많은 시간에 이르기까지, 커버그라스에 대해 너무 길 수 있다. 예를 들어, 단일 커버그라스의 폴리싱은 주연부, 구멍 및 모서리를 포함하여 모든 에지를 효과적으로 폴리싱하는 데 많은 단계를 필요로 한다. 폴리싱 기계는 비교적 크고 고가이며 폴리싱되는 특정 특징부에 특유할 수 있다. 이러한 이유로, 설비에 대한 커버그라스의 원하는 제조 능력을 제공하기 위해, 제조 환경에서의 커버그라스의 제조가 각각 다수의 폴리싱 기계를 포함하는 다수의 병렬 폴리싱 라인을 포함할 수 있다. 처리 시간을 감소시키는 것이 각각의 폴리싱 라인의 처리량의 증가를 허용할 것이다.

[0012] 또한, 폴리싱 슬러리에 일관성이 없을 수 있어, 커버그라스의 폴리싱이 정확하게 예측가능하지 않다. 폴리싱은 또한 연삭 작업에 의해 제공되는 비교적 정밀한 형상화 후에 모서리의 바람직하지 않은 라운딩(rounding)을 초래할 수 있다. 커버그라스를 위한 정밀 형상화 요건은 라운딩, 또는 정밀 베벨(bevel) 또는 챔퍼(chamfer)와 같은 단순한 형상을 포함할 수 있거나, 그것은 규정된 스플라인(spline) 형상과 같은 더욱 복잡한 형상을 포함할 수 있다. 일반적으로, 보다 긴 폴리싱이 개선된 표면 마무리를 제공하지만, 보다 큰 라운딩 효과 및 커버그라스의 최종 치수에 대한 보다 낮은 정밀도를 제공한다. 커버그라스의 원하는 표면 마무리 품질을 제공하기 위한 처리 시간을 감소시키는 것이 제조 시간을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 커버그라스의 제조를 위한 더욱 정밀한 치수 제어를 제공할 수 있다. 본 명세서에 개시된 연마 복합체 및 공구는 커버그라스의 제조를 위한 처리 시간의 그러한 감소를 용이하게 할 수 있다.

[0013] 도 1은 회전 기계(23) 및 회전 기계 컨트롤러(30)를 포함하는 시스템(10)을 예시한다. 컨트롤러(30)는 회전 기계(23)가 회전 기계(23)의 스핀들(26) 내에 장착되는 회전 공구(28)로 구성요소(24)를 기계가공, 연삭 또는 연마하게 하기 위한 제어 신호를 회전 기계(23)로 송신하도록 구성된다. 예를 들어, 구성요소(24)는 커버그라스(150)(도 3)와 같은 커버그라스일 수 있다. 상이한 예에서, 회전 공구(28)는 본 명세서에 후술되는 바와 같은 회전 공구(100, 200, 300, 400, 500 또는 600) 중 하나일 수 있다. 일례에서, 회전 기계(23)는 라우팅(routing), 선삭(turning), 드릴링(drilling), 밀링(milling), 연삭, 연마, 및/또는 다른 기계가공 작업을 수행할 수 있는, 3, 4 또는 5축 CNC 기계와 같은 CNC 기계에 해당할 수 있고, 컨트롤러(30)는 하나 이상의 회전 공구(28)로 구성요소(24)의 기계가공, 연삭 및/또는 연마를 수행하기 위한 명령을 스핀들(26)에 내리는 CNC 컨트롤러를 포함할 수 있다. 컨트롤러(30)는 범용 컴퓨터 실행 소프트웨어를 포함할 수 있고, 그러한 컴퓨터는

CNC 컨트롤러와 조합되어 컨트롤러(30)의 기능성을 제공할 수 있다.

- [0014] 구성요소(24)는 회전 기계(23)에 의한 구성요소(24)의 정밀 기계가공을 용이하게 하는 방식으로 플랫폼(platform)(38)에 장착된다. 작업물 유지 고정구(work holding fixture)(18)가 구성요소(24)를 플랫폼(38)에 고정시키고, 구성요소(24)를 회전 기계(23)에 대해 정밀하게 위치시킨다. 작업물 유지 고정구(18)는 또한 회전 기계(23)의 제어 프로그램을 위한 기준 위치를 제공할 수 있다. 본 명세서에 개시된 기술이 임의의 재료의 피가공물에 적용될 수 있지만, 구성요소(24)는 스마트폰 터치스크린의 커버글라스와 같은, 전자 장치를 위한 커버글라스일 수 있다.
- [0015] 도 1의 예에서, 회전 공구(28)는 연마 용품(29)을 포함하는 것으로 예시된다. 이러한 예에서, 연마 용품(29)은 커버글라스 내의 구멍 및 에지 특징부와 같은, 구성요소(24) 내의 기계가공된 특징부의 표면 마무리를 개선하기 위해 이용될 수 있다. 일부 예에서, 상이한 회전 공구(28)가 연속하여 사용되어 기계가공된 특징부의 표면 마무리를 반복적으로 개선할 수 있다. 예를 들어, 시스템(10)은 제1 회전 공구(28) 또는 회전 공구(28)의 세트를 사용한 황삭 연삭 단계(coarser grinding step)에 이은 제2 회전 공구(28) 또는 회전 공구(28)의 세트를 사용한 정삭 연마 단계(finier abrading step)를 제공하기 위해 이용될 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 단일 회전 공구(28)가 보다 적은 회전 공구(28)를 사용한 반복적인 연삭 및/또는 연마 공정을 용이하게 하기 위해 상이한 연마 수준을 포함할 수 있다. 이들 예 각각은 커버글라스 내의 특징부의 기계가공 후에 표면 마무리를 개선하기 위해 단지 단일 연삭 단계만이 사용되는 다른 예에 비해, 커버글라스 내의 특징부의 기계가공 후에 커버글라스를 마무리하고 폴리싱하기 위한 사이클 시간을 감소시킬 수 있다.
- [0016] 일부 예에서, 시스템(10)을 사용한 연삭 및/또는 연마 후에, 커버글라스가 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해, 예컨대 별개의 폴리싱 시스템을 사용하여 폴리싱될 수 있다. 일반적으로, 폴리싱 전에 표면 마무리가 우수할수록, 폴리싱 후에 원하는 표면 마무리를 제공하는 데 필요한 시간이 적어진다.
- [0017] 시스템(10)으로 구성요소(24)의 에지를 연마하기 위해, 컨트롤러(30)는 스핀들(26)이 회전 공구(28)를 회전시킬 때 연마 용품(29)을 구성요소(24)의 하나 이상의 특징부에 대해 정밀하게 적용하라는 명령을 스핀들(26)에 내릴 수 있다. 이러한 명령은 예를 들어 회전 공구(28)의 단일 연마 용품(29)으로 구성요소(24)의 특징부의 윤곽을 정밀하게 따르라는 명령뿐만 아니라, 하나 이상의 회전 공구(28)의 다수의 연마 용품(29)을 구성요소(24)의 상이한 특징부에 반복적으로 적용하라는 명령을 포함할 수 있다.
- [0018] 예시적인 예에서, 도 1a에 도시된 바와 같이, 연마 용품(29)은 하위-기부 층(sub-base layer)(41), 기부 층(base layer)(43), 및 연마 작업 표면(45)을 포함할 수 있으며, 이때 기부 층(43)은 하위-기부 층(41)과 연마 작업 표면(45) 사이에 개재된다. 연마 작업 표면(45)은 복수의 연마 요소(47)를 포함할 수 있다.
- [0019] 일부 실시예에서, 하위-기부 층(41)은 패드에 보다 큰 강성(stiffness)을 부여할 수 있는 열가소성 층, 예컨대 폴리카르보네이트 층을 포함하거나 그것으로 형성될 수 있고, 전반적인 평면성(global planarity)을 위해 사용될 수 있다. 하위-기부 층(41)은 또한 탄성적으로 압축가능한 재료 층, 예컨대 발포형(foamed) 재료 층을 포함할 수 있다. 하위-기부 층(41)은 또한 열가소성 및 압축가능한 재료 층들의 조합을 포함할 수 있다. 또한, 하위-기부 층(41)은 정전기 제거 또는 센서 신호 모니터링을 위한 금속성 필름, 광 투과를 위한 광학적으로 투명한 층, 폴리싱될 피가공물의 보다 양호한 마무리를 위한 발포체(foam) 층, 또는 폴리싱 표면에 "경질 밴드(hard band)" 또는 강성 영역을 부여하기 위한 리브형(ribbed) 재료를 포함할 수 있다. 하위-기부 층(41)의 층들과 하위-기부 층(41) 및 기부 층(43)은 예를 들어 감압 접착제, 고온 용융 접착제, 또는 에폭시와 같은 임의의 적합한 체결 메커니즘을 통해 서로 결합될 수 있다.
- [0020] 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 중합체 재료로 형성될 수 있다. 예를 들어, 연마 용품의 기부 층은 횡방향으로 팽창 및 수축할 수 있는 순응성 및 가요성 중합체 재료일 수 있다. 배킹(backing) 재료의 순응성은 본 개시 내용의 공구가 커버글라스 피가공물을 더욱 복잡한 또는 정교한 최종 형상으로 마무리할 수 있는 결과를 가져오는 것으로 여겨진다. 단순한 커버글라스 에지 형상은 베벨 또는 4분원(quarter round) 형상을 포함할 것이다. 하나의 4분원 예에 대해, 1.0 mm 두께의 커버글라스가 1.0 mm의 단면 곡률 반경(single-sided radius of curvature)을 필요로 할 수 있다. 다른 예에 대해, 0.7 mm 두께의 커버글라스가 0.7 mm의 단면 곡률 반경을 필요로 할 수 있다. 또 다른 예에 대해, 0.5 mm 두께의 커버글라스가 0.5 mm의 단면 곡률 반경을 필요로 할 수 있다. 휴대용 전자 장치를 위한 상용 커버글라스는 전형적으로 두께가 0.3 mm 내지 3.0 mm 범위 내에, 0.5 mm 내지 2.0 mm 범위 내에 또는 두께가 0.6 mm 내지 1.3 mm 범위 내에 있다.
- [0021] 예를 들어, 기부 층은 열가소성재, 예를 들어; 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리카르보네이트, 폴리우레탄, 폴리

테트라플루오로에틸렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리설푼, 폴리에테르케톤, 폴리에테르에테르케톤, 폴리이미드, 폴리페닐렌 설파이드, 폴리스티렌, 폴리옥시메틸렌 플라스틱 등; 열경화성재, 예를 들어 폴리우레탄, 에폭시 수지, 페녹시 수지, 페놀 수지, 멜라민 수지, 폴리이미드 및 우레아-포름알데히드 수지, 방사선 경화 수지, 또는 이들의 조합으로부터 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 기부 층은 스티렌 및 부타디엔 블록 공중합체로부터 형성되거나 그것을 포함할 수 있다. 하나의 적합한 구매가능한 스티렌 및 부타디엔 블록 공중합체 재료는 크레이톤(KRATON) D로 알려져 있다.

[0022] 일부 실시예에서, 기부 층(43)은, 코팅된 연마재의 제조에 기부 층으로서 통상적으로 사용되는 것들을 포함하는 임의의 수의 다양한 재료로 제조될 수 있다. 예시적인 기부 층(43) 재료는 중합체 필름(프라이밍된(primed) 필름을 포함함), 예컨대 폴리올레핀 필름(예컨대, 이축 배향 폴리프로필렌을 포함하는 폴리프로필렌, 폴리에스테르 필름, 폴리아미드 필름, 셀룰로오스 에스테르 필름), 금속 포일(metal foil), 메시(mesh), 발포체(예컨대, 천연 스펀지 재료 또는 폴리우레탄 발포체), 직물(예컨대, 폴리에스테르, 나일론, 실크, 면, 및/또는 레이온을 포함하는 섬유 또는 얀(yarn)으로부터 제조된 직물), 스크림(scrim), 종이, 코팅 종이, 가황 종이, 가황 섬유, 부직포 재료, 이들의 조합, 및 이들의 처리된 형태를 포함한다. 기부 층(43)은 또한 2개의 재료의 라미네이트(laminate)(예컨대, 종이/필름, 직물/종이, 필름/직물)일 수 있다. 직물 기부 층은 직조되거나 스티치 접합될(stitch bonded) 수 있다. 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 사용 중에 횡방향(즉, 평면내 방향)으로 팽창 및 수축할 수 있는 얇은 순응성 중합체 필름이다. 예를 들어, 5.1 센티미터(2 인치) 폭, 30.5 센티미터(12 인치) 길이, 및 0.102 밀리미터(4 밀(mil)) 두께이며 22.2 뉴턴(5 파운드-힘) 사하중(dead load)을 받는 그러한 기부 층 재료의 스트립(strip)이 스트립의 초기 길이에 대해 0.1% 이상, 0.5% 이상, 1.0% 이상, 1.5% 이상, 2.0% 이상, 2.5% 이상, 3.0% 이상, 또는 5.0% 이상으로 종방향으로 신장될 수 있다. 일부 실시예에서, 기부 층(43) 재료의 스트립이 스트립의 초기 길이에 대해 최대 20%, 최대 18%, 최대 16%, 최대 14%, 최대 13%, 최대 12%, 최대 11%, 또는 최대 10%로 종방향으로 신장될 수 있다. 기부 층 재료의 신장은 탄성(완전 스프링 백(spring back)을 가짐), 비탄성(0 스프링 백을 가짐), 또는 이들 둘 모두의 일부 혼합일 수 있다.

[0023] 기부 층(43)에 사용될 수 있는 고도로 순응성인 중합체는 소정의 폴리올레핀 공중합체, 폴리우레탄, 및 폴리비닐 클로라이드를 포함한다. 하나의 특정한 폴리올레핀 공중합체는 에틸렌-아크릴산 수지(미국 미시간주 미들랜드 소재의 다우 케미칼 컴퍼니(Dow Chemical Company)로부터 상표명 "프리마코르(PRIMACOR) 3440"으로 입수가 가능함)이다. 선택적으로, 에틸렌-아크릴산 수지는 이중(bilayer) 필름의 하나의 층이며, 여기서 다른 층은 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 캐리어(carrier) 필름이다.

[0024] 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 하나 이상의 폴리우레탄을 포함할 수 있다. 적합한 폴리우레탄은 적어도 하나의 열가소성 폴리우레탄(TPU)을 포함하거나 그것으로 본질적으로 구성될 수 있다. 이와 관련하여 사용되는 바와 같은 용어 "~으로 본질적으로 구성되는"은 첨가제 화합물(예컨대, 방향제, 착색제, 산화방지제, UV 광 안정제, 및/또는 충전제(filler))의 존재에 의해 인장 강도 및 극한 연신율(ultimate elongation)이 실질적으로 영향을 받지 않는 상태로 유지되는 한, 이러한 첨가제 화합물이 배킹 내에 존재할 수 있음을 의미한다. 예를 들어, 첨가제는 인장 강도 및 극한 연신율에 5 퍼센트 미만, 1 퍼센트 미만의 영향을 미칠 수 있다. 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 단일 열가소성 폴리우레탄 또는 열가소성 폴리우레탄들의 조합을 포함할 수 있다. 하나의 적합한 부류의 폴리우레탄은 방향족 폴리에테르계 폴리우레탄, 예컨대 열가소성 폴리에테르계 폴리우레탄이다. 일부 실시예에서, 열가소성 폴리에테르계 폴리우레탄은 4,4' 메틸렌다이사이클로헥실 다이아이소시아네이트(MDI), 폴리에테르 폴리올, 및 부탄다이올로부터 유도된다. 열가소성 폴리우레탄은 잘 알려져 있고 많은 알려진 기술에 따라 제조될 수 있거나, 그것들은 상업적 공급처에서 입수될 수 있다. 예를 들어, 미국 오하이오주 클리블랜드 소재의 루브리졸 코프.(Lubrizol Corp.)가 예를 들어 상표명 "에스탄(ESTANE) GP TPU (B 시리즈)"(예컨대, 등급 52 DB, 55 DB, 60 DB, 72 DB, 80 AB, 85 AB, 및 95 AB)로 입수가 가능한 폴리에스테르계 방향족 TPU; 및 상표명 "에스탄 58000 TPU 시리즈"(예컨대, 등급 58070, 58091, 58123, 58130, 58133, 58134, 58137, 58142, 58144, 58201, 58202, 58206, 58211, 58212, 58213, 58215, 58219, 58226, 58237, 58238, 58244, 58245, 58246, 58248, 58252, 58271, 58277, 58280, 58284, 58300, 58309, 58311, 58315, 58325, 58370, 58437, 58610, 58630, 58810, 58863, 58881, 및 58887)로 입수가 가능한 폴리에스테르 및 폴리에테르계 TPU와 같은 다양한 열가소성 폴리우레탄의 하나의 상업적 공급처이다.

[0025] 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 재료의 단지 하나의 층으로 본질적으로 구성될 수 있거나, 그것은 다층형(multilayered) 구성을 가질 수 있다. 예를 들어, 기부 층은 복수의 층 또는 층 스택(stack)을 포함할 수 있고, 이때 스택의 개별 층은 적합한 체결 메커니즘(예컨대, 접착제 및/또는 프라이머 층(primer layer))에 의해 서로 결합된다. 기부 층(또는 층 스택의 개별 층)은 임의의 형상 및 두께를 가질 수 있다. 기부 층(43)은

액체 상태의 물을 통과시키지 않고 실질적으로 공극 공간(void space)이 없을 수 있지만, 미량의 다공성이 허용 가능할 수 있다. 예를 들어, 기부 층(43)은 기부 층(43)의 총 체적을 기준으로, 10 퍼센트 미만, 2 퍼센트 미만, 1 퍼센트 미만, 또는 심지어 0.01 퍼센트 미만의 고유 공극(즉, 의도적으로 추가되는 것이 아니라, 배킹을 구성하는 재료의 고유 특성인 공극)을 가질 수 있다. 기부 층(43)은 캐스팅(cast)되거나(예컨대, 용매 또는 물로부터) 압출될 수 있다. 그것은 충전제, 용융 처리 조제(melt processing aid), 산화방지제, 난연제, 착색제, 또는 자외선 광 안정제와 같은 하나 이상의 첨가제를 함유할 수 있거나, 또한 타이-코트(Tie-Coat)와 같은 접착 증진제(adhesion promotion agent)로 코팅될 수 있다. 기부 층의 평균 두께(즉, 제1 및 제2 주 표면에 수직인 방향으로의 기부 층의 치수)는 10 mm 미만, 5 mm 미만, 1 mm 미만, 0.5 mm 미만, 0.25 mm 미만, 0.125 mm 미만, 또는 0.05 mm 미만일 수 있다.

[0026] 일부 실시예에서, 기부 층(43)의 평균 두께는 약 0.02 내지 약 5 밀리미터, 약 0.05 내지 약 2.5 밀리미터, 또는 약 0.1 내지 약 0.4 밀리미터 범위일 수 있지만, 이들 범위 밖의 두께가 또한 유용할 수 있다.

[0027] 일부 실시예에서, 기부 층(43)은 1 내지 10 밀, 1 내지 6 밀, 4 내지 6 밀(102 내지 152 마이크로미터), 4.5 내지 6.5 밀(114 내지 165 마이크로미터), 또는 4.8 내지 6.2 밀(122 내지 157 마이크로미터)의 평균 두께를 가질 수 있다. 기부 층은 또한 집합적으로 가요성 연마 용품에 가요성 및 내구성을 부여하는 다수의 물리적 특성을 가질 수 있다.

[0028] 일부 실시예에서, 기부 층은 500 내지 3200 psi(3.4 내지 22.1 MPa), 1000 내지 2500 psi(6.9 내지 17.2 MPa), 1600 내지 2100 psi(11.0 내지 14.5 MPa) 범위 내의 인장 강도, 및 230 내지 530 퍼센트, 300 내지 460 퍼센트, 또는 350 내지 410 퍼센트의 극한 연신율(즉, 파단 연신율(elongation at break))을 가질 수 있다.

[0029] 일부 실시예에서, 연마 용품은 400 psi(2.8 MPa) 이상의 인장 강도 및 180 퍼센트 이상의 극한 연신율을 가질 수 있다.

[0030] 일부 실시예에서, 작업 표면(45)은 연마 입자의 층이 하나 이상의 수지 또는 다른 결합제(binder) 층에 의해 배킹에 유지되는 통상적인 연마 시트와 같은 2차원 연마 재료를 포함할 수 있다. 대안적으로, 작업 표면(45)은 내부에 분산된 연마 입자를 함유하는 수지 또는 다른 결합제 층과 같은 3차원 고정 연마재로서 형성될 수 있다. 두 예에서, 작업 표면(45)은 사용 및/또는 드레싱(dressing) 중에 마모되어 연마 재료의 새로운 층을 노출시키도록 구성되는 복수의 연마 요소(47)를 포함할 수 있다.

[0031] 일부 실시예에서, 도 1a에 도시된 바와 같이, 작업 표면(45)은 접착제 또는 수지(49)와 같은 적합한 체결 메커니즘을 통해 기부 층(43)에 결합되는 복수의 연마 요소(47)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 연마 요소(47)는 다공성 세라믹 연마 복합재를 포함할 수 있다. 다공성 세라믹 연마 복합재는 다공성 세라믹 매트릭스 내에 분산된 개별 연마 입자를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "세라믹 매트릭스"는 유리질 및 결정질 세라믹 재료 둘 모두를 포함한다. 이들 재료는 일반적으로 원자 구조를 고려할 때 동일한 범주 내에 속한다. 인접한 원자들의 결합은 전자 이동 또는 전자 공유의 과정의 결과이다. 대안적으로, 2차 결합으로서 알려진 양전하와 음전하의 인력의 결과로서 보다 약한 결합이 존재할 수 있다. 결정질 세라믹, 유리 및 유리 세라믹은 이온 결합 및 공유 결합을 갖는다. 이온 결합은 하나의 원자로부터 다른 원자로의 전자 이동의 결과로서 달성된다. 공유 결합은 원자가 전자의 공유의 결과이고, 고도로 지향성이다. 비교로서, 금속에서의 1차 결합은 금속 결합으로서 알려져 있고, 전자의 비-지향성 공유를 수반한다. 결정질 세라믹은 실리카계 실리케이트(예컨대, 내화점토, 멀라이트, 자기, 및 포틀랜드(Portland) 시멘트), 비-실리케이트 옥사이드(예컨대, 알루미나, 마그네시아, MgAl₂O₄ 및 지르코니아) 및 비-산화물 세라믹(예컨대, 탄화물, 질화물 및 흑연)으로 세분될 수 있다. 유리 세라믹은 결정질 세라믹을 가진 조성물에 필적할 수 있다. 특정 처리 기술의 결과로서, 이들 재료는 결정질 세라믹이 갖는 장거리 질서(long range order)를 갖지 않는다. 유리 세라믹은 약 30% 이상의 결정질 상 및 최대 약 90%의 결정질 상 또는 상들을 생성하는 제어된 열-처리의 결과이다.

[0032] 예시적인 실시예에서, 세라믹 매트릭스의 적어도 일부분이 유리질 세라믹 재료를 포함한다. 일부 실시예에서, 세라믹 매트릭스는 50 중량% 이상, 70 중량%, 75 중량%, 80 중량%, 또는 90 중량%의 유리질 세라믹 재료를 포함한다. 일 실시예에서, 세라믹 매트릭스는 유리질 세라믹 재료로 본질적으로 구성된다. 커버그라스의 예지 연삭에 특히 유용하게는, 세라믹 매트릭스는 30 중량% 이상의 유리질 세라믹 재료를 포함할 수 있다.

[0033] 다양한 실시예에서, 세라믹 매트릭스는 금속 산화물, 예를 들어 산화알루미늄, 산화붕소, 산화규소, 산화마그네슘, 산화나트륨, 산화망간, 산화아연, 및 이들의 혼합물을 포함하는 유리를 포함할 수 있다. 세라믹 매트릭스는 Si₂O₃, B₂O₃, 및 Al₂O₃를 포함하는 알루미나-보로실리케이트 유리를 포함할 수 있다. 알루미나-보로실리케이트

트 유리는 약 18% B2O3, 8.5% Al2O3, 2.8% BaO, 1.1% CaO, 2.1% Na2O, 1.0% Li2O를 포함할 수 있고, 이때 잔부는 SiO2이다. 그러한 알루미늄-보로실리케이트 유리는 미국 플로리다주 올즈마 소재의 스페셜티 글라스 인코포레이티드(Specialty Glass Incorporated)로부터 구매가능하다.

[0034] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "다공성"은 그의 매스(mass) 전반에 걸쳐 분포된 기공(pore) 또는 공극을 갖는 것을 특징으로 하는 세라믹 매트릭스의 구조를 기술하기 위해 사용된다. 다공성 세라믹 매트릭스는 당업계에 잘 알려진 기술에 의해, 예를 들어 세라믹 매트릭스 전구체의 제어된 소성(firing)에 의해 또는 세라믹 매트릭스 전구체 내의 기공 형성제(pore forming agent), 예를 들어 유리 버블의 포함에 의해 형성될 수 있다. 기공은 복합재의 외부 표면으로 개방되거나 밀봉될 수 있다. 세라믹 매트릭스 내의 기공은 복합재로부터의 사용된(즉, 무딘(dull)) 연마 입자의 방출로 이어지는 세라믹 연마 복합재의 제어된 붕괴(breakdown)에 도움이 되는 것으로 여겨진다. 기공은 또한 연마 용품과 피가공물 사이의 계면으로부터 부스러기 및 사용된 연마 입자의 제거를 위한 통로를 제공함으로써 연마 용품의 성능(예컨대, 절삭률 및 표면 마무리)을 증가시킬 수 있다. 공극(또는 기공 체적(pore volume))은 대략 복합재의 4 체적% 이상, 복합재의 7 체적% 이상, 복합재의 10 체적% 이상, 또는 복합재의 20 체적% 이상으로부터; 복합재의 95 체적% 미만, 복합재의 90 체적% 미만, 복합재의 80 체적% 미만, 또는 복합재의 70 체적% 미만을 포함할 수 있다.

[0035] 커버그라스의 에지 연삭에 특히 유용하게는, 공극은 세라믹 연마 복합재의 35 중량 퍼센트 내지 65 중량 퍼센트를 포함할 수 있다.

[0036] 일부 실시예에서, 다공성 세라믹 매트릭스 내에 분산된 연마 입자는 다이아몬드, 입방정계 질화붕소, 용융 산화알루미늄, 세라믹 산화알루미늄, 열처리 산화알루미늄, 탄화규소, 탄화붕소, 알루미늄아 지르코니아, 산화철, 세리아(ceria), 가넷(garnet), 및 이들의 조합을 포함할 수 있다. 일례에서, 연마 입자는 다이아몬드를 포함하거나 그것으로 본질적으로 구성될 수 있다. 다이아몬드 연마 입자는 천연 또는 합성 제조된 다이아몬드일 수 있다. 다이아몬드 입자는 그들과 관련된 뚜렷한 소면(facet)을 가진 블록형(blocky) 형상, 또는 대안적으로 불규칙한 형상을 가질 수 있다. 다이아몬드 입자는 미국 펜실베이니아주 스미스필드 소재의 미포다이아몬드 인크.(Mypodiamond Inc.)로부터 상표명 "미폴렉스"(Mypolex)로 구매가능한 다이아몬드와 같이 단결정질 또는 다결정질일 수 있다. 다양한 입자 크기의 단결정질 다이아몬드가 미국 오하이오주 워딩턴 소재의 다이아몬드 이노베이션스(Diamond Innovations)로부터 입수될 수 있다. 다결정질 다이아몬드는 미국 텍사스주 시더 파크 소재의 토메이 코퍼레이션 오브 아메리카(Tomei Corporation of America)로부터 입수될 수 있다. 다이아몬드 입자는 표면 코팅, 예컨대 금속 코팅(니켈, 알루미늄, 구리 등), 무기 코팅(예를 들어, 실리카), 또는 유기 코팅을 함유할 수 있다. 일부 실시예에서, 연마 입자는 연마 입자들의 블렌드를 포함할 수 있다. 예를 들어, 다이아몬드 연마 입자는 보다 연질 유형의 제2 연마 입자와 혼합될 수 있다. 그러한 경우에, 제2 연마 입자는 다이아몬드 연마 입자보다 작은 평균 입자 크기를 가질 수 있다.

[0037] 예시적인 실시예에서, 다공성 세라믹 매트릭스 내에 분산된 연마 입자는 세라믹 매트릭스 전반에 걸쳐 균일하게 (또는 실질적으로 균일하게) 분포될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "균일하게 분포된"은 복합재 입자의 제1 부분 내의 연마 입자의 단위 평균 밀도가 복합재 입자의 임의의 상이한 제2 부분과 비교할 때 20% 초과, 15% 초과, 10% 초과, 또는 5% 초과만큼 다르지 않음을 의미한다. 이는 예를 들어 연마 입자가 입자의 표면에 집중된 연마 복합재 입자와 대조적이다.

[0038] 다양한 실시예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 또한 선택적인 첨가제, 예컨대 충전제, 커플링제(coupling agent), 계면활성제, 발포 억제제 등을 포함할 수 있다. 이들 재료의 양은 원하는 특성을 제공하도록 선택될 수 있다. 또한, 세라믹 연마 복합재는 하나 이상의 분리제(parting agent)를 포함할 수 있다(또는 그의 외측 표면에 접촉될 수 있음). 아래에 더욱 상세히 논의될 바와 같이, 입자의 응집을 방지하기 위해 하나 이상의 분리제가 다공성 세라믹 연마 복합재의 제조에 사용될 수 있다. 유용한 분리제는 예를 들어 금속 산화물(예컨대, 산화알루미늄), 금속 질화물(예컨대, 질화규소), 흑연, 및 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0039] 일부 예에서, 용품 및 방법에 유용한 다공성 세라믹 연마 복합재는 약 5 μm 이상, 10 μm 이상, 15 μm 이상, 또는 20 μm 이상; 1,000 μm 미만, 500 μm 미만, 200 μm 미만, 또는 100 μm 미만의 평균 크기(평균 주축 직경 또는 복합재 상의 2개의 지점들 사이의 최장 직선)를 가질 수 있다. 커버그라스의 에지 연삭에 특히 유용한 다공성 세라믹 연마 복합재는 약 65 μm 미만의 평균 입자 크기 및 약 500 μm 미만의 최대 입자 크기를 가질 수 있다.

[0040] 예시적인 예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재의 평균 크기는 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균 크기의 약 3배 이상, 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균 크기의 약 5배 이상, 또는 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균

크기의 약 10배 이상; 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균 크기의 30배 미만, 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균 크기의 20배 미만, 또는 복합재에 사용되는 연마 입자의 평균 크기의 10배 미만이다. 다공성 세라믹 연마 복합재에 유용한 연마 입자는 약 0.5 μm 이상, 약 1 μm 이상, 또는 약 3 μm 이상; 약 300 μm 미만, 약 100 μm 미만, 또는 약 50 μm 미만의 평균 입자 크기(평균 주축 직경(또는 입자 상의 2개의 지점들 사이의 최장 직선))를 가질 수 있다. 연마 입자 크기는 예를 들어 피가공물에 대해 원하는 절삭률 및/또는 원하는 표면 조도(roughness)를 제공하도록 선택될 수 있다. 연마 입자는 8 이상, 9 이상, 또는 10 이상의 모스 경도(Mohs hardness)를 가질 수 있다.

[0041] 다양한 예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재의 세라믹 매트릭스 내의 유리질 세라믹 재료의 중량에 대한 연마 입자의 중량은 약 1/20 이상, 약 1/10 이상, 약 1/6 이상, 약 1/3 이상, 약 30/1 미만, 약 20/1 미만, 약 15/1 미만 또는 약 10/1 미만이다.

[0042] 다양한 예에서, 연마 입자 크기 대 다공성 세라믹 연마 복합재 크기의 비가 15 대 1 이하, 12.5 대 1 이하, 10 대 1 이하일 수 있다. 일부 예에서, 연마재 크기 대 응집체(agglomerate) 크기의 비가 또한 약 3 대 1 이상, 약 5 대 1 이상 또는 심지어 약 7 대 1 이상일 수 있다. 연마재 크기 대 응집체 크기의 그러한 비를 제공하는 세라믹 연마 복합재는 커버글라스의 에지 연삭에 특히 유용할 수 있다.

[0043] 다양한 예에서, 세라믹 연마 복합재 내의 다공성 세라믹 매트릭스의 양은, 세라믹 매트릭스가 연마 입자 외에 임의의 충전제, 접착된 분리제 및/또는 다른 첨가제를 포함하는 경우, 다공성 세라믹 매트릭스 및 개별 연마 입자의 총 중량의 5 중량 퍼센트 이상, 10 중량 퍼센트 이상, 15 중량 퍼센트 이상, 33 중량 퍼센트 이상, 95 중량 퍼센트 미만, 90 중량 퍼센트 미만, 80 중량 퍼센트 미만, 또는 70 중량 퍼센트 미만이다.

[0044] 다양한 예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 정밀하게 형상화되거나 불규칙하게 형상화될(즉, 비-정밀하게 형상화될) 수 있다. 정밀하게 형상화된 복합재는 임의의 형상(예컨대, 입방형, 블록-유사형, 원통형, 프리즘형, 피라미드형, 절두 피라미드형, 원추형, 절두 원추형, 구형, 반구형, 십자형, 또는 지주(post)-유사형)일 수 있다. 다공성 세라믹 연마 복합재는 상이한 연마 복합재 형상들 및/또는 크기들의 혼합물일 수 있다. 대안적으로, 다공성 세라믹 연마 복합재는 동일한(또는 실질적으로 동일한) 형상 및/또는 크기를 가질 수 있다. 비-정밀하게 형상화된 복합재는 회전 타원체(spheroid)를 포함할 수 있고, 이는 예를 들어 분무 건조 공정(spray drying process)으로부터 형성될 수 있다.

[0045] 일반적으로, 다공성 세라믹 연마 복합재를 제조하기 위한 방법은 유기 결합제, 용매, 연마 입자, 예컨대 다이아몬드 및 세라믹 매트릭스 전구체 입자, 예컨대 유리 프리트(glass frit)를 혼합하는 단계; 상승된 온도에서 혼합물을 분무 건조하여 "그린(green)" 연마재/세라믹 매트릭스/결합제 입자를 생성하는 단계; "그린" 연마재/세라믹 매트릭스/결합제 입자를 수집하고 분리제, 예컨대 도금된 백색 알루미늄과 혼합하는 단계; 이어서, 연소를 통해 결합제를 제거하면서 연마 입자를 함유하는 세라믹 매트릭스 재료를 유리화(vitrify)하기에 충분한 온도에서 분말 혼합물을 어닐링(annealed)하는 단계; 세라믹 연마 복합재를 형성하는 단계를 포함한다. 다공성 세라믹 연마 복합재는 원하는 입자 크기로 선택적으로 체질(sieve)될 수 있다. 분리제는 "그린" 연마재/세라믹 매트릭스/결합제 입자가 유리화 공정 동안 함께 응집되는 것을 방지한다.

[0046] 이는 유리화된 세라믹 연마 복합재가 분무 건조기를 벗어나 바로 형성되는 "그린" 연마재/세라믹 매트릭스/결합제 입자의 크기와 유사한 크기를 유지할 수 있게 한다. 작은 중량 분율, 즉 10% 미만, 5% 미만 또는 심지어 1% 미만의 분리제가 유리화 공정 동안 세라믹 매트릭스의 외측 표면에 접착될 수 있다. 분리제는 전형적으로 세라믹 매트릭스의 연화점을 초과하는 (유리 재료 등의 경우) 연화점 또는 (결정질 재료 등의 경우) 융점, 또는 분해 온도를 가지며, 여기서 모든 재료가 융점, 연화점, 또는 분해 온도 각각을 갖는 것은 아님이 이해되어야 한다. 융점, 연화점, 또는 분해 온도 중 2개 이상을 갖는 재료의 경우, 융점, 연화점, 또는 분해 온도 중 보다 낮은 것이 세라믹 매트릭스의 연화점을 초과하는 것이 이해되어야 한다. 유용한 분리제의 예는 금속 산화물(예컨대, 산화알루미늄), 금속 질화물(예컨대, 질화규소) 및 흑연을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0047] 다공성 세라믹 연마 복합재는 예를 들어 (매트릭스 재료의 선택에 따라) 캐스팅, 복제, 미세복제, 성형(molding), 분무, 분무-건조, 무화, 코팅, 도금, 침착, 가열, 경화, 냉각, 고화, 압축, 조밀화(compacting), 압출, 소결, 브레이징(brazing), 무화, 용침(infiltration), 함침, 진공화, 블라스팅(blasting), 파단 또는 임의의 다른 이용가능한 방법을 포함하는 임의의 입자 형성 공정에 의해 형성될 수 있다. 복합재는 보다 큰 용품으로서 형성된 다음에, 예를 들어 보다 큰 용품 내의 스코어 라인(score line)을 따라 분쇄 또는 파단시킴으로써 보다 작은 피스(piece)로 파단될 수 있다. 복합재가 보다 큰 몸체로서 초기에 형성되는 경우, 당업자에게 알려진 방법 중 하나에 의해 보다 좁은 크기 범위 내의 단편으로 사용되도록 선택하는 것이 바람직할 수 있다.

일부 예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 일반적으로 미국 특허 제6,551,366호 및 제6,319,108호에 개시된 기술을 사용하여 생성되는 유리질(vitreous) 접합 다이아몬드 응집체를 포함할 수 있다. 커버글라스의 에지 연삭에 특히 유용하게는, 연마재 내에서의 다이아몬드 응집체 대 수지 결합체의 체적비가 3 대 2 초과이다.

[0048] 일부 예에서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 연마 슬러리에 유익한 특성을 부여할 시약에 의해 (예컨대, 공유적으로, 이온적으로, 또는 기계적으로) 표면 개질될 수 있다. 예를 들어, 유리의 표면은 산 또는 염기로 에칭되어(etched) 적절한 표면 pH를 생성할 수 있다. 공유적으로 개질된 표면은 입자를 하나 이상의 표면 처리제를 포함하는 표면 처리제와 반응시킴으로써 생성될 수 있다. 적합한 표면 처리제의 예는 실란, 티타네이트, 지르코네이트, 유기포스페이트, 및 유기실포네이트를 포함한다. 본 발명에 적합한 실란 표면 처리제의 예는 옥틸트라이에톡시실란, 비닐 실란(예컨대, 비닐트라이메톡시실란 및 비닐 트라이에톡시실란), 테트라메틸 클로로실란, 메틸트라이메톡시실란, 메틸트라이에톡시실란, 프로필트라이메톡시실란, 프로필트라이에톡시실란, 트리스-[3-(트라이메톡시실릴)프로필] 아이소시아누레이트, 비닐-트리스-(2-메톡시에톡시)실란, 감마-메타크릴옥시프로필트라이메톡시실란, 베타-(3,4-에폭시사이클로헥실)에틸트라이메톡시실란, 감마-글리시독시프로필트라이메톡시실란, 감마-메르캅토프로필트라이메톡시실란, 감마-아미노프로필트라이메톡시실란, 감마-아미노프로필트라이메톡시실란, N-베타-(아미노에틸)-감마-아미노프로필트라이메톡시실란, 비스-(감마-트라이메톡시실릴프로필)아민, N-페닐-감마-아미노프로필트라이메톡시실란, 감마-우레이도프로필트라이알콕시실란, 감마-우레이도프로필트라이메톡시실란, 아크릴옥시알킬 트라이메톡시실란, 메타크릴옥시알킬 트라이메톡시실란, 페닐 트라이클로로실란, 페닐트라이메톡시실란, 페닐 트라이에톡시실란, 실퀘스트(SILQUEST) A1230 등록상표의 비-이온성 실란 분산제(미국 오하이오주 콜럼버스 소재의 모멘티브(Momentive)로부터 입수가 가능함) 및 이들의 혼합물을 포함한다. 구매가능한 표면 처리제의 예는 실퀘스트 A174 및 실퀘스트 A1230(모멘티브로부터 입수가 가능함)을 포함한다. 표면 처리제가 개질되고 있는 표면의 소수성 또는 친수성 성질을 조절하기 위해 사용될 수 있다. 비닐 실란이 비닐기를 다른 시약과 반응시킴으로써 훨씬 더 정교한 표면 개질을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 반응성 또는 불활성 금속이 유리 다이아몬드 입자와 조합되어 표면을 화학적 또는 물리적으로 변화시킬 수 있다. 스퍼터링(sputtering), 진공 증발(vacuum evaporation), 화학 증착(chemical vapor deposition, CVD) 또는 용융 금속 기술이 사용될 수 있다.

[0049] 일부 실시예에서, 수지(49)는 에폭시 수지를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 수지(49)는 연마 입자를 기재(substrate)에 고정시키기에 적합한 임의의 수지를 포함할 수 있다. 수지 및 다공성 세라믹 연마 복합재에 더하여, 작업 표면(45)은 충전제 재료 또는 다른 재료와 같은 추가의 첨가제를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 충전제 재료는 산화알루미늄, 부직포 섬유, 탄화규소 및 세리아 입자 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 그러한 예에서, 충전제 재료는 다공성 세라믹 연마 복합재 및 임의의 충전제 재료의 총 중량을 기준으로, 작업 표면(45)의 5 중량 퍼센트 내지 50 중량 퍼센트에 해당할 수 있다. 그러한 예는 커버글라스의 에지 연삭을 위해 사용되는 연마 재료에 특히 유용할 수 있다.

[0050] 다른 예로서, 작업 표면(45)은 다공성 세라믹 연마 복합재와 조합되어 수지 내에 분산된 금속 입자를 포함할 수 있다. 금속 입자는 연삭 작업 중에 수지를 보호하는 베어링 효과(bearing effect)를 제공할 수 있다. 그러한 금속 입자는 구리 입자, 주석 입자, 황동 입자, 알루미늄 입자, 스테인리스 강 입자 및 금속 합금 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 금속 입자는 다공성 세라믹 연마 복합재 및 임의의 금속 입자의 총 중량을 기준으로, 작업 표면(45)의 5 중량 퍼센트 내지 25 중량 퍼센트에 해당할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 금속 입자는 10 마이크로미터 내지 250 마이크로미터, 예컨대 44 마이크로미터 내지 149 마이크로미터, 예컨대 약 100 마이크로미터의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 그러한 예는 커버글라스의 에지 연삭을 위해 사용되는 연마 재료에 특히 유용할 수 있다.

[0051] 일부 실시예에서, 폴리메틸 메타크릴레이트 비드(bead)가 작업 표면(45)의 수지 내에 분산될 수 있다. 그러한 예에서, 폴리메틸 메타크릴레이트 비드는 다공성 세라믹 연마 복합재 및 비드의 총 중량을 기준으로, 작업 표면(45)의 1 중량 퍼센트 내지 10 중량 퍼센트에 해당할 수 있다. 그러한 예는 커버글라스의 에지 연삭을 위해 사용되는 연마 재료에 특히 유용할 수 있다.

[0052] 일부 실시예에서, 연마 요소(47)는 3차원 텍스처화된(textured) 가요성의 고정된 연마재 구성을 형성하도록 어레이로 배열될 수 있다. 그러한 연마 요소(47)는 모놀리식 행렬(monolithic row)로 배향되고 정밀하게 정렬되며 다이(die), 주형(mold), 엠보스(emboss), 또는 다른 기술로부터 제조되는, 미국 특허 제5,958,794호(브룩스부르트(Bruuxvoort) 등)에 기술된 연마 요소와 같은, 매트릭스 내에 분산된 연마 입자를 포함할 수 있으며(이하에서, 정밀하게 형상화된 연마 복합재로 지칭됨), 상기 특허는 이로써 전체적으로 참고로 포함된다. 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 상표명 트라이액트(TRIZACT) 패턴화된 연마재

(patterned abrasive) 및 트라이앵글 다이아몬드 타일 연마재(diamond tile abrasive)로 입수가 가능한 연마 용품 내에 제공되는 연마 요소가 예시적인 정밀하게 형상화된 연마 복합재이다.

[0053] 일부 실시예에서, 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 매트릭스 재료는 경화된 또는 경화성 유기 재료를 포함할 수 있다. 경화의 방법은 중요하지 않으며, 예를 들어 UV 광 또는 열과 같은 에너지를 통한 경화를 포함할 수 있다. 적합한 매트릭스 재료의 예는 예를 들어 아미노 수지, 알킬화 우레아-포름알데히드 수지, 멜라민-포름알데히드 수지, 및 알킬화 벤조구아나민-포름알데히드 수지를 포함한다. 다른 매트릭스 재료는 예를 들어 아크릴레이트 수지(아크릴레이트 및 메타크릴레이트를 포함함), 페놀 수지, 우레탄 수지, 및 에폭시 수지를 포함한다. 특정 아크릴레이트 수지는 예를 들어 비닐 아크릴레이트, 아크릴화 에폭시, 아크릴화 우레탄, 아크릴화 오일, 및 아크릴화 실리콘을 포함한다. 특정 페놀 수지는 예를 들어 레졸(resole) 및 노볼락(novolac) 수지, 및 페놀/라텍스 수지를 포함한다. 동일한 또는 상이한 예에서, 수지는 에폭시 수지, 폴리에스테르 수지, 폴리비닐 부티랄(PVB) 수지, 아크릴 수지, 열가소성 수지, 열경화성 수지, 자외선 광 경화성 수지, 및 전자기 방사선 경화성 수지 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 에폭시는 연마 복합재 재료의 약 20 중량 퍼센트 내지 약 35 중량 퍼센트에 해당할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 폴리에스테르 수지는 연마 복합재 재료의 1 중량 퍼센트 내지 10 중량 퍼센트에 해당한다. 매트릭스는 또한 예를 들어 본 명세서에 참고로 포함된, 미국 특허 제5,958,794호(브룩스부르트 등)에 기술된 것과 같은 통상적인 충전제 및 경화제를 함유할 수 있다.

[0054] 정밀하게 형상화된 연마 복합재에 적합한 연마 입자의 예는 입방정계 질화붕소, 용융 산화알루미늄, 세라믹 산화알루미늄, 열처리 산화알루미늄, 백색 용융 산화알루미늄, 흑색 탄화규소, 녹색 탄화규소, 이붕소화티타늄, 탄화붕소, 질화규소, 탄화텅스텐, 탄화티타늄, 다이아몬드, 입방정계 질화붕소, 육방정계 질화붕소, 알루미늄나지르코니아, 산화철, 세리아, 가넷, 용융 알루미늄나지르코니아, 알루미늄계 졸 겔 유도된 연마 입자 등을 포함한다. 알루미늄 연마 입자는 금속 산화물 개질제를 함유할 수 있다. 알루미늄계 졸 겔 유도된 연마 입자의 예는 모두 본 명세서에 참고로 포함된, 미국 특허 제4,314,827호; 제4,623,364호; 제4,744,802호; 제4,770,671호; 및 제4,881,951호에서 확인될 수 있다. 다이아몬드 및 입방정계 질화붕소 연마 입자는 단결정질 또는 다결정질일 수 있다. 적합한 무기 연마 입자의 다른 예는 실리카, 산화철, 크로미아, 세리아, 지르코니아, 티타니아, 산화주석, 감마 알루미늄 등을 포함한다.

[0055] 각각의 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 형상은 특정 응용(예컨대, 피가공물 재료, 작업 표면 형상, 접촉 표면 형상, 온도, 수지 상 재료)에 대해 선택될 수 있다. 각각의 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 형상은 임의의 유용한 형상, 예컨대 입방형, 원통형, 프리즘형, 평행 직육면체형(right parallelepiped), 피라미드형, 절두 피라미드형, 원추형, 반구형, 절두 원추형, 십자형, 또는 말단부를 가진 지주-유사형 섹션일 수 있다. 복합재 피라미드는 예를 들어 3개, 4개의 측면, 5개의 측면, 또는 6개의 측면을 가질 수 있다. 기부에서의 연마 복합재의 단면 형상은 말단부에서의 단면 형상과 상이할 수 있다. 이들 형상들 사이의 전이(transition)는 매끄럽고 연속적일 수 있거나, 별개의 단계로 이루어질 수 있다. 정밀하게 형상화된 연마 복합재는 또한 상이한 형상들의 혼합을 가질 수 있다. 정밀하게 형상화된 연마 복합재는 횡렬, 나선, 소용돌이, 또는 격자 방식으로 배열될 수 있거나, 무작위로(randomly) 배치될 수 있다. 정밀하게 형상화된 연마 복합재는 유체 유동을 안내하고/하거나 부스러기 제거를 용이하게 하도록 의도되는 설계로 배열될 수 있다.

[0056] 정밀하게 형상화된 연마 복합재를 형성하는 측방향 면은 말단부를 향해 감소하는 폭을 갖고서 테이퍼 형성될(tapered) 수 있다. 테이퍼 형성된 각도는 약 1 내지 90도 미만, 예를 들어 약 1 내지 약 75도, 약 3 내지 약 35도, 또는 약 5 내지 약 15도일 수 있다. 각각의 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 높이는 동일할 수 있지만, 단일 용품 내에서 변화하는 높이의 정밀하게 형상화된 연마 복합재를 갖는 것이 가능하다.

[0057] 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 기부는 서로 맞닿을 수 있거나, 대안적으로 인접한 정밀하게 형상화된 연마 복합재들의 기부는 소정의 특정된 거리만큼 서로 분리될 수 있다. 일부 예에서, 인접한 연마 복합재들 사이의 물리적 접촉은 각각의 접촉하는 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 수직 높이 치수의 33% 이하를 수반한다. 맞닿음에 대한 이러한 정의는 또한 인접한 정밀하게 형상화된 연마 복합재가 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 대면하는 측방향 표면들 사이에서 접촉하고 연장되는 공통 랜드(land) 또는 브릿지-유사(bridge-like) 구조를 공유하는 배열을 포함한다. 연마재는 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 중심들 사이에 그려지는 가상의 일직선 상에 위치되는 개재되는 복합재가 없다는 의미에서 인접한다.

[0058] 정밀하게 형상화된 연마 복합재는 작업 표면(45) 내에 사전결정된 패턴으로 또는 사전결정된 위치에 배열(set out)될 수 있다. 예를 들어, 연마 용품이 베킹과 주형 사이에 연마재/수지 슬러리를 제공함으로써 제조될 때, 정밀하게 형상화된 연마 복합재의 사전결정된 패턴은 주형의 패턴에 대응할 것이다. 따라서, 패턴은 연마 용품

들 간에 재현가능하다.

- [0059] 사전결정된 패턴은 복합재가 정렬된 횡렬 및 종렬(column), 또는 교번하는 오프셋된(offset) 횡렬 및 종렬과 같은 설계된 어레이임을 의미하는 어레이 또는 배열일 수 있다. 다른 예에서, 연마 복합재는 "무작위" 어레이 또는 패턴으로 배열될 수 있다. 이것은 복합재가 전술된 바와 같은 횡렬 및 종렬의 규칙적인 어레이가 아님을 의미한다. 그러나, 이러한 "무작위" 어레이는 정밀하게 형성화된 연마 복합재의 위치가 사전결정되고 주형에 대응한다는 점에서 사전결정된 패턴인 것으로 이해되어야 한다.
- [0060] 다양한 예에서, 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 용품(29)은 커버글라스의 에지 연삭에 특히 적합한 연마 회전 공구의 연마 표면을 형성하기 위해 사용될 수 있다. 일부 예에서, 수지, 연마 요소, 및 수지 내에 분산된 임의의 추가의 첨가제를 포함하는 연마 재료가 연마 표면 또는 심지어 전체 회전 공구(28)를 형성하도록 성형될 수 있다. 예를 들어, 연마 재료는 회전 공구(28)의 코어(core) 상에 오버몰딩되어(overmolded) 연마 표면을 형성할 수 있다. 일반적으로, 그러한 코어는 공구 생크 및 연마 재료를 공구 생크에 기계적으로 고정시키기 위해 연마 재료 내에 매립되는 부분을 포함할 것이다.
- [0061] 다른 예에서, 연마 용품(29)은 기재에 결합될 수 있다. 기재는 회전 공구의 형상을 제공하는 회전 공구(28)의 코어에 해당할 수 있으며, 이때 연마 용품(29)은 회전 공구의 코어에 직접 적용된다. 다른 예에서, 기재는 추 후에 회전 공구의 코어에 적용되는 시트 재료에 해당할 수 있다. 그러한 예에서, 기재는 평평한 기재 또는 만곡된 기재일 수 있다. 다양한 예에서, 기재는 중합체 필름, 부직포 기재, 직포 기재, 고무 기재, 탄성체 기재, 발포체 기재, 순응성 재료, 압출된 필름, 프라이밍된 기재, 및 비프라이밍된(unprimed) 기재 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0062] 도 2 및 도 4a 내지 도 9는 유리, 예컨대 커버글라스, 사파이어, 세라믹 등의 연삭에 적합한 예시적인 회전 연마 공구를 예시하는 반면에, 도 3은 전자 장치를 위한 커버글라스를 예시한다. 도 2 및 도 4a 내지 도 9의 공구 각각은 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)을 포함할 수 있고, 시스템(10) 내의 회전 공구(28)로서 이용될 수 있다(도 1).
- [0063] 특히, 도 2는 예시적인 회전 연마 공구(100)를 예시한다. 회전 연마 공구(100)는 일 세트의 가요성 플랩(104)을 포함하며, 가요성 플랩은 가요성 플랩의 굽힘을 통해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 에지를 연마하는 것을 용이하게 하는 연마 외부 표면(106, 108)을 갖는다. 예를 들어, 연마 외부 표면(106, 108)은 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)을 포함하거나 그것으로 형성될 수 있다. 회전 연마 공구(100)는 또한 공구(100)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(102)를 포함한다. 가요성 플랩(104)은 핀, 스크류, 리벳 또는 다른 고정 메커니즘에 해당할 수 있는 선택적인 고정 메커니즘(105)으로 공구 생크(102)에 고정될 수 있다. 공구 생크(102)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척(chuck) 내에 장착되도록 구성될 수 있다.
- [0064] 가요성 플랩(104)은 공구 생크(102) 반대편에 위치되는 가요성 평면형 섹션을 형성한다. 가요성 플랩(104) 각각은 가요성 플랩(104)의 제1 면 상에 제1 연마 외부 표면(106)을 형성하며, 가요성 플랩(104)의 제1 면은 대체로 공구 생크(102)로부터 멀어지는 쪽으로 향한다. 가요성 플랩(104) 각각은 또한 가요성 플랩(104)의 제2 면 상에 선택적인 제2 연마 외부 표면(108)을 형성하며, 가요성 플랩(104)의 제2 면은 대체적인 공구 생크(102)의 방향으로 향한다. 선택적인 기재(110)가 제1 연마 외부 표면(106)과 제2 연마 외부 표면(108) 사이에 위치된다. 일부 예에서, 기재(110)는 연마 외부 표면(106, 108)을 지지하는(backing) 탄성적으로 압축가능한 층을 포함할 수 있다.
- [0065] 회전 연마 공구(100)는 또한 공구 생크(102)에 부착되는 원통형 섹션(114)을 포함한다. 원통형 섹션(114)은 회전축(103)을 둘러싸는 제3 연마 외부 표면(116)을 형성한다. 원통형 섹션(114)은 또한 연마 외부 표면(116)을 지지하는 선택적인 탄성적으로 압축가능한 층을 포함할 수 있다. 가요성 플랩(104)은 회전축(103)에 대해 원통형 섹션(114)의 외경을 지나 연장된다.
- [0066] 연마 외부 표면(106, 108, 116) 중 하나 이상이 본 명세서에 전술된 바와 같은 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)으로 형성되거나 그것을 포함할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 연마 외부 표면(106, 108, 116) 중 하나 이상. 그러한 용품 또는 표면은 기재(110)와 같은 공구(100)의 기재에 예폭시로 고정될 수 있다.
- [0067] 상이한 예에서, 본 명세서에 기술된 바와 같이, 연마 외부 표면(106, 108, 116) 중 하나 이상의 연마재는 20 마이크로미터 미만의 연마 그레인(abrasive grain) 크기, 예컨대 약 10 마이크로미터 내지 약 1 마이크로미터의 연마 그레인 크기, 예컨대 약 3 마이크로미터의 연마 그레인 크기를 제공할 수 있다. 그러한 예는 커버글라스

의 에지 연삭에 특히 유용할 수 있다.

- [0068] 일부 예에서, 원통형 섹션(114)의 제3 연마 외부 표면(116)은 서로 상이한 연마 그레이인 크기를 가진 부분을 포함할 수 있다. 그러한 예에서, 상이한 부분은 커버그라스의 에지 연삭과 같은 연삭 작업 중에 개선된 표면 마무리 또는 표면 마무리에 대한 속도를 제공하기 위해 연속하여 이용될 수 있다.
- [0069] 도 4a 내지 도 4c에 관하여 더욱 상세히 기술되는 바와 같이, 원통형 섹션(114)은 공구 생크(102)로부터 공구(100)를 작동시키는 동안에 피가공물의 제1 면과 피가공물의 제2 면 사이의 피가공물의 에지를 연마하는 것을 용이하게 한다. 또한, 가요성 플랩(104)은 제1 연마 외부 표면(106)이 피가공물의 제1 모서리에 적용될 때, 제1 연마 외부 표면(106)으로, 가요성 플랩(104)의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 제1 면에 인접한 제1 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다. 유사하게, 가요성 플랩(104)은 제2 연마 외부 표면(108)이 피가공물의 제2 모서리에 적용될 때, 제2 연마 외부 표면(108)으로, 가요성 플랩(104)의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐, 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면에 인접한 제2 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다.
- [0070] 도 3은 전자 장치, 휴대 전화, 개인용 음악 플레이어 또는 다른 전자 장치를 위한 커버그라스인 커버그라스(150)를 예시한다. 일부 예에서, 커버그라스(150)는 전자 장치를 위한 터치스크린의 구성요소일 수 있다. 커버그라스(150)는 1 밀리미터 미만의 두께를 가진 알루미늄-실리케이트계 유리일 수 있지만, 다른 조성물이 또한 가능하다.
- [0071] 커버그라스(150)는 제2 주 표면(164) 반대편의 제1 주 표면(162)을 포함한다. 항상은 아니지만 일반적으로, 주 표면(162, 164)은 평면형 표면이다. 에지 표면(166)이 주 표면(162, 164)의 주연부를 따르며, 주연부는 라운딩된 모서리(167)를 포함한다. 커버그라스(150)는 또한 구멍(152)을 형성한다. 구멍(152)은 그 자체의 에지 표면, 예컨대 에지 표면(153)(도 4a 참조)을 포함한다.
- [0072] 균열에 대한 증가된 저항 및 개선된 외양을 제공하기 위해, 주 표면(162, 164), 에지 표면(166) 및 구멍(152)의 에지 표면을 포함하는 커버그라스(150)의 표면이 커버그라스(150)의 제조 중에 실현가능한 정도로 매끄럽게 되어야 한다. 커버그라스(150)의 전반적인 형상을 형성하는 기계가공 후에, 표면은 예컨대 CeO 슬러리를 사용하여 폴리싱되어, 커버그라스(150) 내의 연삭 및 기계가공 마크를 제거할 수 있다.
- [0073] 또한, 본 명세서에 개시된 바와 같이, 도 2 및 도 4a 내지 도 9에 관하여 기술된 것과 같은 회전 연마 공구는 폴리싱 전에 CNC 기계를 사용하여 에지 표면(166) 및 구멍(152)의 에지 표면과 같은 에지 표면 조도를 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 커버그라스(150)의 원하는 표면 마무리 품질을 제공하기 위한 폴리싱 시간을 감소시키는 중간 연삭 단계는 제조 시간을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 커버그라스(150)의 제조를 위한 더욱 정밀한 치수 제어를 제공할 수 있다.
- [0074] 도 4a 내지 도 4c는 커버그라스가 그의 전반적인 형상을 형성하기 위한 기계가공 후에 아직 폴리싱되거나 경화되지 않았다는 점에서 부분-마무리된 커버그라스에 해당할 수 있는 커버그라스(150)를 연마하기 위해 사용되고 있는 회전 연마 공구(100)를 예시한다. 회전 연마 공구(100)는 우선 회전 기계(23)와 같은 CNC 기계의 회전 공구 홀더(holder)에 고정될 수 있다.
- [0075] 도 4a에 예시된 바와 같이, 공구(100)의 가요성 섹션인 가요성 플랩(104)의 표면(106)이 구멍(152)의 에지(153)와 주 표면(162) 사이의 모서리를 연마하기 위해 사용되고 있다. 가요성 플랩(104)의 가요성은 회전 연마 공구(100)가 예컨대 사전프로그래밍된 세트의 명령에 따라 CNC 기계에 의해 구멍(152)을 통해 밀어넣어질 때 표면(106)이 구멍(152)의 에지(153)와 주 표면(162) 사이의 모서리의 윤곽에 순응하도록 허용한다. 상이한 예에서, 이들 모서리는 공구(100)에 의한 연마 전에 라운딩, 베벨링(beveled) 또는 스퀘어링(square)될 수 있다. 마찬가지로, 가요성 플랩(104)의 가요성은 표면(106)이 에지(166)와 주 표면(162) 사이의 모서리를 포함하는 다른 모서리의 윤곽에 순응하도록 허용하여 이들 모서리를 표면(106)으로 연마하는 것을 용이하게 한다. 상이한 예에서, 에지(166)와 주 표면(162) 사이의 모서리는 공구(100)에 의한 연마 전에 라운딩, 베벨링 또는 스퀘어링될 수 있다. 유사하게, 도 5 및 도 7 내지 도 9에 관하여 후술되는 공구(200, 400, 500, 600) 중 임의의 것이 또한 에지(166)와 주 표면(162) 사이의 모서리를 연마하기 위해 사용될 수 있다.
- [0076] 가요성 플랩(104)은 또한 도 4b에 도시된 바와 같이, 원통형 섹션(114)의 연마 외부 표면(116)이 구멍(152)의 에지(153)를 연마하도록 허용하기 위해, 구멍(152)을 통해 완전하게 밀어넣어지기에 충분히 가요성이다. 또한, 가요성 플랩(104)의 가요성은 회전 연마 공구(100)가 예컨대 CNC 기계에 의해 구멍(152)을 통해 다시 끌어당겨질 때 표면(108)이 구멍(152)의 에지(153)와 주 표면(164) 사이의 모서리의 윤곽에 순응하도록 허용한다. 상이

한 예에서, 이들 모서리는 공구(100)에 의한 연마 전에 라운딩, 베벨링 또는 스퀘어링될 수 있다. 마찬가지로, 가요성 플랩(104)의 가요성은 표면(106)이 에지(166)와 주 표면(164) 사이의 모서리를 포함하는 다른 모서리의 윤곽에 순응하도록 허용하여 이들 모서리를 표면(108)으로 연마하는 것을 용이하게 한다. 유사하게, 도 5, 도 7 및 도 8에 관하여 후술되는 공구(200, 400, 500) 중 임의의 것이 또한 구멍(152)에서 에지(166)와 주 표면(162) 사이의 모서리를 연마하기 위해 사용될 수 있다.

[0077] 이러한 방식으로, 공구(100)는 에지(153) 및 에지(153)와 주 표면(162, 164) 사이의 모서리를 포함하는 구멍(152)과 관련된 모든 표면을 연마하는 것을 허용한다. 그러한 연마는 구멍(152)과 관련된 표면을 연마 표면(106, 116, 108)과 접촉시킨 상태에서 공구(100)를 연속적으로 회전시킴으로써 이루어질 수 있다. 공구(100)는 또한 에지(166)와 주 표면(162, 164) 사이의 모서리를 포함하는 에지(166)와 관련된 모든 표면을 연마하는 것을 허용한다. 그러한 연마는 에지(166)와 관련된 표면을 연마 표면(106, 116, 108)과 접촉시킨 상태에서 공구(100)를 연속적으로 회전시킴으로써 이루어질 수 있다. 공구(100)를 사용한 에지(153, 166)와 관련된 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(100)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(100)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.

[0078] 도 5는 회전 연마 공구(200)를 예시한다. 회전 연마 공구(200)는 회전 연마 공구(200)가 단일 세트의 가요성 플랩(104)보다는 연마 외부 표면을 가진 두 세트의 가요성 플랩(204, 234)을 포함하는 것을 제외하고는, 회전 연마 공구(100)와 실질적으로 유사하다. 가요성 플랩(204, 234)은 상이한 연마 수준을 포함할 수 있다.

[0079] 회전 연마 공구(200)는 두 세트의 가요성 플랩(204, 234)을 포함하며, 가요성 플랩은 가요성 플랩의 굽힘을 통해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 에지를 연마하는 것을 용이하게 하는 연마 외부 표면(206, 208, 236, 238)을 갖는다. 회전 연마 공구(200)는 또한 공구(200)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(202)를 포함한다. 가요성 플랩(204)은 핀, 스크류, 리벳 또는 다른 고정 메커니즘에 해당할 수 있는 선택적인 고정 메커니즘(205)으로 공구 생크(202)에 고정될 수 있다. 공구 생크(202)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척 내에 장착되도록 구성될 수 있다.

[0080] 가요성 플랩(204)은 원통형 섹션(214)에 대해 공구 생크(202) 반대편에 위치되는 가요성 평면형 섹션을 형성한다. 가요성 플랩(204)은 회전축에 대해 원통형 섹션(214)의 외경을 지나 연장된다. 가요성 플랩(204) 각각은 가요성 플랩(204)의 제1 면 상에 제1 연마 외부 표면(206)을 형성하며, 가요성 플랩(204)의 제1 면은 대체로 공구 생크(202)로부터 멀어지는 쪽으로 향한다. 가요성 플랩(204) 각각은 또한 가요성 플랩(204)의 제2 면 상에 선택적인 제2 연마 외부 표면(208)을 형성하며, 가요성 플랩(204)의 제2 면은 대체적인 공구 생크(202)의 방향으로 향한다.

[0081] 회전 연마 공구(200)는 또한 공구 생크(202)에 부착되는 원통형 섹션(214)을 포함한다. 원통형 섹션(214)은 회전 연마 공구(200)에 대한 회전축을 둘러싸는 제3 연마 외부 표면(216)을 형성한다. 연마 외부 표면(216)은 상이한 연마 그레인 크기를 가진 2개의 부분(227, 228)을 포함한다. 상이한 부분은 커버그라스의 에지 연삭과 같은 연삭 작업 중에 개선된 표면 마무리 또는 표면 마무리에 대한 속도를 제공하기 위해 연속하여 이용될 수 있다. 다른 예에서, 2개 초과 연마 그레인 크기가 포함될 수 있다. 가요성 플랩(234)은 공구 생크(202)에 인접하게 위치되는 가요성 평면형 섹션을 형성한다. 가요성 플랩(234)은 회전축에 대해 원통형 섹션(214)의 외경을 지나 연장된다. 가요성 플랩(234) 각각은 가요성 플랩(234)의 제1 면 상에 제1 연마 외부 표면(236)을 형성하며, 가요성 플랩(234)의 제1 면은 대체로 공구 생크(202)로부터 멀어지는 쪽으로 향한다. 가요성 플랩(234) 각각은 또한 가요성 플랩(234)의 제2 면 상에 선택적인 제2 연마 외부 표면(238)을 형성하며, 가요성 플랩(234)의 제2 면은 대체적인 공구 생크(202)의 방향으로 향한다.

[0082] 연마 외부 표면(206, 208, 216, 236, 238) 중 하나 이상이 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)을 포함하거나 그것으로 형성될 수 있다. 그러한 용품 또는 표면은 에폭시, 접착제 또는 다른 재료로 공구(200)의 기체에 고정될 수 있다.

[0083] 회전 공구(100)에 관하여 기술된 바와 같이, 원통형 섹션(214)은 공구 생크(202)로부터 공구(200)를 작동시키는 동안에 피가공물의 제1 면과 피가공물의 제2 면 사이의 피가공물의 에지를 연마하는 것을 용이하게 한다. 또한, 가요성 플랩(204, 234)은 제1 연마 외부 표면(206, 236) 중 하나가 피가공물의 제1 모서리에 적용될 때, 제1 연마 외부 표면(206, 236) 중 하나로, 가요성 플랩(204, 234)의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 제1 면에 인접한 제1 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다. 유사하게, 가

요성 플랩(204, 234)은 제2 연마 외부 표면(208, 238) 중 하나가 피가공물의 제2 모서리에 적용될 때, 제2 연마 외부 표면(208, 238) 중 하나로, 가요성 플랩(204, 234)의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐, 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면에 인접한 제2 모서리를 연마하는 것을 용이하게 한다.

[0084] 일부 예에서, 연마 외부 표면(206)은 연마 외부 표면(236)보다 큰 연마 그레인 크기를 제공할 수 있다. 또한, 연마 외부 표면(238)은 연마 외부 표면(208)보다 큰 연마 그레인 크기를 제공할 수 있다. 이러한 방식으로, 공구(200)가 구멍을 통해 완전하게 밀어넣어질 때, 제1 에지가 외부 표면(206)에 의해, 이어서 외부 표면(236)에 의해 연마되는 반면에, 공구(200)가 구멍으로부터 끌어당겨질 때, 반대편 에지가 우선 외부 표면(238)에 의해, 이어서 외부 표면(208)에 의해 연마된다.

[0085] 공구(200)를 사용한 피가공물의 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(200)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(200)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 커버그라스(150)와 같은 피가공물의 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.

[0086] 도 6은 회전 연마 공구(300)를 예시한다. 회전 연마 공구(300)는 회전 연마 공구(300)가 가요성 플랩(104)을 포함하지 않는 것을 제외하고는, 회전 연마 공구(100)와 실질적으로 유사하다.

[0087] 회전 연마 공구(300)는 공구(300)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(302)를 포함한다. 공구 생크(302)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척 내에 장착되도록 구성될 수 있다. 회전 연마 공구(300)는 또한, 공구 생크(302)와 동축 정렬되고 공구 생크에 부착되는 원통형 섹션(314)을 포함한다. 원통형 섹션(314)은 공구(300)의 회전축에 수직인 원형 단면을 가진 연마 외부 표면(316)을 형성한다. 일부 예에서, 2개 이상의 연마 그레인 크기가 연마 외부 표면(316)의 상이한 부분 내에 포함될 수 있다. 연마 외부 표면(316)은 본 명세서에 전술된 바와 같은 연마 코팅을 포함할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 연마 외부 표면(316)은 역시 본 명세서에 전술된 바와 같은 연마 필름을 포함할 수 있다.

[0088] 공구(300)를 사용한 피가공물의 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(300)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(300)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.

[0089] 도 7은 회전 연마 공구(400)를 예시한다. 회전 연마 공구(400)는 커버그라스(150)와 같은 피가공물의 베벨형 에지를 연마하기 위한 연마 외부 표면(440)을 포함하는 경사형 표면이 추가된 상태로, 회전 연마 공구(300)와 실질적으로 유사하다.

[0090] 회전 연마 공구(400)는 공구(400)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(402)를 포함한다. 공구 생크(402)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척 내에 장착되도록 구성될 수 있다. 회전 연마 공구(400)는 또한, 공구 생크(402)와 동축 정렬되고 공구 생크에 부착되는 원통형 섹션(414)을 포함한다. 원통형 섹션(414)은 공구(400)의 회전축에 수직인 원형 단면을 가진 연마 외부 표면(416)을 형성한다. 일부 예에서, 2개 이상의 연마 그레인 크기가 연마 외부 표면(416)의 상이한 부분 내에 포함될 수 있다.

[0091] 회전 연마 공구(400)는 또한 연마 공구(400)에 대한 회전축에 대해 경사형 표면을 형성하는 제2 연마 외부 표면(440)을 포함한다. 연마 외부 표면(440)은 피가공물(150)과 같은 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 할 수 있다. 따라서, 연마 외부 표면(440)의 형상은 피가공물의 에지의 원하는 마무리된 형상에 대응한다. 다른 예에서, 회전 공구는 피가공물의 에지의 원하는 마무리된 형상에 대응하도록 상이한 기하학적 형상을 포함할 수 있다.

[0092] 연마 외부 표면(416, 440)은 이전에 논의된 바와 같이 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)을 포함하거나 그것으로 형성될 수 있다.

[0093] 공구(400)를 사용한 피가공물의 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(400)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(400)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.

다.

- [0094] 도 8은 회전 연마 공구(500)를 예시한다. 회전 연마 공구(500)는 커버그라스(150)와 같은 피가공물의 베벨형 에지를 연마하기 위한 연마 외부 표면(542, 544)을 포함하는 경사형 표면이 추가된 상태로, 회전 연마 공구(300)와 실질적으로 유사하다.
- [0095] 회전 연마 공구(500)는 공구(500)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(502)를 포함한다. 공구 생크(502)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척 내에 장착되도록 구성될 수 있다. 회전 연마 공구(500)는 또한, 공구 생크(502)와 동축 정렬되고 공구 생크에 부착되는 원통형 섹션(514)을 포함한다. 원통형 섹션(514)은 공구(500)의 회전축에 수직한 원형 단면을 가진 연마 외부 표면(516)을 형성한다. 일부 예에서, 2개 이상의 연마 그레인 크기가 연마 외부 표면(516)의 상이한 부분 내에 포함될 수 있다.
- [0096] 회전 연마 공구(500)는 또한 원통형 섹션(514)의 양 측부 상에 연마 외부 표면(542, 544)을 포함한다. 연마 외부 표면(542, 544)은 연마 공구(500)에 대한 회전축에 대해 경사형 표면을 형성한다. 연마 외부 표면(542)은 핀, 스크류, 리벳 또는 다른 고정 메커니즘에 해당할 수 있는 선택적인 고정 메커니즘(205)으로 공구 생크(202)에 고정될 수 있다. 연마 외부 표면(542, 544)은 피가공물(150)과 같은 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 외부 표면(542)은 피가공물의 제1 면 상의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있는 반면에, 외부 표면(542)은 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면 상의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하도록 구성될 수 있다. 따라서, 연마 외부 표면(542, 544)의 형상은 피가공물의 원하는 마무리된 형상에 대응한다. 다른 예에서, 회전 공구는 피가공물의 에지의 원하는 마무리된 형상에 대응하도록 상이한 기하학적 형상을 포함할 수 있다.
- [0097] 연마 외부 표면(516, 542, 544)은 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 용품(29) 및/또는 작업 표면(45)을 포함하거나 그것으로 형성될 수 있다.
- [0098] 공구(500)를 사용한 피가공물의 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(500)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(500)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.
- [0099] 도 9는 회전 공구에 대한 회전축과 수직한 평면형 표면을 형성하는 연마 외부 표면을 포함하는 예시적인 회전 연마 공구를 예시한다.
- [0100] 도 6은 회전 연마 공구(600)를 예시한다. 회전 연마 공구(600)는 공구(600)에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크(602)를 포함한다. 공구 생크(602)는 드릴 또는 CNC 기계와 같은 회전 기계의 척 내에 장착되도록 구성될 수 있다. 평면형 공구 코어(606)가 공구 생크(602)에 장착되고, 공구(600)에 대한 회전축에 수직하다. 일부 예에서, 평면형 공구 코어(606) 및 공구 생크(602)는 단일형 구성요소에 해당할 수 있다.
- [0101] 회전 연마 공구(600)는 공구(600)에 대한 회전축에 수직한 평면형 연마 외부 표면(650)을 포함한다. 릴리프 노치(relief notch)(552)가 공구(600)에 의한 연삭 작업 중에 잔해 제거를 용이하게 하기 위해 평면형 연마 외부 표면(650)의 표면 내에 위치된다. 회전 연마 공구(600)는 또한 커버그라스(150)와 같은 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하는 경사형 연마 표면(654)을 포함한다. 평면형 연마 외부 표면(650) 및 연마 표면(654)은 공구(600)의 회전축에 수직한 원형 단면을 제공한다.
- [0102] 연마 외부 표면(650, 654)은 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 코팅을 포함할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 연마 외부 표면(650, 654)은 역시 본 명세서에 기술된 바와 같은 연마 필름을 포함할 수 있다.
- [0103] 공구(600)를 사용한 피가공물의 표면의 연마 후에, 이들 표면은 표면 마무리를 추가로 개선하기 위해 CeO 슬러리와 같은 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱될 수 있다. 연마 슬러리가 사용되는 동일한 또는 상이한 예에서, 공구(600)는 상이한 연마 수준을 제공하는 일 세트의 2개 이상의 공구(600)의 일부일 수 있다. 예를 들어, 공구는 표면 마무리를 개선하기 위해 보다 거친 연마 수준으로부터 보다 낮은 연마 수준까지 연속하여 사용될 수 있다.
- [0104] 도 10은 에폭시 연마 시트를 가진 회전 공구를 제조하기 위한 예시적인 기술을 예시한 순서도이다. 우선, 부분-경화된 에폭시를 포함하는 연마 시트가 회전 공구의 연마 표면에 맞도록 절단된다(702). 이어서, 절단된 시트

가 회전 공구의 코어에 감싸지고(wrapped) 접착된다(704). 일단 연마재가 회전 공구의 코어 상의 제위치에 있으면, 연마 재료의 에폭시가 추가로 경화되어 연마 재료의 경도 및 내구성을 증가시킨다(706).

[0105] 일부 특정 예에서, 연마 재료는 전술된 바와 같이 에폭시 수지 내에 분산된 복수의 세라믹 연마 응집체를 포함할 수 있다. 동일한 또는 상이한 예에서, 연마 재료의 시트는 중합체 필름 상에 침착된 연마 재료를 포함할 수 있으며, 이때 프라이머 층이 연마 복합체 층과 중합체 필름 사이에 있다. 중합체 필름 자체는 발포체와 같은 유연성 층 위에 위치될 수 있으며, 이때 접착제가 중합체 필름을 유연성 층에 고정시킨다. 조합된 연마 재료 코팅, 중합체 재료 및 유연성 재료는 이어서 회전 공구의 코어에 적용되어 도 10의 기술에 따라 회전 공구 상의 연마 표면의 형상을 형성할 수 있다.

[0106] 실시예의 목록

[0107] 1. 연마 회전 공구로서,

[0108] 회전 공구에 대한 회전축을 한정하는 공구 생크; 및

[0109] 공구 생크에 결합되는 연마 외부 작업 표면을 포함하고,

[0110] 연마 외부 작업 표면은,

[0111] 수지; 및

[0112] 수지 내에 분산된 복수의 다공성 세라믹 연마 복합체를 포함하고,

[0113] 다공성 세라믹 연마 복합체는 다공성 세라믹 매트릭스 재료 내에 분산된 개별 연마 입자를 포함하고, 다공성 세라믹 매트릭스의 적어도 일부분이 유리질 세라믹을 포함하고, 평균 다공성 세라믹 연마 복합체 크기 대 평균 개별 연마 입자 크기의 비가 15 대 1 이하인, 연마 회전 공구.

[0114] 2. 실시예 1에 있어서, 수지는 에폭시 수지를 포함하는, 연마 회전 공구.

[0115] 3. 실시예 1에 있어서, 수지는,

[0116] 폴리에스테르 수지;

[0117] 폴리비닐 부티랄(PVB) 수지;

[0118] 아크릴 수지;

[0119] 열가소성 수지;

[0120] 열경화성 수지;

[0121] 자외선 광 경화성 수지; 및 전자기 방사선 경화성 수지로 이루어진 군 중 하나 이상을 포함하는, 연마 회전 공구.

[0122] 4. 실시예 1에 있어서, 에폭시 수지는 수지 및 다공성 세라믹 연마 복합체의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 약 20 중량 퍼센트 내지 약 35 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.

[0123] 5. 실시예 3 또는 실시예 4에 있어서, 수지는 폴리에스테르 수지를 포함하고, 폴리에스테르 수지는 수지 및 다공성 세라믹 연마 복합체의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 1 중량 퍼센트 내지 10 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.

[0124] 6. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 개별 연마 입자는 다이아몬드를 포함하는, 연마 회전 공구.

[0125] 7. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 개별 연마 입자는,

[0126] 입방정계 질화붕소; 용융 산화알루미늄; 세라믹 산화알루미늄;

[0127] 열처리 산화알루미늄; 탄화규소; 탄화붕소; 알루미늄 나이트라이드; 산화철; 세리아; 및 가넷으로 이루어진 군으로부터의 하나 이상을 포함하는, 연마 회전 공구.

[0128] 8. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 연마 복합체는 65 마이크로미터 미만의 평균 입자 크기 및 500 마이크로미터 미만의 최대 입자 크기를 갖는, 연마 회전 공구.

- [0129] 9. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 연마 복합재의 평균 크기는 연마 입자의 평균 크기의 약 5배 이상인, 연마 회전 공구.
- [0130] 10. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 수지 및 다공성 세라믹 연마 복합재의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 35 중량 퍼센트 내지 65 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.
- [0131] 11. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 연마 복합재 대 수지의 체적비가 3 대 2 초과인, 연마 회전 공구.
- [0132] 12. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 연마 복합재는 4 퍼센트 내지 70 퍼센트 범위의 기공 체적을 갖는, 연마 회전 공구.
- [0133] 13. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 매트릭스는 산화알루미늄; 산화붕소; 산화규소; 산화마그네슘; 산화나트륨; 산화망간; 및 산화아연으로 이루어진 군으로부터의 하나 이상을 포함하는 유리를 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0134] 14. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 매트릭스는 매트릭스의 총 중량을 기준으로, 30 중량 퍼센트 이상의 유리질 세라믹 재료를 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0135] 15. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 다공성 세라믹 매트릭스는 유리질 세라믹 재료로 본질적으로 구성되는, 연마 회전 공구.
- [0136] 16. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 수지 내에 분산된 금속 입자를 추가로 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0137] 17. 실시예 16에 있어서, 금속 입자는 구리 입자; 주석 입자; 황동 입자; 알루미늄 입자; 스테인리스 강 입자; 금속 합금; 및 하나 초과인 금속 입자 조성물의 블렌드로 이루어진 군으로부터의 하나 이상을 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0138] 18. 실시예 16 또는 실시예 17에 있어서, 금속 입자는 연마 외부 작업 표면의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 5 중량 퍼센트 내지 20 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.
- [0139] 19. 실시예 16 내지 실시예 18 중 어느 한 실시예에 있어서, 금속 입자는 10 마이크로미터 내지 250 마이크로미터의 평균 입자 크기를 갖는, 연마 회전 공구.
- [0140] 20. 실시예 16 내지 실시예 19 중 어느 한 실시예에 있어서, 금속 입자는 44 마이크로미터 내지 149 마이크로미터의 평균 입자 크기를 갖는, 연마 회전 공구.
- [0141] 21. 실시예 16 내지 실시예 20 중 어느 한 실시예에 있어서, 금속 입자는 약 100 마이크로미터의 평균 입자 크기를 갖는, 연마 회전 공구.
- [0142] 22. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 폴리메틸 메타크릴레이트 비드를 추가로 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0143] 23. 실시예 22에 있어서, 폴리메틸 메타크릴레이트 비드는 연마 외부 작업 표면의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 1 중량 퍼센트 내지 10 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.
- [0144] 24. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 충전제 재료를 추가로 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0145] 25. 실시예 24에 있어서, 충전제 재료는 산화알루미늄 부직포 섬유; 탄화규소; 및 세리아 입자로 이루어진 군 중 하나 이상을 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0146] 26. 실시예 24 또는 실시예 25에 있어서, 충전제 재료는 연마 외부 작업 표면의 총 중량을 기준으로, 작업 표면의 5 중량 퍼센트 내지 50 중량 퍼센트에 해당하는, 연마 회전 공구.
- [0147] 27. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 성형된 표면인, 연마 회전 공구.
- [0148] 28. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 정밀하게 형상화된 연마 응집체의 배열을 형성하고, 각각의 정밀하게 형상화된 연마 응집체는 연마 응집체의 말단부를 향해 감소하는 폭을

갖고서 테이퍼 형성되는, 연마 회전 공구.

- [0149] 29. 실시예 1 내지 실시예 26 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 기재 상에 배치되는 코팅인, 연마 회전 공구.
- [0150] 30. 실시예 29에 있어서, 기재는 평평한 기재인, 연마 회전 공구.
- [0151] 31. 실시예 29에 있어서, 기재는 만곡된 기재인, 연마 회전 공구.
- [0152] 32. 실시예 29 내지 실시예 31 중 어느 한 실시예에 있어서, 기재는,
 [0153] 중합체 필름;
 [0154] 부직포 기재;
 [0155] 직포 기재; 고무 기재; 탄성체 기재; 발포체 기재;
 [0156] 순응성 재료;
 [0157] 압출된 필름;
 [0158] 프라이밍된 기재; 및 비프라이밍된 기재로 이루어진 군 중 하나 이상을 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0159] 33. 실시예 29 내지 실시예 32 중 어느 한 실시예에 있어서, 기재는 시트 재료인, 연마 회전 공구.
- [0160] 34. 실시예 29 내지 실시예 32 중 어느 한 실시예에 있어서, 기재는 회전 연마 공구의 코어이고, 작업 표면은 회전 연마 공구의 코어에 직접 적용되는, 연마 회전 공구.
- [0161] 35. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 평균 다공성 세라믹 연마 복합재 크기 대 평균 개별 연마 입자 크기의 비가 10 대 1 이하인, 연마 회전 공구.
- [0162] 36. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 원통형 섹션에 대해 공구 생크 반대편에 위치되는 가요성 평면형 섹션을 추가로 포함하고,
 [0163] 가요성 평면형 섹션은 대체로 공구 생크로부터 멀어지는 쪽으로 향하는 가요성 평면형 섹션의 제1 면 상에 연마 외부 작업 표면을 형성하고,
 [0164] 가요성 평면형 섹션은 연마 외부 작업 표면이 피가공물의 모서리에 적용될 때, 연마 외부 작업 표면으로, 가요성 평면형 섹션의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐 피가공물의 모서리를 연마하는 것을 용이하게 하는, 연마 회전 공구.
- [0165] 37. 실시예 36에 있어서,
 [0166] 연마 외부 작업 표면은 제1 연마 외부 작업 표면이고, 연마 회전 공구는 가요성 평면형 섹션의 제2 면 상에 제2 연마 외부 작업 표면을 추가로 포함하고, 가요성 평면형 섹션의 제2 면은 대체적인 공구 생크의 방향으로 향하고,
 [0167] 모서리는 피가공물의 제1 면에 인접한 피가공물의 제1 모서리이고, 가요성 평면형 섹션은 제2 연마 작업 외부 표면이 피가공물의 제2 모서리에 적용될 때, 제2 연마 외부 작업 표면으로, 가요성 평면형 섹션의 굽힘을 통해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 다수의 각도에 걸쳐, 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면에 인접한 제2 모서리를 연마하는 것을 용이하게 하는, 연마 회전 공구.
- [0168] 38. 실시예 37에 있어서, 피가공물의 제1 모서리 및 피가공물의 제2 모서리는 제1 면으로부터 제2 면까지 연장되는 피가공물 내의 구멍에 의해 형성되는, 연마 회전 공구.
- [0169] 39. 실시예 1 내지 실시예 35 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 연마 원통형 표면을 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0170] 40. 실시예 1 내지 실시예 35 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 회전 공구에 대한 회전축을 둘러싸고, 연마 외부 작업 표면은 공구 형상이 피가공물의 에지의 원하는 마무리된 형상에 대응하도록 회전축에 수직한 하나 이상의 원형 단면을 제공하는, 연마 회전 공구.
- [0171] 41. 실시예 1 내지 실시예 35 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 회전 공구에 대한 회전축과 동축 정렬되는 원통형 형상을 형성하는, 연마 회전 공구.

- [0172] 42. 실시예 41에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 제1 연마 외부 작업 표면이고, 연마 회전 공구는 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하기 위해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 경사형 표면을 형성하는 제2 연마 외부 작업 표면을 추가로 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0173] 43. 실시예 42에 있어서, 경사형 표면은 제1 경사형 표면이고, 연마 회전 공구는 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하기 위해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 제2 경사형 표면을 형성하는 제3 연마 외부 작업 표면을 추가로 포함하고,
- [0174] 제1 경사형 표면은 피가공물의 제1 면 상의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하도록 구성되고, 제2 경사형 표면은 피가공물의 제1 면 반대편인 피가공물의 제2 면 상의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하도록 구성되는, 연마 회전 공구.
- [0175] 44. 실시예 43에 있어서, 원통형 형상은 회전 공구에 대한 회전축을 따라 제1 경사형 표면과 제2 경사형 표면 사이에 있는, 연마 회전 공구.
- [0176] 45. 실시예 1 내지 실시예 35 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 표면은 회전 공구에 대한 회전축과 수직인 평면형 표면을 형성하는, 연마 회전 공구.
- [0177] 46. 실시예 1 내지 실시예 35 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면은 피가공물의 내부 또는 외부 베벨형 에지를 연마하는 것을 용이하게 하기 위해 회전 공구에 대한 회전축에 대해 경사형 표면을 형성하는, 연마 회전 공구.
- [0178] 47. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 외부 작업 표면을 지지하는 탄성적으로 압축가능한 층을 추가로 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0179] 48. 전자 장치를 위한 부분-마무리된 커버 글라스의 에지를 마무리하는 방법으로서,
- [0180] 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예의 연마 회전 공구를 연속적으로 회전시키는 단계;
- [0181] 에지를 연마하기 위해 에지를 연속적으로 회전하는 연마 회전 공구의 연마 외부 표면과 접촉시키는 단계를 포함하는, 방법.
- [0182] 49. 실시예 48에 있어서, 에지를 연마 회전 공구로 연마한 후에, 에지를 연마 슬러리를 사용하여 폴리싱하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.
- [0183] 50. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 용품을 추가로 포함하고, 연마 용품은 연마 외부 작업 표면 및 연마 외부 작업 표면에 결합되는 기부 층을 포함하고, 기부 층은 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리부타디엔, 또는 스티렌 및 부타디엔 블록 공중합체를 포함하는, 연마 회전 공구.
- [0184] 51. 선행하는 실시예들 중 어느 한 실시예에 있어서, 연마 용품을 추가로 포함하고, 연마 용품은 연마 외부 작업 표면 및 연마 외부 작업 표면에 결합되는 기부 층을 포함하고, 기부 층은 1 내지 10 밀의 평균 두께를 갖는, 연마 회전 공구.
- [0185] 하기의 상세한 예와 관련하여 작동이 추가로 기술될 것이다. 이들 예는 다양한 특정한 그리고 바람직한 예 및 기술을 추가로 예시하기 위해 제공된다. 그러나, 범주 내에 있으면서 많은 변형 및 변경이 이루어질 수 있는 것이 이해되어야 한다.

[0186] 예

[0187] 재료

재료	
약어 또는 상표명	설명
MCD1.5	미국 오하이오주 워딩턴 소재의 다이아몬드 이노베이션스로부터 입수가 가능한 1.5 마이크로미터 단결정질 다이아몬드
MCD2	미국 오하이오주 워딩턴 소재의 다이아몬드 이노베이션스로부터 입수가 가능한 2 마이크로미터 단결정질 다이아몬드

[0188] * 입자 크기는 통상적인 레이저 광 산란에 의해 측정된 평균값이다.

[0189] 시험 방법 및 제조 절차

[0190] 커버글라스 제조 시험-1

[0191] 구멍을 포함하는 주연부 에지 내부 특징부 에지를 형성하기 위한 스크라이빙(scribing) 작업 후의 부분-마무리된 커버글라스를 제공하였다. 부분-마무리된 커버글라스를 CNC 기계를 사용하여 에지 연삭하여 원하는 크기 및 형상을 형성하였다. 연삭 단계 후에, 에지를 폴리싱하여 적합한 표면 마무리를 제공하였다.

[0192] 커버글라스 제조 시험-2

[0193] 구멍을 포함하는 주연부 에지 내부 특징부 에지를 형성하기 위한 스크라이빙 작업 후의 부분-마무리된 커버글라스를 제공하였다. 부분-마무리된 커버글라스를 CNC 기계를 사용하여 에지 연삭하여 원하는 크기 및 형상을 형성하였다. 이어서, 에지 연삭된 커버글라스를 CNC 기계를 사용하여 연마하여 연삭된 에지의 표면 마무리를 개선하였다. 연마 단계 후에, 에지를 폴리싱하여 적합한 표면 마무리를 제공하였다.

[0194] 표 1은 커버글라스 제조 시험-1과 커버글라스의 비교를 제공한다.

공정 단계	시험-1 사이클 시간 (초)	시험-2 사이클 시간 (초)	Ra (nm)	Rz (nm)
유리를 스크라이빙하고 파단시킴			--	--
유리를 크기 및 형상으로 에지 연삭함	NA	NA	551	6581
에지를 연마 없이 폴리싱함	240	--	22	2286
연삭된 에지를 연마함	--	25	99	1390
연마 후에 에지를 폴리싱함	--	60	19	103
총 시간	240 초	85 초	--	--

[0195]

[0196] 연마재 유효성 시험

[0197] 스크라이빙 및 거친 연삭(rough grinding) 작업 후의 부분-마무리된 커버글라스를 제공하였다. 커버 글라스 재료는 코닝(Corning)TM으로부터의 고릴라(Gorilla)TM 유리 3이다. 부분-마무리된 커버글라스를 CNC 기계를 사용하여 에지 연삭하여 원하는 크기 및 형상을 형성하였다. 이어서, 에지 연삭된 커버글라스를 CNC 기계 및 원통형 연마 공구를 사용하여 연마하여 연삭된 에지의 표면 마무리를 개선하였다. 상이한 다이아몬드 연마 조성물의 표면 마무리를 비교하여 상이한 연마 조성물의 유효성을 평가하였다.

[0198] 표 2는 연마재 유효성 시험을 사용하여 평가된 상이한 연마 조성물의 비교를 제공한다.

샘플	연마 다이아몬드 크기	응집체 입자 크기	Ra (nm)	제거된 재료 (10 분 내)
A	MCD1.5	30 μ m	100	5 mg
B	MCD2	30 μ m	175	16 mg
C	MCD2	20 μ m	95	15 mg

[0199]

[0200] 표 2에 나타난 바와 같이, 샘플 C는 보다 작은 연마재 크기를 갖는 샘플 A보다 훨씬 더 높은 재료 제거 수준, 및 샘플 B와 대략 동일한 재료 제거 수준을 제공하였다. 그러나, 샘플 B는 샘플 A 및 샘플 C에 비해 높은 표면 마무리 조도를 가졌다. 이들 결과에 따르면, 샘플 C가 거의 샘플 B의 재료 제거 속도를 유지시키면서 거의 샘플 A의 표면 마무리 품질을 제공한다.

[0201] 샘플 C는 응집체 크기에 대한 비교적 높은 연마재 크기를 갖는다. 특히, 샘플 C에 대한 연마재 크기 대 응집체 크기의 비는 10 대 1이다. 다른 예에서, 15 대 1 이하, 12.5 대 1 이하, 10 대 1 이하, 하지만 약 3 대 1 이상의 연마재 크기 대 응집체 크기의 비가 마찬가지로 커버글라스의 에지 연삭에 특히 유용할 수 있다.

[0202] 본 개시 내용의 다양한 예가 기술되었다. 이들 및 다른 예는 하기의 청구범위의 범주 내에 속한다.

[0203] 에지 형상 순응성 시험

[0204] 이러한 시험을 위해, 복잡한 스플라인 형상을 목표 형상으로서 사용하였고, 상이한 기부 층의 연마 용품을 사용하여 마무리된 부분과 원하는 스플라인 형상 사이의 편차를 측정하였다. 마무리된 커버글라스의 표면 조도(Ra [nm])를 각각의 샘플에 대해 브루커 간섭계(Bruker interferometer)로 스플라인 표면을 따라 4개의 등거리 지점에서 측정하였다. 이러한 시험을 위한 도입 커버글라스 피스를 500 내지 600 nm의 조도로 시작하였으며, 따라서 500 nm 미만의 조도의 측정된 값은 마무리 작업의 어느 정도의 효과를 나타내지만, 4개의 등거리 지점에 걸친 보다 낮은 그리고 더욱 일관된 값은 동일한 공정 조건에 대한 더욱 우수한 최종 결과를 나타낸다. 이러한 시험을 위해, 기부 층을 제외한 모든 것에 대한 조건을 4000 rpm, 500 um 압축 깊이 및 30 in/분 횡방향 속도로 유지시켰다. 각각의 경우에, 연마재 코팅된 기부 층을 발포체 하위 층에, 이어서 알루미늄 공구 코어에 라미네이팅하였다.

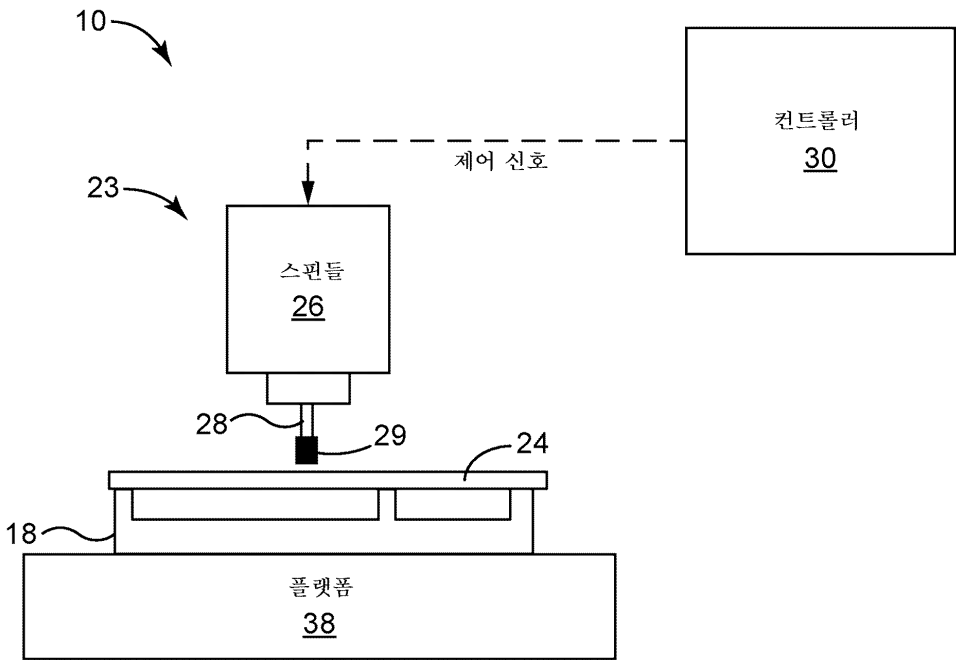
[0205] 표 3은 상이한 기부 층 재료에 대한 4개의 등거리 지점에 걸친 측정된 조도 균일성의 비교를 제공한다. 이들 경우 각각에 대해, 2 마이크로미터 다이아몬드를 등가의 연마 코팅에 사용하였다.

기부 층	지점 1 Ra [nm]	지점 2 Ra [nm]	지점 3 Ra [nm]	지점 4 Ra [nm]	조도 변화 (최대값 - 최소값)
PET	220 - 350	100-130	105-160	150-430	330 nm
폴리우레탄	140-240	150-170	140-155	90-210	120 nm

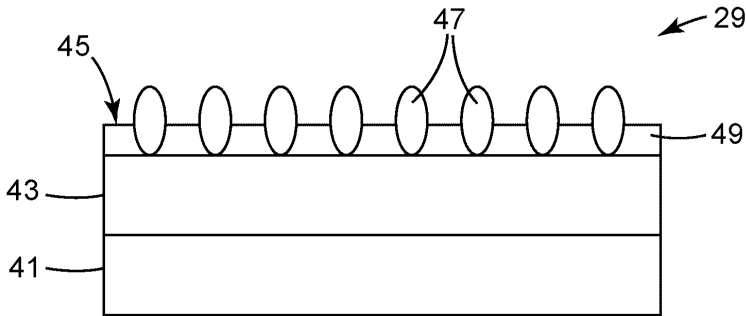
[0206]

도면

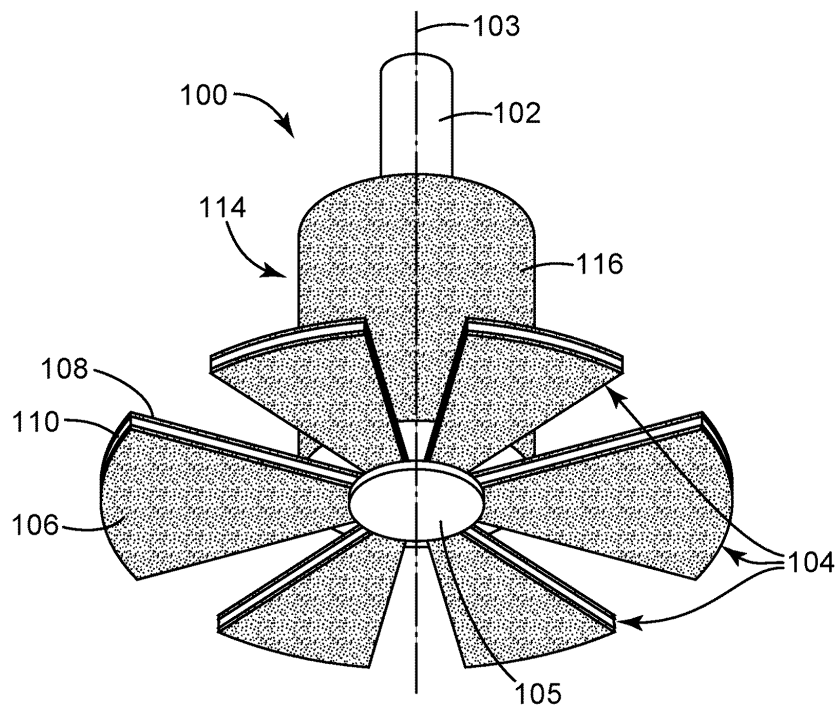
도면1



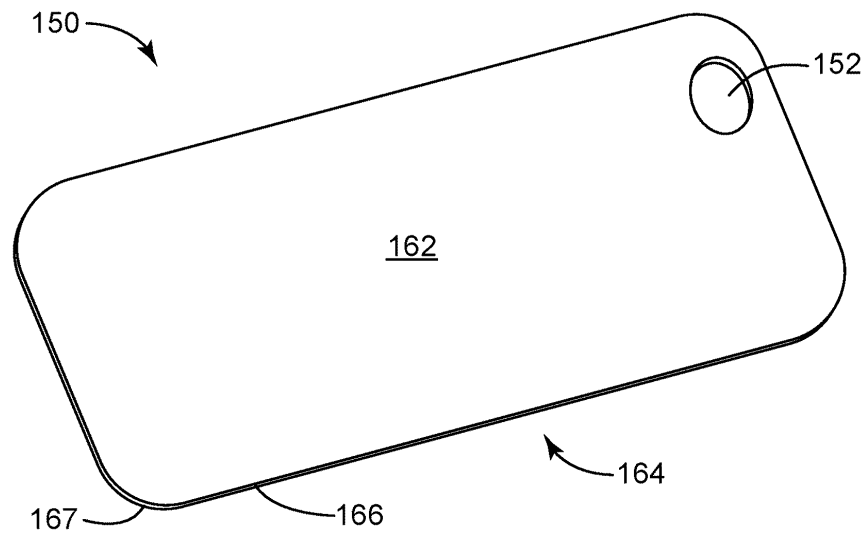
도면1a



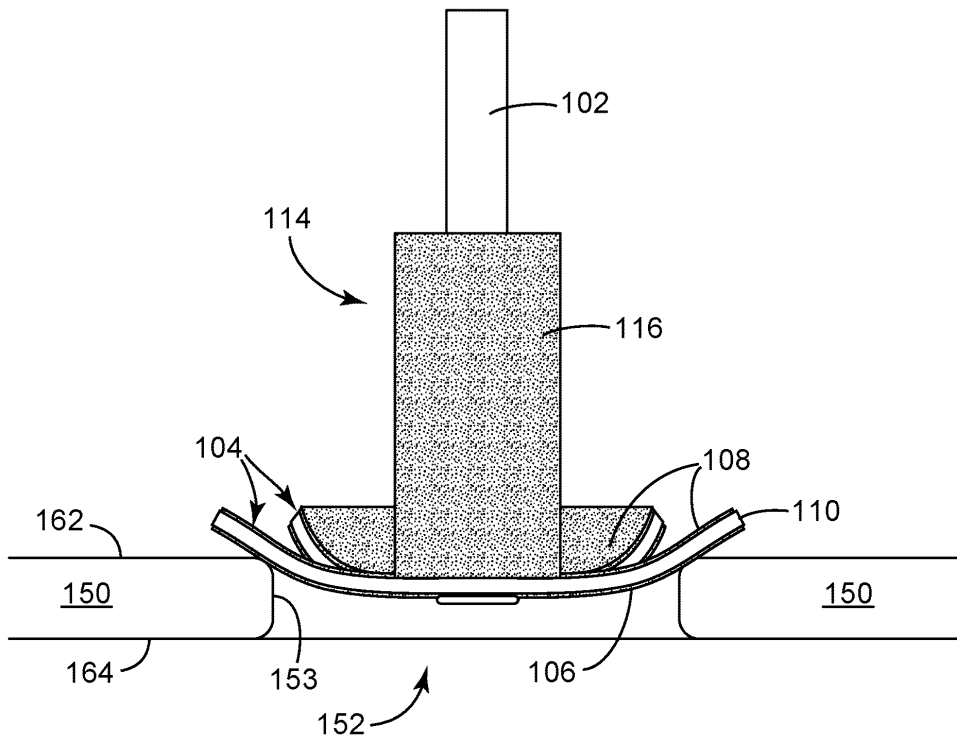
도면2



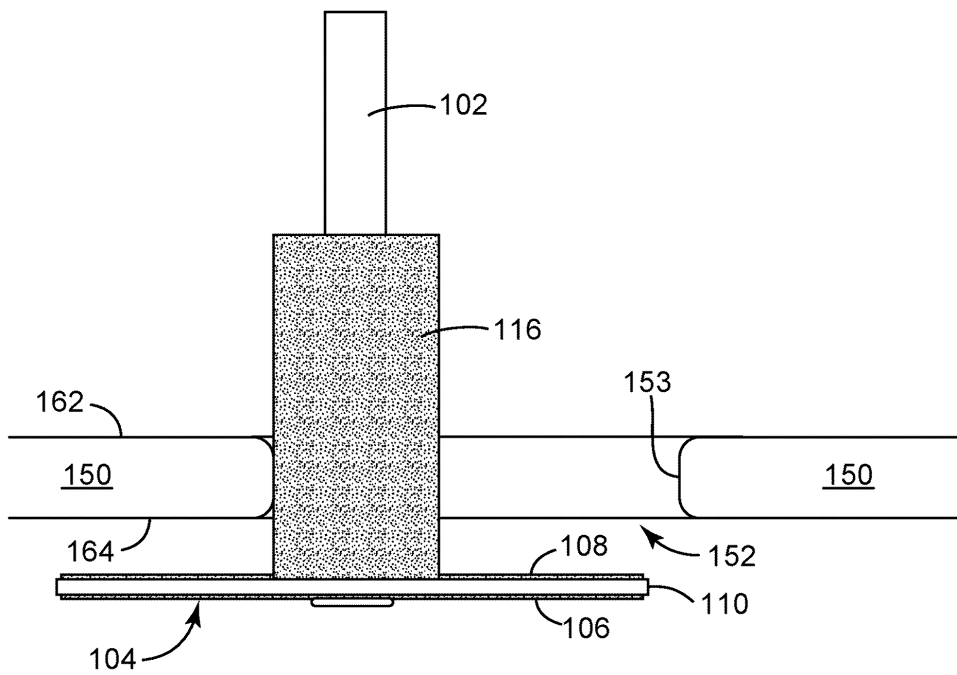
도면3



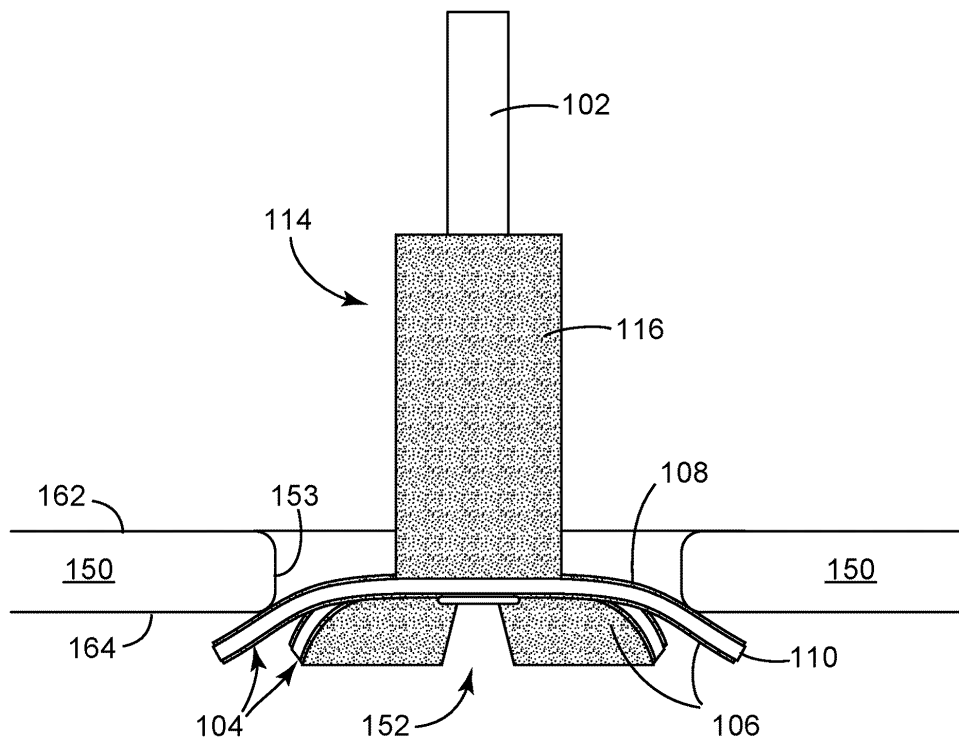
도면4a



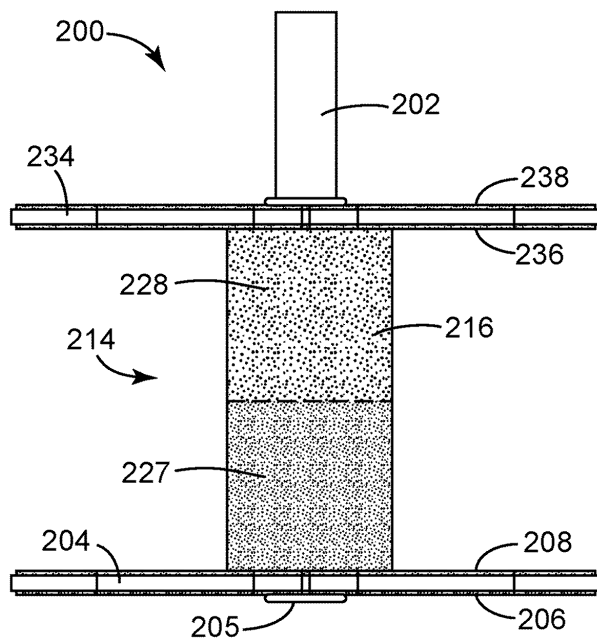
도면4b



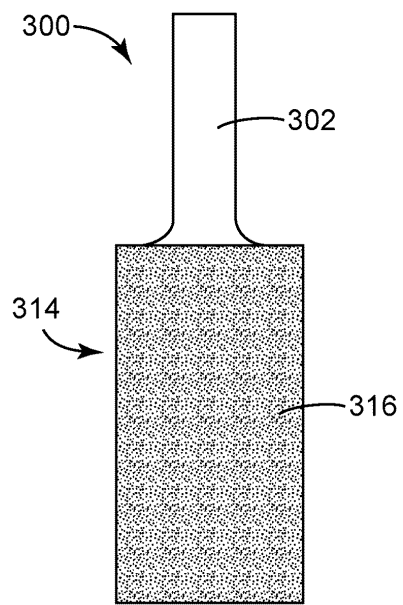
도면4c



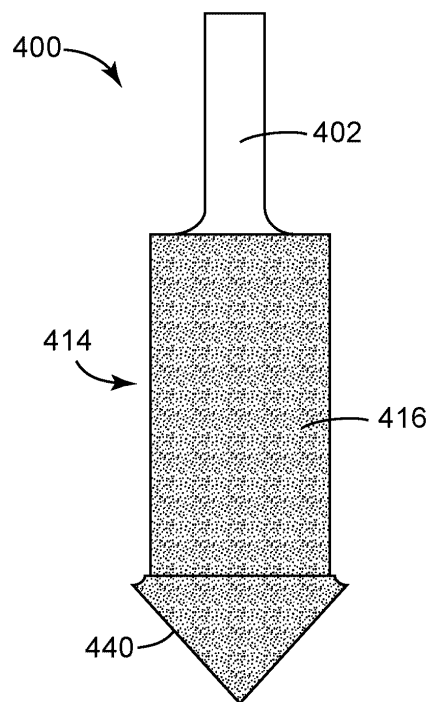
도면5



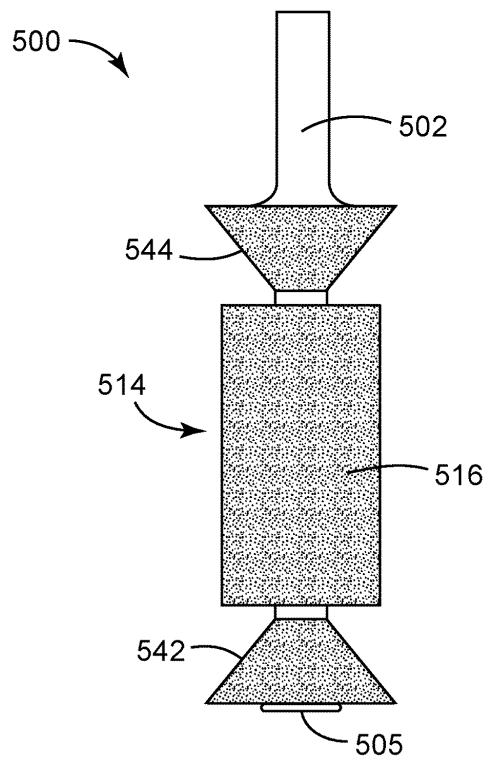
도면6



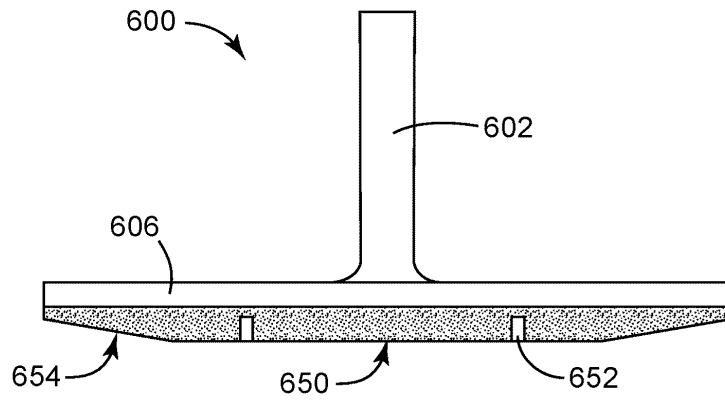
도면7



도면8



도면9



도면10

