



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0034932  
 (43) 공개일자 2017년03월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C04B 35/48 (2006.01) C04B 35/106 (2006.01)  
 C04B 35/626 (2006.01) C04B 35/64 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 C04B 35/481 (2013.01)  
 C04B 35/106 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7007559(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년02월18일  
 심사청구일자 2015년03월20일
- (62) 원출원 특허 10-2015-7025289  
 원출원일자(국제) 2014년02월18일  
 심사청구일자 2015년09월15일
- (85) 번역문제출일자 2017년03월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/016952
- (87) 국제공개번호 WO 2014/127369  
 국제공개일자 2014년08월21일
- (30) 우선권주장  
 61/766,090 2013년02월18일 미국(US)

- (71) 출원인  
 생-고뱅 세라믹스 앤드 플라스틱스, 인코포레이티드  
 미국 매사추세츠 01615-0138, 우스터 피.오.박스 15138 뉴 본드 스트리트 1
- (72) 발명자  
 시띠, 올리비에르  
 미국, 매사추세츠 02482, 웰슬리, 에이본 로드 1 포케이드, 줄리엔 피.  
 미국, 매사추세츠 01545, 슈루즈베리, 힐크레스트 애비뉴 24  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 장훈

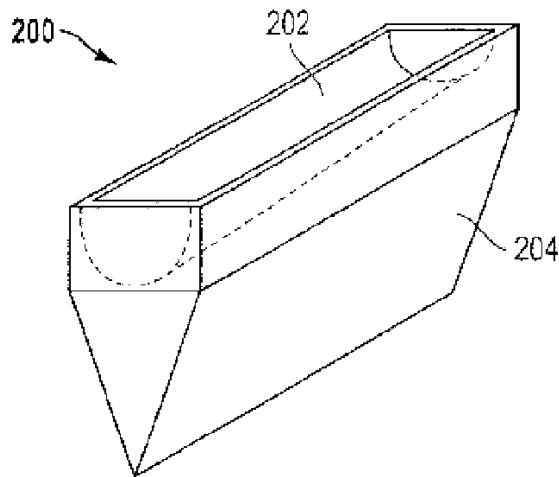
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **성형 블록용 소결 지르콘 재료**

**(57) 요약**

부품은 지르콘 (ZrSiO<sub>4</sub>) 그레인들을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 지르콘 그레인들 사이에 존재하고 실질적으로 몸체에 균일하게 분포되는 유리 실리카 입계상을 가진다. 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*C04B 35/6263* (2013.01)

*C04B 35/64* (2013.01)

*C04B 2235/3217* (2013.01)

*C04B 2235/3232* (2013.01)

*C04B 2235/3251* (2013.01)

*C04B 2235/3272* (2013.01)

*C04B 2235/5436* (2013.01)

*C04B 2235/6567* (2013.01)

*C04B 2235/72* (2013.01)

(72) 발명자

**카즈미에르자크, 안드레아 엘.**

미국, 매사추세츠 01752, 말버러, 도나휴 드라이브  
139

**르세발리에, 데이비드 제이.**

미국, 매사추세츠 02139, 캠브리지, 도지 스트리트  
#2 11

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

부품으로서,

지르콘 그레인들을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체;

상기 지르콘 그레인들 사이에 존재하고 상기 몸체에 실질적으로 균일하게 분포되는 유리(free) 실리카 입계상; 및

상기 몸체의 총 중량의 약 96 wt% 이상의 지르콘; 및

상기 몸체의 총 중량의 약 0.2 wt% 이상의  $TiO_2$ 를 포함하고,

상기 몸체는 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 2 wt% 이하의 유리 실리카를 포함하는, 부품.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 유리 실리카가 상기 몸체에 실질적으로 균일하게 분산되어 있는, 부품.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 상기 몸체의  $CB_{SA}/CB_{FS}$  비율이 약 15 이하이고, 상기  $CB_{SA}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의 소결제 함량을 나타내고, 상기  $CB_{FS}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의 유리 실리카 함량을 나타내는, 부품.

**청구항 4**

제2항에 있어서, 상기 소결제가  $Ta_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  및 이들의 조합물로 이루어진 군에서 선택되는, 부품.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 0.5 wt% 이하의  $Al_2O_3$ 를 포함하는, 부품.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 몸체의  $CB_{Al203}/CB_{FS}$  비율이 약 5 이하이고, 상기  $CB_{Al203}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의  $Al_2O_3$  함량을 나타내고, 상기  $CB_{FS}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의 유리 실리카 함량을 나타내는, 부품.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 몸체의  $CB_{Al203}/CB_{ZrSiO4}$  비율이 약 0.007 이하이고, 상기  $CB_{Al203}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의  $Al_2O_3$  함량을 나타내고, 상기  $CB_{ZrSiO4}$ 는 상기 몸체의 총 중량에 대한 wt% 단위의  $ZrSiO_4$  함량을 나타내는, 부품.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 몸체의 크리프 변형 속도가  $1300^\circ C$ 에서 측정될 때 약 50 ppm/h 이하인, 부품.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 1 wt% 이하의 희토류 산화물들을 포함하는, 부품.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 1 wt% 이하의 알칼리 산화물들을 포함하는, 부품.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 1 wt% 이하의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함하는, 부품.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 0.5 wt% 이하의 H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 및 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>로 이루어진 그룹으로부터 선택된 화합물을 포함하는, 부품.

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 98 wt% 이상의 지르콘을 포함하는, 부품.

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 몸체가 상기 몸체의 총 중량에 대하여 약 99.5 wt% 이하의 지르콘을 포함하는, 부품.

**청구항 15**

제1항에 있어서, 상기 몸체의 밀도가 약 4.1 g/cm<sup>3</sup> 이상인, 부품.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 포괄적으로 지르콘 부품 및 지르콘 부품 형성 및 이용 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 무 알칼리 알루미늄-실리케이트 유리, 예컨대, 비정질 실리콘 또는 산화물 박막 트랜지스터 (TFTs)를 이용하는 액정 디스플레이 (LCD) 기관용 유리, 또는 저온 폴리실리콘 (LTPS) TFT 증착을 이용하는 유기 발광 다이오드 (OLED) 기관용 유리는 고온 처리 (700 °C 한도)가 가능하고 변형이 없도록 설계되었다. 이러한 유리는 용융인 발공정으로 형성되며, 액체 유리는 지르콘 (ZrSiO<sub>4</sub>) 재료로 제작되는 유리 넘침 (overflow) 성형 블록 립을 넘쳐 흐르고 유리 넘침 성형 블록 바닥에서 융합되어 시트를 형성한다. 무 알칼리 알루미늄-boro-실리케이트 유리와 접촉하는 지르콘 성형 블록은 유리 성형 온도에서 양호한 침식 저항성 및 기계적 특성을 제공한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0003] 그러나, 지르콘 성형 블록을 이용하여 성형되는 유리에는 기포가 형성되는 것이 관찰되었다. 유리에 기포가 포획되면 TFT 기관에 적용될 수 없다.

**과제의 해결 수단**

[0004] 일 양태에 의하면, 부품은 지르콘 (ZrSiO<sub>4</sub>) 그레인 (grain)을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 (outer portion) 및 내측부 (interior portion)를 가진다. 몸체는 지르콘 그레인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상 (free silica intergranular phase)을 가진다. 유리 실리카 입계상은 실질적으로 몸체에 균일하게 분포된다. 유리 실리카는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함하고 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그레인들과 화학적으로 결합하지 않는다. 몸체는 유리 실리카를 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다.

[0005] 다른 양태에 의하면, 부품은 지르콘 그래인을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함하고 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그래인들과 화학적으로 결합하지 않는다. 몸체는 유리 실리카를 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다. 또한, 몸체 외측부는 부피%로 측정되는 겉보기 (P<sub>op</sub>)을 가지고 몸체 내측부는 부피%로 측정되는 겉보기 기공률 (P<sub>ip</sub>)을 가진다. 몸체의 겉보기 기공률 비율 P<sub>op</sub>/P<sub>ip</sub> 은 약 2.0 이하이다.

[0006] 또 다른 양태에 의하면, 부품은 지르콘 그래인을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함하고 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그래인들과 화학적으로 결합하지 않는다. 몸체는 유리 실리카를 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다. 또한, 몸체는 다음 군에서 선택되는 적어도 하나의 특성을 가진다: 1) 파괴인성 (K1c)는 약 1.55 MPa.m<sup>-0.5</sup> 이상, 2) 파단계수 (MoR)는 약 60 MPa 이상, 3) 밀도는 약 4.0 g/cm<sup>3</sup> 이상, 4) 탄성계수 (MoE)는 약 175 GPa 이상, 5) 비커스 경도는 약 6.0 GPa 이상, 및 6) 임의의 이들 조합.

[0007] 다른 양태에 의하면, 부품은 지르콘 그래인을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함하고 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그래인들과 화학적으로 결합하지 않는다. 몸체는 유리 실리카를 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다. 또한, 몸체 표면의 동적 침식률 (dynamic corrosion rate)은 약 100 μm/day 이하이다.

[0008] 또 다른 양태에 의하면, 부품은 지르콘 그래인을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함하고 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그래인들과 화학적으로 결합하지 않는다. 몸체는 유리 실리카를 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다. 또한, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도 (interconnectivity)는 약 10% 이상이다.

**발명의 효과**

[0009] 다른 양태에서, 부품 형성 방법은 중간 입자크기 (D50)가 약 1 μm 내지 약 20 μm인 지르콘 그래인들을 포함하는 원재료 분말 제공단계를 포함한다. 원재료 분말에서 유리 실리카는 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 2.0 wt.% 이하이다. 원재료 분말은 소결되어 몸체를 형성하고 몸체는 지르콘 그래인들 및 지르콘 그래인들 사이에 존재하고 실질적으로 몸체에 균일하게 분포되는 유리 실리카 입계상을 포함한다. 유리 실리카는 몸체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 그래인들과 화학적으로 결합하지 않는 임의의 이산화규소 (SiO<sub>2</sub>)를 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 첨부한 도면들을 참조함으로써, 본 개시 및 당업자에게 명백한 많은 그 특징들과 장점들이 보다 더 잘 이해될 수 있다. 구현예들은 예로써 설명되고 첨부한 도면들로 제한되지 않는다.

도 1은 유리 넘침 성형 블록의 특정 실시태양을 도시한 것이다.

도 2는 유리 넘침 성형 블록의 다양한 단면들을 도시한 것이다.

도 3은 실시태양들에 따라 성형된 부품 및 종래 공정들로 성형된 부품에 상응하는 데이터 점들을 비교하기 위한 개방 기공률 대 밀도 산점도를 도시한 것이다.

도 4는 실시태양에 따라 지르콘을 포함하는 부품의 미세조직 사진이다.

도 5는 플루오르화수소 (HF) 처리된 지르콘을 포함하는 종래 부품의 미세조직 사진이다.

도 6은 플루오르화수소 (HF)로 처리된 지르콘을 포함하는 종래 부품의 부분 사진이다.

도 7은 지르콘을 포함하는 종래 부품의 표면 사진이다.

도 8은 실시태양에 의한 지르콘을 포함하는 부품의 표면 사진이다.

도면에서 요소들은 간결성과 명확성을 위해 예시되는 것이며 일정한 비례로 그려질 필요는 없다는 것을 당업자는 이해해야 한다. 예를들면, 도면들에서 일부 요소들의 치수는 발명의 구현예들의 이해를 높이기 위해

다른 요소들에 비해 과장될 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 하기 설명은 포괄적으로 지르콘 재료를 포함하는 몸체를 가지는 부품 및 지르콘 재료를 포함하는 몸체를 가지는 부품 형성방법에 관한 것이고, 지르콘 재료는 몸체 총 중량에 대하여 유리 실리카를 약 2 wt.% 이하, 바람직하게는 약 1 wt.% 이하 및 가장 바람직하게는 약 0.5 wt.% 이하로 가진다. 특히, 본 설명에서 임의의 유리 실리카를 언급하는 것은 지르콘 재료에서 ZrO<sub>2</sub> 에 화학적으로 결합하지 않는 몸체의 모든 SiO<sub>2</sub> 상에 해당된다.
- [0012] 소정의 실시태양들에서, 몸체는 지르콘 재료의 지르콘 그레인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 포함한다. 유리 실리카 입계상은 몸체에 실질적으로 균일하게 분포된다. 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 유리 실리카 입계상은 실질적으로 유리 실리카로 이루어지고 지르콘 그레인들의 입계에 위치하는 실질적으로 모든 SiO<sub>2</sub> 는 유리 실리카로 간주된다.
- [0013] 몸체 형성에 사용되는 원재료 분말은 먼저 미처리 (unprocessed) 원재료, 예를들면, 미처리 지르콘 원재료를 포함한다. 먼저 미처리 원재료로부터 성분 (예를들면, 불순물)이 분리된다. 미처리 원재료는 선별 기술, 예를들면, 입도분리, 진동 또는 비중 테이블 분리, 정전분리, 전자기 분리 또는 임의의 이들 조합으로 처리된다. 입도분리는 크기에 따라 분말 내의 입자들을 분리하여, 불순물 함량을 줄인다. 진동 또는 비중 테이블 선별은 밀도에 따라 분말 내의 입자들을 분리하고, 원재료 분말에서 알루미늄 산화물 실리케이트 및 실리카 그레인들 함량이 감소한다. 정전분리는 전기 전도성에 따라 분말 내의 입자들을 분리하고, 합티탄 광물 입자들, 티탄철석 및 금홍석을 선별한다. 전자기 선별은 입자의 자기적 성질에 따라 분말 내의 입자들을 분리한다. 미처리 원재료 출발 공정은 임의의 상기 선별 방법들의 조합을 포함할 수 있고 임의의 상기 선별 방법들의 다중 적용을 포함할 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 미처리 원재료 출발 공정은 상기 선별 방법의 직렬 또는 병렬적 적용을 포함한다는 것을 이해하여야 한다.
- [0014] 실시태양에 의한 부품 형성이 용이하도록 미처리 원재료 및 임의의 추가 재료는 특정 입도 및 입자 분포를 가지는 원재료 분말을 형성하도록 분쇄된다. 원재료 분말을 형성하기 위한 미처리 원재료 분쇄는 상이한 분쇄 기술, 예를들면, 건식 볼 밀링, 습식 볼 밀링, 진동 볼 밀링, 어트리션 밀링 (교반 볼 밀링) 또는 제트 밀링으로 수행된다.
- [0015] 애벌 가공 및 분쇄 후, 미처리 원재료에서 형성되는 원재료 분말의 중간 (D50) 입도는 약 15 μm 이하, 예컨대, 약 14 μm 이하, 약 12 μm 이하, 약 10 μm 이하, 약 9 μm 이하, 약 8 μm 이하, 약 7 μm 이하, 약 6 μm 이하, 약 5 μm 이하, 약 4 μm 이하, 약 3 μm 이하 또는 약 2 μm 이하이다. 또한 원재료 분말의 중간 (D50) 입도는 약 1 μm 이상, 예컨대, 약 2 μm 이상, 약 3 μm 이상, 약 4 μm 이상, 약 5 μm 이상, 약 6 μm 이상, 약 7 μm 이상, 약 8 μm 이상, 약 9 μm 이상, 약 10 μm 이상, 약 12 μm 이상 또는 약 14 μm 이상이다. 원재료 분말의 중간 (D50) 입도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말의 중간 (D50) 입도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0016] 다른 실시태양들에서, 지르콘을 포함하는 원재료 분말의 입도 분포는 원재료 분말의 D90 입도가 약 40 μm 이하, 예컨대, 약 30 μm 이하, 약 20 μm 이하, 약 15 μm 이하 또는 약 10 μm 이하가 되도록 조절된다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말의 D90 입도는 약 5 μm 이상, 예컨대, 약 10 μm 이상, 약 15 μm 이상, 약 20 μm 이상 또는 약 30 μm 이상이다. 원재료 분말의 D90 입도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말의 D90 입도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0017] 다른 실시태양들에서, 지르콘을 포함하는 원재료 분말의 입도 분포는 원재료 분말의 D10 입도가 약 0.2 μm 이상, 예컨대, 약 0.5 μm 이상, 약 0.8 μm 이상 또는 약 1.0 μm 이상이 되도록 조절될 수 있다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말의 D10 입도는 약 1.1 μm 이하, 예컨대, 약 1.0 μm 이하, 약 0.8 μm 이하 또는 약 0.5 μm 이하이다. 원재료 분말의 D10 입도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말의 D10 입도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0018] 원재료 분말 및 임의의 추가 재료 (즉, 소결제 (sintering aid), 결합제, 기타 첨가제, 등)는 임의의 적합한 방법으로 조합 또는 혼합된다. 혼합 또는 회분 (batch) 제조 단계는 건식 또는 습식으로 진행될 수 있다. 혼합 단

계는 과립화 단계를 추가할 수 있다. 과립화 단계는 회분의 유동성 개선을 위하여 추가되고 따라서 미가공 (green) 몸체의 겉보기 밀도를 증가시킨다. 하나의 예시적 실시태양에서, 과립화는 분무 건조로 수행된다. 원재료 분말은 반죽 탱크에서 혼합된 후 분무 건조된다.

- [0019] 분무 건조된 분말 또는 회분은 등압압축성형으로 형상화되어 특정 형상을 가지는 미가공 몸체가 형성된다. 분무 건조된 분말은 고도의 유동 분말을 형성하고 이는 등압 성형 캔에 충전되어 충전결합, 예컨대, 압분체 밀도의 불-균일한 다짐, 공극 또는 균열을 최소화한다. 원재료 분말은 고체 금속 캔에 유지되는 고무 몰드에 채워진다. 이어 백을 밀봉하고 원재료 분말에 진공을 인가한다. 이어 캔을 유체가 담긴 가압 용기에 담지한 후 압축한다. 압축 후 가압용기에서 몰드를 꺼내고 미가공 몸체를 꺼낸다.
- [0020] 형상화는 특정 압력, 예를들면, 등압압축성형에 의해 약 50 MPa 이상, 예컨대, 약 60 MPa 이상, 약 70 MPa 이상, 약 80 MPa 이상, 약 90 MPa 이상, 약 100 MPa 이상, 약 110 MPa 이상, 약 120 MPa 이상, 약 130 MPa 이상, 약 140 MPa 이상 또는 약 150 MPa 이상에서 수행된다. 압력은 약 10 분 내지 약 120 분 동안 지속되는 등압 압축성형 주기로 단계별로 미가공 몸체에 인가된다. 이들 압축 주기는 압축 단계에서의 결합 형성을 제한할 수 있다. 형상화는 또한 대안 기술 예컨대 슬립주입 또는 단방향 압축으로 진행될 수 있다.
- [0021] 미가공 몸체 형상은 직선형, 원통형, 구형, 타원형 또는 거의 임의의 기타 형상일 수 있다. 특정 실시태양에서, 미가공 몸체는 블랭크라고 칭하는 직선형 블록 형상이고 이후 기계 가공되어 유리 넘침통, 스파우트 립 또는 부싱 블록을 형성한다. 또 다른 특정 실시태양에서, 미가공 몸체의 적어도 하나의 치수는 약 100 mm 이상, 예컨대, 약 200 mm 이상, 약 300 mm 이상, 약 400 mm 이상, 약 500 mm 이상, 약 600 mm 이상, 약 700 mm 이상 또는 약 800 mm 이상이다. 또 다른 실시태양에서, 미가공 몸체는 최종 부품에 더욱 일치되도록, 예를들면, 성형 블록으로 구조화되어 성형 후 공정들을 줄일 수 있다.
- [0022] 도 1은 성형 블록 (200)을 도시한다. 성형 블록 (200)은 넘침통 부분 (202) 및 경사 부분 (204)을 포함한다. 넘침통 부분 (202)은 성형 블록 (200) 길이를 따라 깊이가 감소되는 통을 포함한다. 도 2는 경사 부분 (204)의 예시적 형상 단면들을 포함한다. 더욱 상세하게는, 경사 부분은 췌기 형상 (2042), 오목 형상 (2044), 또는 블록 형상 (2046)을 포함한다. 특정 분야의 필요성 또는 소망에 따라 다른 형상들이 적용될 수 있다.
- [0023] 미가공 몸체 형성 후, 미가공 몸체는 오븐, 히터, 로, 또는 기타 등에서 가열되어 지르콘 재료를 포함하는 몸체를 형성한다. 가열 공정은 습기, 용매, 또는 기타 휘발성분이 증발되고, 유기 물질이 기화되거나, 또는 임의의 이들 조합이 진행되는 초기 가열을 포함한다. 초기 가열은 대략 100°C 내지 대략 300°C에서 대략 10 시간 내지 대략 200 시간 수행된다. 하나의 실시태양에서, 초기 가열 후, 미가공 몸체는 약 1400°C 이상, 예컨대, 약 1450°C 이상, 약 1500°C 이상, 약 1550°C 이상, 약 1600°C 이상 또는 약 1650°C 이상에서 소결된다. 또 다른 실시태양에서, 초기 가열에 이어, 미가공 몸체는 약 1700°C 이하, 예컨대, 약 1650°C 이하, 약 1600°C 이하, 약 1600°C 이하, 약 1550°C 이하, 약 1500°C 이하 또는 약 1450°C 이하에서 소결된다. 미가공 몸체는 대략 10 시간 내지 대략 100 시간 소결되어 몸체를 형성한다.
- [0024] 소결 단계는 설정 기간 동안 소결 주기에서 다중 시간 주기로 미가공 몸체를 가열하는 단계를 포함한다. 소결 주기 지속 시간은 약 30 일 이상, 예컨대, 약 35 일 이상, 약 40 일 이상, 약 45 일 이상, 약 50 일 이상, 약 55 일 이상, 약 60 일 이상, 약 65 일 이상, 약 70 일 이상, 약 75 일 이상, 약 80 일 이상 또는 약 85 일 이상이다. 또한, 소결 주기 지속 시간은 약 90 일 이하, 예컨대, 약 85 일 이하, 약 80 일 이하, 약 75 일 이하, 약 70 일 이하, 약 65 일 이하, 약 60 일 이하, 약 55 일 이하, 약 50 일 이하, 약 45 일 이하 또는 약 40 일 이하이다.
- [0025] 소결 후 몸체의 형상은 대체로 소결 전 미가공 몸체의 형상에 상응된다. 따라서, 몸체는 미가공 몸체에 대하여 전기된 임의의 형상들을 가질 수 있다. 소결 과정에서, 일부 수축이 발생되고, 몸체는 미가공 몸체보다 더 작아질 수 있다.
- [0026] 소결체, 예컨대 몸체는, 용융주조 (fuse-casting)에 의해 제조된 물체와는 구분된다. 상세하게는, 용융주조로 형성된 물체들은 때로 물체의 결정입자들 네트워크를 채우는 아주 많은 입계 유리상을 가진다. 이와는 달리, 소결체는 입자 경계들에 다른 상으로 형성되는 상들을 가진다. 미세조직들 차이로 인하여, 소결체 및 용융주조체 각각의 분야에서 직면되는 문제점들 및 이들을 해결하기 위한 기술적 방법들은 일반적으로 다르다. 또한, 소결에 따른 물체 제조방법 및 용융주조에 의한 물체 제조방법 간의 차이로 인하여, 용융주조 제품용 조성물은 선택적으로 소결 제품 제조에 사용되지 않는다.
- [0027] 지르콘 그래인들을 포함하는 원재료 제공 단계는 유리 실리카 함량이 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 2.0

wt.% 이하인 원재료 분말을 제공하는 단계를 포함한다. 실시태양의 다른 양태에서, 원재료 분말 중 유리 실리카 함량은, 예를들면, 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 1.9 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.8 wt.% 이하, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.6 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하이다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말 중 유리 실리카 함량은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상, 약 1.4 wt.% 이상, 약 1.5 wt.% 이상, 약 1.6 wt.% 이상, 약 1.7 wt.% 이상, 약 1.8 wt.% 이상 또는 약 1.9 wt.% 이상이다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0028] 원재료 분말은 주로 지르콘 ( $ZrSiO_4$ )을 포함하고, 예를들면, 원재료 분말은  $ZrSiO_4$  함량을 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 95 wt.% 이상, 예컨대, 약 96 wt.% 이상, 약 97 wt.% 이상, 약 98 wt.% 이상, 약 99 wt.% 이상 또는 약 99.5 wt.% 이상 포함한다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말은  $ZrSiO_4$  함량을 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 99.9 wt.% 이하, 약 99.5 wt.% 이하, 약 99 wt.% 이하, 약 98 wt.% 이하, 약 97 wt.% 이하, 약 96 wt.% 이하 또는 약 95 wt.% 이하 포함한다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서  $ZrSiO_4$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서  $ZrSiO_4$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0029] 원재료 분말은 실질적으로  $Al_2O_3$  부재이다. 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 0.45 wt.% 이하, 0.4 wt.% 이하, 0.35 wt.% 이하, 0.3 wt.% 이하, 0.25 wt.% 이하, 0.2 wt.% 이하, 0.15 wt.% 이하, 0.1 wt.% 이하 또는 0.05 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.01 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.05 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.15 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.25 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.35 wt.% 이상, 약 0.4 이상 또는 약 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서  $Al_2O_3$  함량 wt.% 은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료에서  $Al_2O_3$  함량 wt.% 은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0030] 특히, 원재료 분말은 원재료 분말 중 유리 실리카 함량 ( $CP_{FS}$ )에 대한 원재료 분말 중  $Al_2O_3$  함량 ( $CP_{Al_2O_3}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CP_{Al_2O_3}/CP_{FS}$ 로 표현된다.  $CP_{Al_2O_3}$  는 원재료 분말 총 중량에서 wt.%로 측정되는 원재료 분말 중  $Al_2O_3$  함량을 나타낸다.  $CP_{FS}$  는 원재료 분말 총 중량에서 wt.%로 측정되는 원재료 분말 중 유리 실리카 함량을 나타낸다. 원재료 분말의 비율  $CP_{Al_2O_3}/CP_{FS}$  는 약 5 이하, 예컨대, 약 3 이하, 약 1 이하, 약 0.5 이하, 약 0.4 이하, 약 0.3 이하, 약 0.2 이하, 약 0.1 이하, 약 0.01 이하 또는 약 0.005 이하이다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말의 비율  $CP_{Al_2O_3}/CP_{FS}$  는 약 0.0025 이상, 예컨대, 약 0.005 이상, 약 0.01 이상, 약 0.1 이상, 약 0.2 이상, 약 0.3 이상, 약 0.4 이상, 약 0.5 이상, 약 0.6 이상, 약 0.7 이상, 약 0.8 이상 또는 약 0.9 이상이다. 비율  $CP_{Al_2O_3}/CP_{FS}$  는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CP_{Al_2O_3}/CP_{FS}$  는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0031] 대안으로, 원재료 분말은 원재료 분말 중  $ZrSiO_4$  함량 ( $CP_{ZrSiO_4}$ )에 대한 원재료 분말 중  $Al_2O_3$  함량 ( $CP_{Al_2O_3}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CP_{Al_2O_3}/CP_{ZrSiO_4}$ 로 나타낸다.  $CP_{Al_2O_3}$  는 원재료 분말 총 중량에서 wt.%로 측정되는 원재료 분말 중  $Al_2O_3$  함량을 나타낸다.  $CP_{ZrSiO_4}$  는 원재료 분말 총 중량에서 wt.%로 측정되는 원재료 분말 중  $ZrSiO_4$  함량을 나타낸다. 원재료 분말의 비율  $CP_{Al_2O_3}/CP_{ZrSiO_4}$  는 약 0.007 이하, 예컨대, 약 0.006 이하,

약 0.005 이하, 약 0.004 이하, 약 0.003 이하, 약 0.002 이하 또는 약 0.001 이하이다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말의 비율  $CP_{Al2O3}/CP_{ZrSiO4}$  는 약 0.0005 이상, 예컨대, 약 0.001 이상, 약 0.002 이상, 약 0.003 이상, 약 0.004 이상, 약 0.005 이상 또는 약 0.006 이상이다. 비율  $CP_{Al2O3}/CP_{ZrSiO4}$  는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CP_{Al2O3}/CP_{ZrSiO4}$  는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0032] 원재료 분말에서 지르콘 그레이는 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 약 2.0 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.9 wt.% 이하, 약 1.8 wt.% 이하, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.6 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말에서 지르콘 그레이는 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상, 약 1.4 wt.% 이상, 약 1.5 wt.% 이상, 약 1.6 wt.% 이상, 약 1.7 wt.% 이상, 약 1.8 wt.% 이상 또는 약 1.9 wt.% 이상의 유리 실리카를 포함한다. 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 원재료 분말에서 지르콘 그레이 중 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 원재료 분말에서 지르콘 그레이 중 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0033] 원재료 분말에서 지르콘 그레이는 또한 실질적으로  $Al_2O_3$ 가 부재이다. 원재료 분말에서 지르콘 그레이는 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.45 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.35 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.25 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.15 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하 또는 약 0.01 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말에서 지르콘 그레이는 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 약 0.001 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.15 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.25 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.35 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상 또는 약 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 원재료 분말에서 지르콘 그레이 중  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말에서 지르콘 그레이 총 중량에 대하여 원재료 분말에서 지르콘 그레이 중  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0034] 소결체는 원재료 분말과 조합되어 조합 재료 혼합물을 형성한 후 조합 재료 혼합물이 형성화 되어 미가공 물체를 형성한다. 소결체는, 예를들면,  $Ta_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  또는 이들 조합을 포함하는 산화물을 포함한다. 특정 실시태양들에서, 소결체는 실질적으로  $Ta_2O_5$ 로 이루어진다. 조합 원재료 혼합물은 조합 재료 혼합물 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상 또는 약 1.4 wt.% 이상의 소결체를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 조합 원재료 혼합물은 조합 재료 혼합물 총 중량에 대하여 약 1.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하 또는 약 0.3 wt.% 이하의 소결체를 포함한다. 재료 혼합물 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 재료 혼합물 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0035] 특히, 조합 재료 혼합물은 조합 재료 혼합물 중 유리 실리카 함량 ( $CP_{FS}$ )에 대한 조합 재료 혼합물 중 소결체 함량 ( $CP_{SA}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CP_{SA}/CP_{FS}$ 으로 표현된다.  $CP_{SA}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량의 wt.%로 측정되는 조합 재료 혼합물 중 소결체 함량을 나타낸다.  $CP_{FS}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량의 wt.%로

측정되는 조합 재료 혼합물 중 유리 실리카 함량을 나타낸다. 조합 재료 혼합물의 비율  $CP_{SA}/CP_{FS}$  는 약 15 이하, 예컨대 이하, 약 10 이하, 약 5 이하, 약 1 이하, 약 0.5 이하, 약 0.4 이하, 약 0.3 이하, 약 0.2 이하, 약 0.1 이하 또는 약 0.05 이하이다. 또 다른 예시들에서, 조합 재료 혼합물의 비율  $CB_{SA}/CB_{FS}$  는 약 0.05 이상, 예컨대, 약 0.1이상, 약 0.2이상, 약 0.3이상, 약 0.4이상, 약 0.5이상, 약 1이상, 약 5이상, 약 10 이상 또는 약 14 이상이다. 비율  $CP_{SA}/CP_{FS}$  는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CP_{SA}/CP_{FS}$  는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0036] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하, 예컨대, 약 1 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하 또는 약 0.1 wt.% 이하의 지르코니아 ( $ZrO_2$ )를 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.05 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 1.0 wt.% 이상의  $ZrO_2$  를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여  $ZrO_2$  함량 wt.% 은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여  $ZrO_2$  함량 wt.% 은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0037] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 최소 함량의 금속산화물, 예컨대, 예를들면, 희토류 산화물, 알칼리 토금속 산화물, 알칼리 산화물 및 본원에 명기되지 않는 임의의 전이금속 산화물을 가진다. 희토류 산화물은 란타계열의 희토류 금속 (즉, elements having 원자번호 57 내지 71의 원소)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화란탄, 산화세륨 및 산화유로퓸을 포함한다. 알칼리 토금속 산화물은 2족 금속 (즉, 베릴륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨 및 라듐)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화 마그네슘, 산화칼슘 및 산화바륨을 포함한다. 알칼리 산화물은 1족 금속, (즉, 리튬, 나트륨, 칼륨, 루비듐, 세슘, 및 프랑슘)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화리튬, 산화칼륨 및 산화세슘을 포함한다. 최소 함량의 상기 임의의 산화물, 예를들면, 희토류 산화물, 알칼리 토금속 산화물, 알칼리 산화물 및 본원에 명기되지 않는 임의의 전이금속 산화물을 가지는 원재료 분말은, 원재료 분말 총 중량의 약 1 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하의 산화물을 가진다.

[0038] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 종래 기술을 통해 형성되는 종래 재료에 존재할 수 있는 한정된 함량 소정의 화합물을 가진다. 예를들면, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량의 약 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하 또는 약 0.001 wt.% 이하의  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$ 를 가진다. 또 다른 예시들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량의 약 0.0001 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.001 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상 또는 약 0.3 wt.% 이상의  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$ 를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료 분말 중  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 원재료 분말 중  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$  함량 wt.% 은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0039] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의  $TiO_2$ 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 0.9 wt.% 이상의  $TiO_2$  를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여  $TiO_2$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여  $TiO_2$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0040] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.25 wt.% 이하 또는 약 0.05 wt.% 이하의  $Nb_2O_5$  를 가진다.

[0041] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상 또는 약 0.8 wt.% 이상의 산화물  $Nb_2O_5$  및  $Ta_2O_5$  의 총 함량을 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하 또는

약 1.0 wt.% 이하의 산화물 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 의 총 함량을 가진다.

[0042] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 0.9 wt.% 이상의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0043] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 를 가진다.

[0044] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하, 또는 약 0.005 wt.% 이하의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.0025 wt.%, 이상 예컨대, 약 0.005 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상 또는 약 0.1 wt.% 이상의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0045] 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하, 또는 약 0.005 wt.% 이하의 MnO를 가진다. 다른 실시태양들에서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.0025 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.005 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상 또는 약 0.1 wt.% 이상의 MnO를 가진다. 원재료 분말 총 중량에 대하여 MnO 함량 wt.% 은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 원재료 분말 총 중량에 대하여 MnO 함량 wt.% 은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0046] 본원에 기재된 바와 같이 형성되는 부품의 특정 실시태양은 지르콘 그레인을 포함하는 물체를 포함하고, 물체는 외측부 및 내측부를 가진다. 물체는 지르콘 그레인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가지고 유리 실리카 입계상은 실질적으로 물체에 균일하게 분포된다. 입계상은 유리 실리카를 포함하고, 물체는 유리 실리카를 물체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하 포함한다.

[0047] 다른 실시태양들에서, 물체에서 유리 실리카 함량은, 예를들면, 물체 총 중량에 대하여 약 1.9 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.8 wt.% 이하, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.6 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하이다. 또 다른 예시들에서, 물체 중 유리 실리카 함량은 물체 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상, 약 1.4 wt.% 이상, 약 1.5 wt.% 이상, 약 1.6 wt.% 이상, 약 1.7 wt.% 이상, 약 1.8 wt.% 이상 또는 약 1.9 wt.% 이상이다. 물체 총 중량에 대하여 물체에서 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 물체 총 중량에 대하여 물체에서 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0048] 다른 실시태양들에서, 물체는 주로 지르콘 (ZrSiO<sub>4</sub>)을 포함한다. 물체는 ZrSiO<sub>4</sub> 함량을 물체 총 중량에 대하여 약 95 wt.% 이상, 예컨대, 약 96 wt.% 이상, 약 97 wt.% 이상, 약 98 wt.% 이상, 약 99 wt.% 이상 또는 약 99.5 wt.% 이상 포함한다. 또 다른 예시들에서, 물체는 ZrSiO<sub>4</sub> 함량을 물체 총 중량에 대하여 약 99.9 wt.% 이하, 약 99.5 wt.% 이하, 약 99 wt.% 이하, 약 98 wt.% 이하, 약 97 wt.% 이하, 약 96 wt.% 이하 또는 약 95 wt.% 이하 포함한다. 물체 총 중량에 대하여 물체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 물체 총 중량에 대하여 물체에서 ZrSiO<sub>4</sub> 함량 wt.%은 상기

최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0049] 다른 실시태양들에서, 몸체는 소결체를 더욱 포함한다. 소결체는  $Ta_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  또는 이들 조합일 수 있다. 특정 실시태양들에서, 소결체는 실질적으로  $Ta_2O_5$ 로 이루어진다. 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상 또는 약 1.4 wt.% 이상의 소결체를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하 또는 약 0.3 wt.% 이하의 소결체를 포함한다. 몸체 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0050] 특히, 몸체는 몸체 중 유리 실리카 함량 ( $CB_{FS}$ )에 대한 몸체 중 소결체 함량 ( $CB_{SA}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CB_{SA}/CB_{FS}$ 으로 표현된다.  $CB_{SA}$ 는 몸체 총 중량의 wt.%로 측정되는 몸체 중 소결체 함량을 나타낸다.  $CB_{FS}$ 는 몸체 총 중량의 wt.%로 측정되는 몸체 중 유리 실리카 함량을 나타낸다. 몸체의 비율  $CB_{SA}/CB_{FS}$ 는 약 15 이하, 예컨대 이하, 약 10 이하, 약 5 이하, 약 1 이하, 약 0.5 이하, 약 0.4 이하, 약 0.3 이하, 약 0.2 이하, 약 0.1 이하 또는 약 0.05 이하이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 비율  $CB_{SA}/CB_{FS}$ 는 약 0.05이상, 예컨대, 약 0.1이상, 약 0.2이상, 약 0.3이상, 약 0.4이상, 약 0.5이상, 약 1이상, 약 5이상, 약 10 이상 또는 약 14 이상이다. 비율  $CB_{SA}/CB_{FS}$ 는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CB_{SA}/CB_{FS}$ 는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0051] 몸체는 실질적으로  $Al_2O_3$ 부재이다. 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 0.45 wt.% 이하, 0.4 wt.% 이하, 0.35 wt.% 이하, 0.3 wt.% 이하, 0.25 wt.% 이하, 0.2 wt.% 이하, 0.15 wt.% 이하, 0.1 wt.% 이하 또는 0.05 wt.% 이하의  $Al_2O_3$ 를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.01 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.05 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.15 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.25 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.35 wt.% 이상, 약 0.4 이상 또는 약 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$ 를 포함한다. 몸체 총 중량에 대하여 몸체에서  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여 몸체에서  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0052] 특히, 몸체는 몸체 중 유리 실리카 함량 ( $CB_{FS}$ )에 대한 몸체 중  $Al_2O_3$  함량 ( $CB_{Al2O3}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$ 로 표현된다.  $CB_{Al2O3}$ 는 몸체 총 중량에서 wt.%로 측정되는 몸체 중  $Al_2O_3$  함량을 나타낸다.  $CB_{FS}$ 는 몸체 총 중량에서 wt.%로 측정되는 몸체 중 유리 실리카 함량을 나타낸다. 몸체의 비율  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$ 는 약 5 이하, 예컨대, 약 3 이하, 약 1 이하, 약 0.5 이하, 약 0.4 이하, 약 0.3 이하, 약 0.2 이하, 약 0.1 이하, 약 0.01 이하 또는 약 0.005 이하이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 비율  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$ 는 약 0.0025 이상, 예컨대, 약 0.005 이상, 약 0.01 이상, 약 0.1 이상, 약 0.2 이상, 약 0.3 이상, 약 0.4 이상, 약 0.5 이상, 약 0.6 이상, 약 0.7 이상, 약 0.8 이상 또는 약 0.9 이상이다. 비율  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$ 는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$ 는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0053] 대안으로, 몸체는 몸체 중  $ZrSiO_4$  함량 ( $CB_{ZrSiO4}$ )에 대한 몸체 중  $Al_2O_3$  함량 ( $CB_{Al2O3}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $CB_{Al2O3}/CB_{ZrSiO4}$ 로 나타낸다.  $CB_{Al2O3}$ 는 몸체 총 중량에서 wt.%로 측정되는 몸체 중  $Al_2O_3$  함량을 나타낸다.  $CB_{ZrSiO4}$ 는 몸체 총 중량에서 wt.%로 측정되는 몸체 중  $ZrSiO_4$  함량을 나타낸다. 몸체의 비율  $CB_{Al2O3}/CB_{ZrSiO4}$ 는 약 0.007 이하, 예컨대, 약 0.006 이하, 약 0.005 이하, 약 0.004 이하, 약 0.003 이하, 약

0.002 이하 또는 약 0.001 이하이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 비율  $CB_{Al203}/CB_{ZrSiO4}$  는 약 0.0005 이상, 예컨대, 약 0.001 이상, 약 0.002 이상, 약 0.003 이상, 약 0.004 이상, 약 0.005 이상 또는 약 0.006 이상이다. 비율  $CB_{Al203}/CB_{ZrSiO4}$  는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비율  $CB_{Al203}/CB_{ZrSiO4}$  는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0054] 몸체에서 지르콘 그래인은 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 약 2.0 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.9 wt.% 이하, 약 1.8 wt.% 이하, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.6 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하, 약 1.4 wt.% 이하, 약 1.3 wt.% 이하, 약 1.2 wt.% 이하, 약 1.1 wt.% 이하, 약 1.0 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.8 wt.% 이하, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.6 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 몸체에서 지르콘 그래인은 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.6 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상, 약 0.8 wt.% 이상, 약 0.9 wt.% 이상, 약 1.0 wt.% 이상, 약 1.1 wt.% 이상, 약 1.2 wt.% 이상, 약 1.3 wt.% 이상, 약 1.4 wt.% 이상, 약 1.5 wt.% 이상, 약 1.6 wt.% 이상, 약 1.7 wt.% 이상, 약 1.8 wt.% 이상 또는 약 1.9 wt.% 이상의 유리 실리카를 포함한다. 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 몸체에서 지르콘 그래인 중 유리 실리카 함량 wt.% 은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 몸체에서 지르콘 그래인 중 유리 실리카 함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0055] 몸체에서 지르콘 그래인은 또한 실질적으로  $Al_2O_3$ 가 부재이다. 몸체에서 지르콘 그래인은 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.45 wt.% 이하, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.35 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.25 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.15 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하 또는 약 0.01 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 또 다른 예시들에서, 몸체에서 지르콘 그래인은 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 약 0.001 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.15 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.25 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.35 wt.% 이상, 약 0.4 wt.% 이상 또는 약 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함한다. 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 몸체에서 지르콘 그래인 중  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체에서 지르콘 그래인 총 중량에 대하여 몸체에서 지르콘 그래인 중  $Al_2O_3$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0056] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하, 예컨대, 약 1 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하 또는 약 0.1 wt.% 이하의 지르코니아 ( $ZrO_2$ )를 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.05 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 1.0 wt.% 이상의  $ZrO_2$  를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여  $ZrO_2$  함량 wt.% 은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여  $ZrO_2$  함량 wt.% 은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0057] 다른 실시태양들에서, 몸체는 최소 함량의 금속산화물, 예컨대, 예를들면, 희토류 산화물, 알칼리 토금속 산화물, 알칼리 산화물 및 본원에 명기되지 않는 임의의 전이금속 산화물을 가진다. 희토류 산화물은 란탄 계열의 희토류 금속 (즉, 원자번호 57 내지 71의 원소)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화란탄, 산화세륨 및 산화유로퓸을 포함한다. 알칼리 토금속 산화물은 2족 금속 (즉, 베릴륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨 및 라듐)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화마그네슘, 산화칼슘 및 산화바륨을 포함한다. 알칼리 산화물은 1족 금속, (즉, 리튬, 나트륨, 칼륨, 루비듐, 세슘, 및 프랑슘)을 포함하는 임의의 산화 조성물을 포함하고, 예를들면, 산화리튬, 산화칼륨 및 산화세슘을 포함한다. 최소 함량의 상기 임의의 산화물, 예를들면, 희토류 산화물, 알칼리 토금속 산화물, 알칼리 산화물 및 본원에 명기되지 않는 임의의 전이금속 산화물을 가지는 몸체는, 몸체 총 중량의 약 1 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.7 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하 또는 약 0.2 wt.% 이하의 산화물을 가진다.

- [0058] 다른 실시태양들에서, 몸체는 종래 기술을 통해 형성되는 종래 재료에 존재할 수 있는 한정된 함량 소정의 화합물을 가진다. 예를들면, 몸체는 몸체 총 중량의 약 0.5 wt.% 이하, 예컨대, 약 0.4 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하 또는 약 0.001 wt.% 이하의  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$ 를 가진다. 또 다른 예시들에서, 몸체는 몸체 총 중량의 약 0.0001 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.001 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.1 wt.% 이상, 약 0.2 wt.% 이상 또는 약 0.3 wt.% 이상의  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$ 를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여 몸체 중  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여 몸체 중  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  또는  $(NH_4)_2SiF_6$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0059] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의  $TiO_2$ 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 0.9 wt.% 이상의  $TiO_2$ 를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여  $TiO_2$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여  $TiO_2$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0060] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 약 0.25 wt.% 이하 또는 약 0.05 wt.% 이하의  $Nb_2O_5$ 를 가진다.
- [0061] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.3 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상 또는 약 0.8 wt.% 이상의 산화물  $Nb_2O_5$  및  $Ta_2O_5$ 의 총 함량을 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하, 예컨대, 약 1.7 wt.% 이하, 약 1.5 wt.% 이하 또는 약 1.0 wt.% 이하의 산화물  $Nb_2O_5$  및  $Ta_2O_5$ 의 총 함량을 가진다.
- [0062] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의  $P_2O_5$ 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.2 wt.% 이상, 약 0.5 wt.% 이상, 약 0.7 wt.% 이상 또는 약 0.9 wt.% 이상의  $P_2O_5$ 를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여  $P_2O_5$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여  $P_2O_5$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0063] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하, 약 0.9 wt.% 이하, 약 0.5 wt.% 이하, 약 0.3 wt.% 이하, 또는 약 0.2 wt.% 이하의  $V_2O_5$ 를 가진다.
- [0064] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하, 또는 약 0.005 wt.% 이하의  $Fe_2O_3$ 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.0025 wt.%, 이상 예컨대, 약 0.005 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상 또는 약 0.1 wt.% 이상의  $Fe_2O_3$ 를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여  $Fe_2O_3$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여  $Fe_2O_3$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0065] 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.% 이하, 약 0.1 wt.% 이하, 약 0.05 wt.% 이하, 약 0.01 wt.% 이하, 또는 약 0.005 wt.% 이하의  $MnO$ 를 가진다. 다른 실시태양들에서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.0025 wt.% 이상, 예컨대, 약 0.005 wt.% 이상, 약 0.01 wt.% 이상, 약 0.05 wt.% 이상 또는 약 0.1 wt.% 이상의  $MnO$ 를 가진다. 몸체 총 중량에 대하여  $MnO$  함량 wt.%은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 총 중량에 대하여  $MnO$  함량 wt.%은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0066] 다른 실시태양들에서, 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 15  $\mu m$ 이하, 예컨대, 약 14

$\mu\text{m}$ 이하, 약 12  $\mu\text{m}$ 이하, 약 10  $\mu\text{m}$ 이하, 약 9이하,  $\mu\text{m}$ 이하, 약 8  $\mu\text{m}$ 이하, 약 7  $\mu\text{m}$ 이하, 약 6  $\mu\text{m}$ 이하, 약 5  $\mu\text{m}$ 이하, 약 4  $\mu\text{m}$ 이하, 약 3  $\mu\text{m}$  이하 또는 약 2  $\mu\text{m}$  이하이다. 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 1  $\mu\text{m}$  이상, 예컨대, 약 2  $\mu\text{m}$  이상, 약 3,  $\mu\text{m}$  이상, 약 4  $\mu\text{m}$  이상, 약 5  $\mu\text{m}$  이상, 약 6  $\mu\text{m}$  이상, 약 7  $\mu\text{m}$  이상, 약 8  $\mu\text{m}$  이상, 약 9  $\mu\text{m}$  이상, 약 10  $\mu\text{m}$  이상, 약 12  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 14  $\mu\text{m}$  이상이다. 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기 (D50)는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0067] 다른 실시태양들에서, 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 그래인 크기 분포는 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D90 그래인 크기가 약 40  $\mu\text{m}$  이하, 예컨대, 약 30  $\mu\text{m}$  이하, 약 20  $\mu\text{m}$  이하, 약 15  $\mu\text{m}$  이하 또는 약 10  $\mu\text{m}$  이하가 되도록 조절된다. 또 다른 예시들에서, 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D90 그래인 크기는 약 5  $\mu\text{m}$  이상, 예컨대, 약 10  $\mu\text{m}$  이상, 약 15  $\mu\text{m}$  이상, 약 20  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 30  $\mu\text{m}$  이상이다. 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D90 그래인 크기는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D90 그래인 크기는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0068] 다른 실시태양들에서, 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 그래인 크기 분포는 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D10 그래인 크기가 약 0.2  $\mu\text{m}$  이상, 예컨대, 약 0.5  $\mu\text{m}$  이상, 약 0.8  $\mu\text{m}$  이상 또는 약 1.0  $\mu\text{m}$  이상이 되도록 조절될 수 있다. 또 다른 예시들에서, 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D10 그래인 크기는 약 1.1  $\mu\text{m}$  이하, 예컨대, 약 1.0  $\mu\text{m}$  이하, 약 0.8  $\mu\text{m}$  이하 또는 약 0.5  $\mu\text{m}$  이하이다. 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D10 그래인 크기는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다, 또한 몸체에 있는 지르콘 그래인들의 D10 그래인 크기는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0069] 본원에 기재된 바에 같이 형성되는 부품의 또 다른 특정 실시태양은 지르콘 그래인들을 포함하는 몸체를 포함하고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 외측부 및 내측부의 교차점은 몸체 외면으로부터 깊이 5000  $\mu\text{m}$ 에서 측정된다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카 입계상은 유리 실리카를 포함하고, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 또한, 몸체 외측부는 부피%로 측정되는 겉보기 기공률 ( $P_{op}$ )을 가지고 몸체 내측부는 부피%로 측정되는 겉보기 기공률 ( $P_{ip}$ )을 가진다.

[0070] 겉보기 기공률은 ASTM C20으로 측정된다. 소정의 실시태양들에서,  $P_{op}$  및  $P_{ip}$  는 실질적으로 유사하다. 예를들면,  $P_{op}$  및  $P_{ip}$  의 차이는 약 25% 이하, 예컨대, 약 20% 이하, 약 15 % 이하, 약 10% 이하, 약 5% 이하, 약 4% 이하, 약 3% 이하 또는 약 2부피% 이하이다. 다른 실시태양들에서,  $P_{op}$  및  $P_{ip}$  차이는 약 1% 이상, 예컨대, 약 2% 이상, 약 3% 이상, 약 4% 이상, 약 5% 이상 또는 약 9부피% 이상이다.  $P_{op}$  및  $P_{ip}$  간의 겉보기 기공률 차이는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한  $P_{op}$  및  $P_{ip}$  간의 겉보기 기공률 차이는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0071] 특히, 몸체는 몸체 내측부 겉보기 기공률 ( $P_{ip}$ )에 대한 몸체 외측부 겉보기 기공률 ( $P_{op}$ )의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로  $P_{op}/P_{ip}$ 로 표현된다.  $P_{op}$  는 부피%로 측정되는 몸체 외측부 겉보기 기공률을 나타낸다.  $P_{ip}$  는 부피%로 측정되는 몸체 내측부 겉보기 기공률을 나타낸다. 소정의 실시태양들에서, 몸체의 겉보기 기공률 비율  $P_{op}/P_{ip}$  는 약 1.9 이하, 예컨대, 약 1.8 이하, 약 1.7 이하, 약 1.6 이하, 약 1.5 이하, 약 1.4 이하, 약 1.3 이하, 약 1.2 이하 또는 약 1.1 이하이다. 다른 실시태양들에서, 몸체의 겉보기 기공률 비율  $P_{op}/P_{ip}$  는 약 1이다. 또 다른 실시태양들에서, 몸체의 겉보기 기공률 비율  $P_{op}/P_{ip}$  는 약 0.8 이상, 예컨대, 약 0.85 이상, 약 0.9 이상 또는 약 0.95 이상이다. 기공률 비율  $P_{op}/P_{ip}$  는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 기공률 비율  $P_{op}/P_{ip}$  는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0072] 본원에 기재된 바와 같이 형성되는 부품의 또 다른 특정 실시태양은 특정 개방 기공률 (OP)을 가지는 몸체를 포함한다. 개방 기공률은 부품의 몸체 표면에서 개방되고 연속하여 접근되는 임의의 기공률로 정의된다. 개방 기



있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 밀도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0077] MoE는 ASTM C1259에 따라 e-모드 음향 주파수 측정으로 결정된다. 하나의 실시태양에서, 몸체의 MoE는 4 점 시험으로 실온에서 측정되는 바와 같이 약 180 GPa 이상, 예컨대, 약 185 GPa 이상, 약 190 GPa 이상, 약 195 GPa 이상 또는 약 200 GPa 이상이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 MoE는 약 210 GPa 이하, 예컨대, 약 200 GPa 이하, 약 195 GPa 이하, 약 190 GPa 이하 또는 약 185 GPa 이하이다. MoE는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 MoE는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0078] 비커스 경도는 ASTM E384에 따라 결정된다. 하나의 실시태양에서, 부품 몸체의 비커스 경도는 약 6.1 GPa 이상, 예컨대, 약 6.2 GPa 이상, 약 6.3 GPa 이상, 약 6.4 GPa 이상, 약 6.5 GPa 이상, 약 6.6 GPa 이상, 약 6.7 GPa 이상, 약 6.8 GPa 이상, 약 6.9 GPa 이상, 약 7.0 GPa 이상, 약 7.1 GPa 이상, 약 7.2 GPa 이상, 약 7.3 GPa 이상, 약 7.4 GPa 이상, 약 7.5 GPa 이상, 약 7.6 GPa 이상, 약 7.7 GPa 이상, 약 7.8 GPa 이상 또는 약 7.9 GPa 이상이다. 또한 몸체의 비커스 경도는 약 8.0 GPa 이하, 예컨대, 약 8.0 GPa 이하, 약 7.9 GPa 이하, 약 7.8 GPa 이하, 약 7.7 GPa 이하, 약 7.6 GPa 이하, 약 7.5 GPa 이하, 약 7.4 GPa 이하, 약 7.3 GPa 이하, 약 7.2 GPa 이하, 약 7.1 GPa 이하, 약 7.0 GPa 이하, 약 6.9 GPa 이하, 약 6.8 GPa 이하, 약 6.7 GPa 이하, 약 6.6 GPa 이하, 약 6.5 GPa 이하, 약 6.4 GPa 이하, 약 6.3 GPa 이하, 약 6.2 GPa 이하 또는 약 6.1 GPa 이하이다. 비커스 경도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 비커스 경도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0079] 크리프 변형 속도는 등온 크리프 시험에서 측정된다. 등온 크리프 시험에서, 4 점 굽힘 시험 구성이 적용되고 외부 지지대 사이 거리 L은 80 mm이고 내부 지지대 사이 거리 l은 40 mm이다. 높이 8 mm, 폭 9 mm 및 길이 100 mm를 가지는 샘플 바를 이들 지지대에 올리고 2 Mpa 응력을 샘플 바 중앙에 인가한다. 온도를 1275 °C 또는 1300 °C로 일정하게 유지한다. 50 시간에 걸쳐 샘플 바의 처짐 변화 (mm)를 기록하고 또한 바의 응력 변형을 Hollenberg 방정식으로 계산하였다. ppm/hr 단위의 평균 크리프 변형 속도 (Vd)를 계산하였다. 크리프 변형 속도의 평균 및 중간 값들은 통계적으로 연관된 샘플 크기에서 유도되었다.

[0080] 하나의 실시태양들에서, 몸체의 크리프 변형 속도는 50 시간에 걸쳐 1275 °C에서 측정할 때 약 50.0 ppm/h 이하, 예컨대, 약 40 ppm/h 이하, 약 30 ppm/h 이하, 약 20 ppm/h 이하, 약 10 ppm/h 이하, 약 5 ppm/h 이하, 약 3.0 ppm/h 이하, 약 1.5 ppm/h 이하, 약 1.0 ppm/h 이하, 약 0.5 ppm/h 이하 또는 약 0.25 ppm/h 이하이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 크리프 변형 속도는 50 시간에 걸쳐 1275 °C에서 측정할 때 약 0.15 ppm/h 이상, 예컨대, 약 0.25 ppm/h 이상, 약 0.5 ppm/h 이상, 약 1.0 ppm/h 이상, 약 1.5 ppm/h 이상, 약 3 ppm/h 이상, 약 5 ppm/h 이상, 약 10 ppm/h 이상, 약 20 ppm/h 이상, 약 30.0 ppm/h 이상 또는 약 40 ppm/h 이상이다. 1275 °C에서 크리프 변형 속도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 1275 °C에서 크리프 변형 속도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 상기 값들은 통계적으로 관련된 샘플 크기에서 유도되는 크리프 변형 속도의 평균 및 중간 값들이다.

[0081] 하나의 실시태양에서, 몸체의 크리프 변형 속도는 50 시간에 걸쳐 1300 °C에서 측정될 때 약 50.0 ppm/h 이하, 예컨대, 약 40 ppm/h 이하, 약 30 ppm/h 이하, 약 20 ppm/h 이하, 약 10 ppm/h 이하, 약 5 ppm/h 이하, 약 3.0 ppm/h 이하, 약 1.5 ppm/h 이하, 약 1.0 ppm/h 이하, 약 0.5 ppm/h 이하 또는 약 0.25 ppm/h 이하이다. 또 다른 예시들에서, 몸체의 크리프 변형 속도는 50 시간에 걸쳐 1300 °C에서 측정될 때 약 0.15 ppm/h 이상, 예컨대, 약 0.25 ppm/h 이상, 약 0.5 ppm/h 이상, 약 1.0 ppm/h 이상, 약 1.5 ppm/h 이상, 약 3 ppm/h 이상, 약 5 ppm/h 이상, 약 10 ppm/h 이상, 약 20 ppm/h 이상, 약 30.0 ppm/h 이상 또는 약 40 ppm/h 이상이다. 1300 °C에서 크리프 변형 속도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 1300 °C에서 크리프 변형 속도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0082] 도가니 블리스터링 시험을 이용하여 도가니 블리스터링을 측정하였다. 도가니 블리스터링 시험에서, 샘플 블록에서 도가니 코어를 드릴링 하였다. 도가니 높이는 40 mm이고 직경은 50 mm이고, 도가니 가운데 구멍 높이는 30 mm이고 직경은 30 mm이다. 일단 제작되면, 도가니를 초음파 조에서 DI 수로 세척하여 임의의 잠재적 가공 잔류물들을 제거하고 건조한다. 건조되면, 도가니에 20 g의 유리 파편을 채운 후 시험 온도까지 가열하고 연장 시간 주기 동안 담지한다 (72h 또는 120h, 또는 360h). 담지 완료 후 도가니를 실온으로 냉각한다. 이후 도가니를 수

직 절단하여 유리를 노출시키고 블리스터링 정도를 관찰한다. 일 시험에서, 재료를 1200 ° C에서 LCD 유리 A로 360h 동안 시험하였다. 또 다른 시험에서, 재료를 1250 ° C에서 72h 동안 LCD 유리 A로 시험하였다. 또 다른 시험에서, 재료를 LTPS 유리 B로 1250 ° C에서 360h 동안 시험하였다.

[0083] 대안으로 판 (plaque) 블리스터링 시험으로 블리스터링을 시험한다. 판 블리스터링 시험에서, 시험 대상 재료의 5 x 15 x 15 mm 판을 절단한 후 연마한다 (30 마이크론 그릿). 판을 DI 수로 초음파 조에서 세정하여 임의의 잠재적 가공 잔류물들을 제거하고 건조한다. 대략 총 20 g의 유리인 2장의 수평 유리층 사이에서 판을 99.9 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 결합 도가니 (직경 25 mm, 높이 40 mm, 벽 두께 2 mm)에 배치한다. 판을 시험 온도까지 가열하고 연장 시간 주기 동안 시험 온도를 유지한다. 담지 완료 후, 판을 냉각하고 유리가 노출되도록 절단한다. 판을 수직 절단하여 유리를 노출시키고 블리스터링 정도를 관찰한다. 일 예시에서, 시험은 1250 ° C에서 120 h 동안 LCD 유리 A로 진행된다.

[0084] 특히, 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘을 포함하는 부품에서 블리스터링 (즉, 도가니 블리스터링 또는 판 블리스터링)은 종래 방법에 따라 형성되는 종래 지르콘-기반 재료와 비교하여 더욱 낮았다.

[0085] 본원에 기재된 바에 같이 형성되는 부품의 또 다른 특정 실시태양은 특정 개방 기공률/밀도 체로점 (PDZP)을 포함하는 물체를 포함한다. 도 3은 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 부품 및 종래 공정에 의해 형성되는 부품에 해당되는 데이터 점들을 비교하는 개방 기공률 대 밀도 산점도이다. 데이터 점들 (301)은 본원 실시태양들의 부품에 대한 개방 기공률 및 밀도 값들에 해당되고, 이러한 값들을 이용하여 각각의 부품에 대한 개방 기공률/밀도 비율 값 (OP/D)을 유도한다. 데이터 점들(302, 303)은 종래 공정에 의해 형성되는 다중 예시적 부품들에 대한 개방 기공률 및 밀도 값들에 해당되고, 이들을 이용하여 각각의 실시예 부품에 대한 개방 기공률/밀도 비율 값을 유도한다. PDZP는 데이터 점들(301)의 선형 회귀로부터의 외삽 값이고, 식 PDZP=OP+35.844\*D에 따라 임의의 주어진 부품에 대하여 계산되고, 식 중 D는 부품 물체의 밀도이고 OP는 부품 물체의 개방 기공률이다.

[0086] 일 실시태양에 의하면, 부품은 PDZP가 적어도 약 154, 예컨대, 적어도 약 155, 적어도 약 156, 적어도 약 157 또는 적어도 약 158인 물체를 포함한다. 또 다른 실시태양에 의하면, 부품은 PDZP가 약 159 이하, 예컨대, 약 158 이하, 약 157 이하, 약 156 이하, 약 155 이하 또는 약 155 이하인 물체를 포함한다. PDZP는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 PDZP는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0087] 특정 예시들에서, 본원 부품 물체는 주어진 밀도 값에서 특정 개방 기공률을 가진다. 예를들면, 소정의 예시들에서, 대략 4.1 g/cc (± 0.5 g/cc) 밀도를 가지는 물체에 대하여, 개방 기공률은 약 5.5 vol% 내지 약 12 vol%이다. 또한, 약 4.15 g/cc 이하 (±0.5 g/cc) 밀도를 가지는 물체에 대하여, 개방 기공률은 약 5.5 vol% 내지 약 9 vol%이다. 기타 예시들에서, 약 4.2 g/cc (± 0.5 g/cc) 이하의 밀도를 가지는 물체에 대하여, 개방 기공률은 약 4.5 vol% 내지 약 9 vol%이다. 기타 예시들에서, 약 4.25 g/cc (± 0.5 g/cc) 이하의 밀도를 가지는 물체에 대하여, 개방 기공률은 약 3 vol% 내지 약 9 vol%이다.

[0088] 본원에 기재된 바에 같이 형성되는 부품의 또 다른 특정 실시태양은 지르콘 그래인들을 포함하는 물체를 포함하고, 물체는 외측부 및 내측부를 가진다. 물체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카 입계상은 유리 실리카를 포함하고, 물체는 물체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 또한, 물체는 약 100 μm/일 이하의 동적 침식률을 가진다.

[0089] 동적 침식률은 1550 ° C에서 무-알칼리 보로실리케이트 시험 유리로 회전속도 0.04 RPM에서 72-90 시간 동안 시험된다. 블록에서 코어 샘플을 드릴링 하여 20 mm OD x 100 mm 길이의 평거를 형성하고 동적 침식률을 시험한다. 이들 샘플 (시험 당 6개까지)을 800 mm 직경 원 주위에 균일하게 분배하여 세라믹 샘플 홀더에 걸어 둔다. 시험 도중, 샘플들을 부분적으로 시험 유리가 채워진 백금 도가니에 담근다. 시험 후, 샘플들을 유리에서 꺼낸 후 냉각한다. 시험 후 샘플 잔류 부피로 샘플 직경을 따르는 침식률을 계산한다.

[0090] 하나의 실시태양에서, 물체의 동적 침식률은 약 90 μm/day 이하, 예컨대, 약 80 μm/day 이하, 약 70 μm/day 이하 또는 약 60 μm/day 이하이다. 또 다른 예시들에서, 물체의 동적 침식률은 약 50 μm/day 이상, 예컨대, 약 60 μm/day 이상, 약 70 μm/day 이상, 약 80 μm/day 이상 또는 약 90 μm/day 이상이다. 물체의 동적 침식률은 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 물체의 동적 침식률은 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0091] 본원에 기재된 바에 같이 형성되는 부품의 또 다른 특정 실시태양은 지르콘 그래인들을 포함하는 물체를 포함하

고, 몸체는 외측부 및 내측부를 가진다. 외측부 및 내측부의 교차점은 몸체 외면으로부터 5000 μm 깊이에서 측정된다. 몸체는 지르콘 그래인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상을 가진다. 유리 실리카 입계상은 유리 실리카를 포함하고, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함한다. 또한, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 약 10% 이상이다.

[0092] 다른 실시태양들에서, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 약 15% 이상, 예컨대, 약 20% 이상, 약 25% 이상, 약 30% 이상, 약 35% 이상, 약 40% 이상, 약 45% 이상, 약 50% 이상, 약 55% 이상, 약 60% 이상, 약 65% 이상, 약 70% 이상, 약 75% 이상, 약 80% 이상, 약 85% 이상, 약 90% 이상 또는 약 95% 이상이다. 또 다른 예시들에서, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 약 100%, 예컨대, 약 95% 이하, 약 90% 이하, 약 85% 이하, 약 80% 이하, 약 75% 이하, 약 70% 이하, 약 65% 이하, 약 60% 이하, 약 55% 이하, 약 50% 이하, 약 45% 이하, 약 40% 이하, 약 35% 이하, 약 30% 이하, 약 25% 이하, 약 20% 이하, 또는 약 15% 이하이다. 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0093] 특히, 몸체는 몸체 내측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도 (IC<sub>ip</sub>)에 대한 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도 (IC<sub>op</sub>)의 특정 비율을 가진다. 비율은 수학적으로 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>로 표현된다. IC<sub>op</sub>는 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타낸다. IC<sub>ip</sub>는 몸체 내측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타낸다. 소정의 실시태양들에서, 몸체의 상호연결도 비율 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>은 약 0.8 이상, 예컨대, 약 0.85 이상, 약 0.9 이상, 약 0.95 이상 또는 약 0.99 이상이다. 다른 실시태양들에서, 몸체의 상호연결도 비율 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>는 약 1이다. 또 다른 실시태양들에서, 몸체의 상호연결도 비율 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>는 약 1.2 이하, 예컨대, 약 1.15 이하, 약 1.1 이하, 약 1.1 이하 또는 약 1.05 이하이다. 상호연결도 비율 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>는 상기 임의의 최대값 및 최소값 사이의 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한 상호연결도 비율 IC<sub>op</sub>/IC<sub>ip</sub>는 상기 최대값 및 최소값 사이의 임의의 수치들 범위에 있을 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0094] 도 4는 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘 부품의 미세조직 사진이다. 도 5는 종래 방법에 따라 형성되는 지르콘 부품의 미세조직이고, 지르콘 부품 외측부를 HF 용액으로 처리하였다. 도 4 및 5에서, 지르콘 그래인들은 회색으로 보이고, 유리 실리카는 밝은 회색으로 보이고 샘플 표면에서 결보기 기공은 검은색을 보인다. 특히, 종래 방법에 따라 형성되는 지르콘 부품의 미세조직 사진에서는, 도 5에 보이는 바와 같이, 유리 실리카 (밝은 회색) 함량도 도 4에 보이는 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘 부품의 미세조직에서 보다 상당히 적다. 또한, 종래 방법에 따라 형성되는 지르콘 부품의 미세조직 사진에서는, 도 5에 보이는 바와 같이, 결보기 기공 (검은색)이 도 4에 보이는 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘 부품의 미세조직에서 보다 상당히 많다.

[0095] 도 6은 플루오르화수소 (HF)로 처리된 지르콘을 포함하는 종래 부품의 일부 사진이다. 특히, 도 5는 종래 부품 몸체 전체에 걸쳐 유리 실리카는 실질적으로 균일하게 분포되어 있지 않다는 것을 보이고, 특히 몸체 내측부에서 유리 실리카는 외측부에서 유리 실리카 함량보다 훨씬 많다.

[0096] 실시예들

[0097] 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 특정 실시예들로 돌아가, 다중 조성물들을 제조하고 시험하였다.

[0098] 표 1은 실시예들 1-9의 조성물 및 측정 물성을 요약한 것이다. 실시예들 1-9는 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘 부품의 실시예들이다.

[0099] 표 1 - 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 실시예 지르콘 재료

표 1

	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8	실시예 9
회분 중 총 FS (wt.%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4
회분 중 총 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	0.24	0.1	0.1	0.35	0.1	0.13	0.03	0.13	0.03

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	4.11	4.38	4.19	4.14	4.36	4.29	4.45	4.49	4.43
개방 기공률 (vol %)	8.0	0.4	5.9	7.2	0.2	0.9	0.1	0.2	0.4
소결 후 FS (wt. %)	1.1	0.9	0.5	1.0	0.9	0.4	0.7	0.75	0.56
크리프 속도 - 1275 °C 2 MPa - 50 h (ppm/h)	27.1	5.2	1.9	21.2	5.8				
크리프 속도 - 1300 °C 2 MPa - 50 h (ppm/h)	50.1	7.1		39				17.8	8.1
도가니 블리스터링 - LCD A 1200 °C - 360 h		낮음		낮음	낮음				
판 블리스터링 - LCD A, 1250 °C - 120h						낮음	낮음		
도가니 블리스터링 - LCD A 1250 °C - 72 h			낮음						
도가니 블리스터링 - LTPS B 1250 °C - 360 h		낮음		낮음	낮음				
RT MOR (MPa) - 4 점 굽힘 시험		113.3		88.3	128.2				
RT MOE (GPa) - ASTM C1259		227		187	226.7				
K1c (MPa.m <sup>1/2</sup> ) - ASTM E384-89 압입에 의함		1.85		1.67					
경도 (Hv) (GPa)		8.0	8.0	7.6					
개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)	155.3	157.4	156.1	155.6	156.5	154.7	159.6	161.1	159.2

[0101] 실시예들 1-9를 지르콘을 포함하는 미처리 원재료 및 기타 성분으로부터 형성하였다. 미처리 원재료를 먼저 더욱 미세한 입도로 분쇄하고 소결제 (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 또는 TiO<sub>2</sub>), 소정의 예시들에서, 기타 첨가제 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> (수정), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 등) 와 조합하여 회분을 형성하였다.

[0102] 실시예 1에 사용되는 미처리 원재료를 건식 볼 밀에서 지르콘 매질로 분쇄하였다. 밀링 공정에서 매질로부터의 오염으로 (즉, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 불순물들이 분말에 유입되었다.

[0103] 실시예들 2-9에서 사용되는 원재료를 습식 볼 밀에서 고순도 지르코니아 매질로 분쇄하였다. 슬러리 중 고체

wt.%를 슬러리 총 중량에 대하여 대략 60 wt.%로 유지하였다. 소결제 (TiO<sub>2</sub> 또는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 및 기타 첨가제를 첨가한 후 밀링하였다.

- [0104] 실시예 1에서, 회분 (batch)은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 A 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 A는 중간 (D50) 입도 3.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 A는 분쇄 재료 A 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.24 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 A는 분쇄 재료 A 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.51 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0105] 실시예 2에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 B 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 B는 중간 (D50) 입도 4.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.10 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.47 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0106] 실시예 3에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 G 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 G는 중간 (D50) 입도 4.5 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 G는 분쇄 재료 G 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.11 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 G는 분쇄 재료 G 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.45 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0107] 실시예 4에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.75 wt.% 분쇄 재료 B 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 회분 총 중량에 대하여 0.25 wt.% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 B는 중간 (D50) 입도 4.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.10 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.47 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0108] 실시예 5에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99.2 wt.% 분쇄 재료 B 및 회분 총 중량에 대하여 0.8 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 B는 중간 (D50) 입도 4.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.10 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 B는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.47 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0109] 실시예 6에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99.5 wt.% 분쇄 재료 C 및 회분 총 중량에 대하여 0.5 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 C는 중간 (D50) 입도 2.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 CB는 분쇄 재료 C 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.12 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 C는 분쇄 재료 C 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.17 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0110] 실시예 7에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99.5 wt.% 분쇄 재료 D 및 회분 총 중량에 대하여 0.5 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 D는 중간 (D50) 입도 2.9 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 D는 분쇄 재료 D 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.30 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 DB는 분쇄 재료 DB 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.4 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0111] 실시예 8에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 E 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 E는 중간 (D50) 입도 4.8 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 E는 분쇄 재료 E 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.10 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 E는 분쇄 재료 B 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0112] 실시예 9에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 F 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 F는 중간 (D50) 입도 4.9 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 F는 분쇄 재료 F 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.30 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 F는 분쇄 재료 F 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.4 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0113] 실시예 1-9에서, 조합 재료들을 분무 건조하고 분무 건조된 과립들을 실온, 압력 100MPa 및 140MPa의 냉간 등압 압축 성형기에서 블록 형상으로 압축하였다. 이후 블록들을 최고 온도 1600 ° C에서 28h 소결하였다.
- [0114] 표 2는 실시예 10 및 11의 조성물 및 물성을 요약한 것이다. 실시예 10 및 11은 종래 방법에 의해 형성되는 지르

콘 부품의 실시예들이다.

[0115] 표 2 -본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 실시예 지르콘 재료

표 2

	실시예 10	실시예 11
회분 중 총 FS (wt.%)	1.8	1.8
회분 중 총 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	0.3	0.3
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	4.26	4.26
개방 기공률 (vol %)	0.6	10.1
소결 후 FS (wt. %)	2.37	<1.0
크리프 속도 - 1275 ° C 2 MPa - 50 h (ppm/h)	4.5	6.3
크리프 속도 - 1300 ° C 2 MPa - 50 h (ppm/h)		
도가니 블리스터링 - LCD A 1200 ° C - 360 h	높음	낮음
판 블리스터링 - LCD A, 1250 ° C - 120h	높음	낮음
도가니 블리스터링 - LCD A, 1250 ° C - 72h	높음	낮음
도가니 블리스터링 - LTPS B 1250 ° C - 360 h	높음	낮음
RT MOR (MPa) - 4 점 굽힘 시험	130	39
RT MOE (GPa) - ASTM C1259	210	174
K1c (MPa.m <sup>1/2</sup> ) - ASTM E384-89 압입에 의함	1.64	1.51
경도 (Hv) (GPa)	7.3	6.0
개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)	153.3	160.7

[0117] 실시예 10에서, 미처리 원재료는 건식 분쇄 지르콘 재료를 이용하여 제조하였다. 소결제 (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)를 지르콘에 투입한 후 반죽 탱크에서 혼합하여 슬러리를 형성하였다. 이어 슬러리를 분무 건조하고 분말을 압축하고 다른 실시예들과 동일 조건에서 소성하였다.

[0118] 실시예 10에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 H 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 H는 중간 (D50) 입도 5.4 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 H는 분쇄 재료 H 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.30 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 H는 분쇄 재료 H 총 중량에 대하여 유리 실리카 1.8 wt.%를 더욱 포함하였다.

[0119] 도 7은 실시예 10에 의해 형성되는 지르콘 부품의 표면 사진이다. 실시예 10에 의해 형성되는 지르콘 부품은, 상대적으로 높은 함량의 유리 실리카를 포함하고 (즉, 지르콘 몸체 총 중량에 대하여 2 wt.% 이상), 상대적으로 높은 블리스터링 (즉, 도가니 블리스터링 또는 판 블리스터링)을 보인다.

[0120] 실시예 11에서, 미처리 원재료는 건식 분쇄 지르콘 재료를 이용하여 제조하였다. 소결제 (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)를 지르콘에 투

입한 후 반죽 탱크에서 혼합하여 슬러리를 형성하였다. 이어 슬러리를 분무 건조하고 분말을 압축하고 다른 실시예들과 동일 조건에서 소결하였다.

[0121] 실시예 11에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99 wt.% 분쇄 재료 H 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 H는 중간 (D50) 입도 5.4 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 H는 분쇄 재료 H 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.3 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 H는 분쇄 재료 H 총 중량에 대하여 유리 실리카 1.8 wt.%를 더욱 포함하였다.

[0122] 실시예 11에서, 블록 형성 후, 재료를 실온에서 20% HF 수용액에 72 시간 동안 두었다. 이러한 과정에서, 몸체 외측부에서 그레이н 경계에 존재하는 대부분의 유리 실리카는 제거된다. 이러한 처리는 기계적 강도를 약화시키고 따라서 바람직하지 않았다.

[0123] 표 3은 실시예 12-16의 조성물 및 측정 물성을 요약한 것이다. 실시예 12-16은 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 지르콘 부품의 추가 실시예들이다.

[0124] 표 3 - 본원에 기재된 실시태양들에 의해 형성되는 실시예 지르콘 재료

표 3

[0125]

	실시예 12	실시예 13	실시예 14	실시예 15	실시예 16	실시예 17	실시예 18	실시예 19	실시예 20
회분 중 총 FS (wt.%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
회분 중 총 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	0.2	0.15	0.2	0.18	0.24	0.21	0.23	0.27	0.32
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	4.19	4.37	4.23	4.22	4.09	4.27	4.15	4.09	4.05
개방 기공률 (vol %)	5.4	0.2	2.8	5.0	8.79	4.0	6.7	8.04	9.21
소결 후 FS (wt. %)	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
크리프 속도 - 1275 °C 2 MPa - 50 h (ppm/h)	4.7	6.5	3.6	5.6	7.0	5.1	4.6	5.3	7.1
크리프 속도 - 1300 °C 2 MPa - 50 h (ppm/h)				11.2	15.2				
도가니 블리 스테어링 - LCD A 1200 °C - 360 h		낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
판 블리 스테어링 - LCD A 1250 °C - 120h									
도가니 블리 스테어링 - LCD A 1250 °C - 72 h	낮음								
도가니 블리 스테어링 - LTPS B 1250 °C - 360 h			낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
RT MOR (MPa) - 4 점 굽힘 시험			131						

RT MOE (GPa) - ASTM C1259			147						
K1c (MPa.m <sup>1/2</sup> ) - ASTM E384-89 압입에 의함				1.67					
경도 (Hv) (GPa)				7.6					
개방 기공률 / 밀도 제로 점 (PDZP)	155.6	156.9	154.4	156.3	155.4	157.1	155.5	154.7	154.4

- [0126] 실시예들 12-20을 지르콘을 포함하는 원재료 및 기타 성분으로부터 형성하였다. 미처리 원재료를 먼저 더욱 미세한 입도로 분쇄하고 소결제 (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 또는 TiO<sub>2</sub>), 소정의 예시들에서, 기타 첨가제 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> (수정), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 등) 와 조합하여 회분을 형성하였다.
- [0127] 실시예들 12-20에서 사용되는 미처리 원재료를 제트 밀에서 분쇄하였다. 소결제 (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 및 기타 첨가제를 첨가한 후 밀링하였다.
- [0128] 실시예 12에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.95 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도 5.0 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0129] 실시예 13에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 99.0 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도 5.0 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0130] 실시예 14에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.95 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도 5.0 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0131] 실시예 15에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.95 wt.% 분쇄 재료 J 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 J는 중간 (D50) 입도 3.5 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 J는 분쇄 재료 J 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.12 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 J는 분쇄 재료 J 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0132] 실시예 16에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.95 wt.% 분쇄 재료 J 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 J는 중간 (D50) 입도 3.5 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 J는 분쇄 재료 J 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.12 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 J는 분쇄 재료 J 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0133] 실시예 17에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.94 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도 5.0 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.
- [0134] 실시예 18에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.92 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도 5.0 μm로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량

에 대하여  $Al_2O_3$  0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.

[0135] 실시예 19에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.88 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.%  $Ta_2O_5$ 를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도  $5.0 \mu m$ 로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.

[0136] 실시예 20에서, 회분은 회분 총 중량에 대하여 대략 98.84 wt.% 분쇄 재료 I 및 회분 총 중량에 대하여 1 wt.%  $Ta_2O_5$ 를 포함한다. 분쇄 재료 I는 중간 (D50) 입도  $5.0 \mu m$ 로 분쇄되었다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  0.15 wt.%를 포함하였다. 분쇄 재료 I는 분쇄 재료 I 총 중량에 대하여 유리 실리카 0.5 wt.%를 더욱 포함하였다. 회분 총량은 100%가 되었다.

[0137] 실시예 12-20에서, 조합 재료들은 분무 건조되고 분무 건조된 과립들을 실온, 압력 100MPa 및 140MPa의 냉간 등압 압축 성형기에서 블록 형상으로 압축하였다. 이후 블록들을 최고 온도  $1600^\circ C$ 에서 28h 소결하였다.

[0138] 실시예 2-7 및 12-16에 의해 형성되는 지르콘 부품은, 상대적으로 낮은 함량의 유리 실리카 (즉, 지르콘 몸체 총 중량에 대하여 2 wt.% 이하)를 포함하고 특히 실시예 10에 의해 형성되는 지르콘 부품과 비교할 때 상대적으로 낮은 블리스터링 (즉, 도가니 블리스터링 또는 판 블리스터링)을 보였다는 점에 주목하여야 한다. 도 8은 실시예 14에 의해 형성되는 지르콘 부품 표면 사진이고 상대적으로 낮은 블리스터링을 보인다.

[0139] 다시 도 3을 참조하면, 데이터 점들(301)은 실시예 3, 12 및 14-18에 대한 밀도에 대한 개방 기공률의 비율 (OP/D)에 해당한다. 데이터 점 (302)는 종래 실시예 10의 밀도에 대한 개방 기공률의 비율 (OP/D)에 해당하고 데이터 점 (303)은 종래 실시예 11의 밀도에 대한 개방 기공률의 비율 (OP/D)에 해당한다.

[0140] 본원은 본 분야의 기술 상태에서 벗어난 것이다. 특히, 본원의 실시태양들은 종래 방법에 의해 형성되는 지르콘 부품보다 개선되고 예기치 못한 효능을 보인다. 특정 이론에 구속되지 않고, 소정의 공정의 조합으로, 예를들면, 밀링 공정은 특유한 특징부들의 조합, 제한되지는 않지만, 최종 형성된 지르콘 부품에서 유리 실리카 분포, 유리 실리카 함량, 최종 형성된 지르콘 부품의 겉보기 기공률, 블리스터링, 및 최종 형성된 지르콘 부품 기계적 특성, 예컨대 파괴인성 (K1c), 파단계수 (MoR), 밀도, 탄성계수 (MoE) 및 비커스 경도를 가지는 부품 형성에 특히 적합한 원재료 형성을 가능하게 하는 것으로 판단된다.

[0141] 포괄적인 설명 또는 실시예들에서 상기되는 모든 작용들이 요구되지는 않으며, 특정한 작용의 일부는 요구되지 않을 수 있으며, 하나 이상의 다른 작용이 기술된 것들에 추가하여 실행될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 게다가, 작용들이 나열되는 순서가 반드시 이들이 실행되는 순서일 필요는 없다. 본원 실시태양들의 특성 또는 특징의 임의 값들은 통계적으로 연관되는 샘플 크기로부터 유도되는 평균 또는 중간 값들을 나타낸다. 달리 언급되지 않는 한, 조성은 총 100% 기준이고 및 성분들 총 함량은 100%를 초과하지 않는다.

[0142] 상기 명세서에서, 특정 실시태양들을 참고하여 개념을 설명하였다. 그러나, 당업자는 하기 발명의 범위에서 벗어나지 않고도 다양한 변경 및 변형이 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 명세서 및 도면은 제한적이 아닌 예시적인 것으로 간주되고, 이러한 모든 변형은 본 발명의 범위에 포괄될 의도이다.

[0143] 본원에서 사용되는 용어 "구성한다(comprises)", "구성하는(comprising)", "포함한다(includes)", "포함하는(including)", "가진다(has)", "가지는(having)" 또는 이들의 임의의 다른 변형은 비배타적인 포함을 커버하기 위한 것이다. 예를들면, 특징부들의 목록을 포함하는 공정, 방법, 물품, 또는 장치는 반드시 이러한 특징부들에만 한정될 필요는 없으며 명시적으로 열거되지 않거나 이와 같은 공정, 방법, 물품, 또는 장치에 고유한 다른 특징부들을 포함할 수 있다. 게다가, 명시적으로 반대로 기술되지 않는다면, "또는"은 포괄적인 의미의 "또는"을 가리키며 배타적인 의미의 "또는"을 가리키지 않는다. 예를들면, 조건 A 또는 B는 다음 중의 어느 하나에 의해 만족된다: A가 참이고 (또는 존재하고) B는 거짓이며 (또는 존재하지 않으며), A가 거짓이고 (또는 존재하지 않고) B는 참이며 (또는 존재하며), A와 B 모두가 참 (또는 존재한다)이다.

[0144] 또한, "하나의 (a)" 또는 "하나의 (an)"은 여기에서 설명되는 요소들과 구성요소들을 설명하는데 사용된다. 이는 단지 편의성을 위해 그리고 본 발명의 범위의 일반적인 의미를 부여하기 위해 행해진다. 이 설명은 하나 또는 적어도 하나를 포함하는 것으로 읽혀져야 하며, 다르게 의미한다는 것이 명백하지 않다면 단수는 또한 복수를 포함한다.

- [0145] 장점들, 다른 이점들, 및 문제점들에 대한 해결방안이 특정한 실시태양들과 관련하여 상기되었다. 그러나, 장점들, 이점들, 문제점에 대한 해결방안, 및 임의의 장점, 이점, 또는 해결방안을 발생하게 하거나 더 현저하게 할 수 있는 임의의 특징(들)이 청구항들의 일부 또는 전부의 중요하거나, 요구되거나, 또는 필수적인 특징으로 해석되지 말아야 한다.
- [0146] 본 명세서를 읽은 후, 당업자는 본원에서 명료성을 위하여 별도 실시태양들로 기재된 소정의 특징부들이 단일 실시태양으로 조합되어 제공될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 역으로, 간결성을 위하여 단일 실시태양으로 기재된 다양한 특징부들이 별도 또는 임의의 부조합으로 제공될 수 있는 것이다. 또한, 범위로 언급된 수치들은 범위 내에서 각각 및 모든 값을 포함하는 것이다.
- [0147] 항목 1. 부품으로서, 지르콘 그레이인을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체; 및 지르콘 그레이인들 사이에 존재하고 실질적으로 몸체에 균일하게 분포하는 유리 실리카 입계상; 를 포함하고, 상기 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하는, 부품.
- [0148] 항목 2. 부품으로서, 지르콘 그레이인을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체; 및 지르콘 그레이인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상; 를 포함하고, 상기 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하고; 및  $P_{op}/P_{ip}$  비율이 약 2 이하이고,  $P_{op}$  는 부피%로 측정되는 몸체 외측부 겉보기 기공률을 나타내고,  $P_{ip}$  는 부피%로 측정되는 몸체 내측부 겉보기 기공률을 나타내는, 부품.
- [0149] 항목 3. 부품으로서, 지르콘 그레이인을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체; 및 지르콘 그레이인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상; 를 포함하고, 상기 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하고; 및 몸체는 다음으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 특성을 포함하는 부품: 파괴인성 ( $K1c$ )은 약  $1.55 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$  이상; 파괴계수 (MoR)는 약 60 MPa 이상; 밀도는 약  $4.0 \text{ g/cm}^3$  이상; 탄성계수 (MoE)는 약 175 GPa 이상; 비커스 경도는 약 6.0 GPa 이상; 및 이들 조합.
- [0150] 항목 4. 부품으로서, 지르콘 그레이인을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체; 및 지르콘 그레이인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상; 를 포함하고, 상기 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하고; 및 몸체의 동적 침식률은 약  $100 \mu\text{m}/\text{일}$  이하인, 부품.
- [0151] 항목 5. 부품으로서, 지르콘 그레이인을 포함하고 외측부 및 내측부를 가지는 몸체; 및 지르콘 그레이인들 사이에 존재하는 유리 실리카 입계상; 를 포함하고, 상기 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하고; 및 몸체 외측부에서 입계상의 상호연결도는 약 10% 이상인, 부품.
- [0152] 항목 6. 항목 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 유리 실리카는 실질적으로 몸체에 균일하게 분포되는, 부품.
- [0153] 항목 7. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체  $K1c$ 는 약  $1.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.65 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$  및  $4.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$  이상인, 부품.
- [0154] 항목 8. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체  $K1c$ 는 약  $4.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $4.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $3.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $2.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$ ,  $1.65 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$  및  $1.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-0.5}$  이하인, 부품.
- [0155] 항목 9. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체 비커스 경도는 약 6.0 GPa, 6.1 GPa, 6.2 GPa, 6.3 GPa, 6.4 GPa, 6.5 GPa, 6.6 GPa, 6.7 GPa, 6.8 GPa, 6.9 GPa, 7.0 GPa, 7.1 GPa, 7.2 GPa, 7.3 GPa, 7.4 GPa, 7.5 GPa, 7.6 GPa, 7.7 GPa, 7.8 GPa 및 7.9 GPa 이상인, 부품.
- [0156] 항목 10. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체 비커스 경도는 약 8.0 GPa, 7.9 GPa, 7.8 GPa, 7.7 GPa, 7.6 GPa, 7.5 GPa, 7.4 GPa, 7.3 GPa, 7.2 GPa, 7.1 GPa, 7.0 GPa, 6.9 GPa, 6.8 GPa, 6.7 GPa, 6.6

GPa, 6.5 GPa, 6.4 GPa, 6.3 GPa, 6.2 GPa 및 6.1 GPa 이하인, 부품.

- [0157] 항목 11. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1.9 wt.%, 1.8 wt.%, 1.7 wt.%, 1.6 wt.%, 1.5 wt.%, 1.4 wt.%, 1.3 wt.%, 1.2 wt.%, 1.1 wt.%, 1.0 wt.%, 0.9 wt.%, 0.8 wt.%, 0.7 wt.%, 0.6 wt.%, 0.5 wt.%, 0.4 wt.%, 0.3 wt.% 및 0.2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하는, 부품.
- [0158] 항목 12. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.%, 0.2 wt.%, 0.3 wt.%, 0.4 wt.%, 0.5 wt.%, 0.6 wt.%, 0.7 wt.%, 0.8 wt.%, 0.9 wt.%, 1.0 wt.%, 1.1 wt.%, 1.2 wt.%, 1.3 wt.%, 1.4 wt.%, 1.5 wt.%, 1.6 wt.%, 1.7 wt.%, 1.8 wt.% 및 1.9 wt.% 이상의 유리 실리카를 포함하는, 부품.
- [0159] 항목 13. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 소결체를 포함하는, 부품.
- [0160] 항목 14. 항목 13에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.2 wt.%, 0.3 wt.%, 0.4 wt.%, 0.5 wt.%, 0.6 wt.%, 0.7 wt.%, 0.8 wt.%, 0.9 wt.%, 1.0 wt.%, 1.1 wt.%, 1.2 wt.%, 1.3 wt.% 및 1.4 wt.% 이상의 소결체를 포함하는, 부품.
- [0161] 항목 15. 항목 13에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1.5 wt.%, 1.4 wt.%, 1.3 wt.%, 1.2 wt.%, 1.1 wt.%, 1.0 wt.%, 0.9 wt.%, 0.8 wt.%, 0.7 wt.%, 0.6 wt.%, 0.5 wt.%, 0.4 wt.% 및 0.3 wt.% 이하의 소결체를 포함하는, 부품.
- [0162] 항목 16. 항목 13에 있어서, 몸체의  $CB_{SA}/CB_{FS}$  비율은 약 15, 10, 5, 1, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 및 0.1 이하이고,  $CB_{SA}$  는 몸체 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%를 나타내고, 및  $CB_{FS}$  는 몸체 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%를 나타내는, 부품.
- [0163] 항목 17. 항목 13에 있어서, 몸체의  $CB_{SA}/CB_{FS}$  비율은 약 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1, 5, 10 및 14 이상이고,  $CB_{SA}$  는 몸체 총 중량에 대하여 소결체 함량 wt.%를 나타내고, 및  $CB_{FS}$  는 몸체 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%를 나타내는, 부품.
- [0164] 항목 18. 항목 13에 있어서, 소결체는  $Ta_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  및 이들 조합으로 이루어진 군에서 선택되고, 소결체는 실질적으로  $Ta_2O_5$ 로 이루어지는, 부품.
- [0165] 항목 19. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.5 wt.%, 0.45 wt.%, 0.4 wt.%, 0.35 wt.%, 0.3 wt.%, 0.25 wt.%, 0.2 wt.%, 0.15 wt.%, 0.1 wt.% 및 0.05 wt.% 이하인, 부품.
- [0166] 항목 20. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 0.01 wt.%, 0.05 wt.% 및 0.1 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 부품.
- [0167] 항목 21. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체에 있는 지르콘 그래인들 총 중량에 대하여 약 0.5 wt.%, 0.45 wt.%, 0.4 wt.%, 0.35 wt.%, 0.3 wt.%, 0.25 wt.%, 0.2 wt.%, 0.15 wt.%, 0.1 wt.%, 0.05 wt.% 및 0.01 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 부품.
- [0168] 항목 22. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체에 있는 지르콘 그래인들 총 중량에 대하여 약 0.001 wt.%, 0.01 wt.%, 0.05 wt.% 및 0.1 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 부품.
- [0169] 항목 23. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$  비율은 약 5, 3, 1, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.01 및 0.005 이하이고,  $CB_{Al2O3}$  는 몸체 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%이고,  $CB_{FS}$  는 몸체 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%인, 부품.
- [0170] 항목 24. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $CB_{Al2O3}/CB_{FS}$  비율은 약 0.0025, 0.005, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 및 0.9 이상이고,  $CB_{Al2O3}$  는 몸체 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%이고,  $CB_{FS}$  는 몸체 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%인, 부품.

- [0171] 항목 25. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $CB_{Al_{1203}}/CB_{ZrSiO_4}$  비율은 약 0.007, 0.006, 0.005, 0.004, 0.003, 0.002 및 0.001 이하이고,  $CB_{Al_{1203}}$  는 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%이고,  $CB_{ZrSiO_4}$  는 몸체 총 중량에 대하여  $ZrSiO_4$  함량 wt.%인, 부품.
- [0172] 항목 26. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $CB_{Al_{1203}}/CB_{ZrSiO_4}$  비율은 약 0.0001, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 및 0.006 이상이고,  $CB_{Al_{1203}}$  는 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%이고,  $CB_{ZrSiO_4}$  는 몸체 총 중량에 대하여  $ZrSiO_4$  함량 wt.%인, 부품.
- [0173] 항목 27. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 지르콘 그래인들은 처리된 지르콘 입자들에서 형성되는, 부품.
- [0174] 항목 28. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들은 분쇄되는, 부품.
- [0175] 항목 29. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 1  $\mu m$ , 2  $\mu m$ , 3  $\mu m$ , 4  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 6  $\mu m$ , 7  $\mu m$ , 8  $\mu m$ , 9  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 12  $\mu m$  및 14  $\mu m$  이상인, 부품.
- [0176] 항목 30. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 15  $\mu m$ , 14  $\mu m$ , 12  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 9  $\mu m$ , 8  $\mu m$ , 7  $\mu m$ , 6  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 4  $\mu m$ , 3  $\mu m$ , 2  $\mu m$  및 1  $\mu m$  이하인, 부품.
- [0177] 항목 31. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 D90 그래인 크기는 약 40  $\mu m$ , 30  $\mu m$ , 20  $\mu m$ , 15  $\mu m$  및 10  $\mu m$  이하인, 항목 32. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 D90 그래인 크기는 약 5  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 15  $\mu m$ , 20  $\mu m$  및 30  $\mu m$  이상인, 부품.
- [0178] 항목 33. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 D10 그래인 크기는 약 0.2  $\mu m$ , 0.5  $\mu m$ , 0.8  $\mu m$  및 1.0  $\mu m$  이상인, 부품.
- [0179] 항목 34. 항목 27에 있어서, 지르콘 입자들의 D10 그래인 크기는 약 1.1  $\mu m$ , 1.0  $\mu m$ , 0.8  $\mu m$ , 및 0.5  $\mu m$  이하인, 부품.
- [0180] 항목 35. 항목 27에 있어서, 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 1  $\mu m$ , 2  $\mu m$ , 3  $\mu m$ , 4  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 6  $\mu m$ , 7  $\mu m$ , 8  $\mu m$ , 9  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 12  $\mu m$  및 14  $\mu m$  이상인, 부품.
- [0181] 항목 36. 항목 27에 있어서, 지르콘 그래인들의 중간 그래인 크기 (D50)는 약 20  $\mu m$ , 19  $\mu m$ , 18  $\mu m$ , 17  $\mu m$ , 16  $\mu m$ , 15  $\mu m$ , 14  $\mu m$ , 13  $\mu m$ , 12  $\mu m$  및 10  $\mu m$  이하인, 부품.
- [0182] 항목 37. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 95 wt.%, 96 wt.%, 97 wt.%, 98 wt.%, 99 wt.% 및 99.5 wt.% 이상의 지르콘을 포함하는, 부품.
- [0183] 항목 38. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 99.9 wt.%, 99.5 wt.%, 99 wt.%, 98 wt.%, 97 wt.% 및 96 wt.% 이하의 지르콘을 포함하는, 부품.
- [0184] 항목 39. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 밀도는 약 4  $g/cm^3$ , 1  $g/cm^3$ , 4.2  $g/cm^3$ , 4.3  $g/cm^3$  및 4.4  $g/cm^3$  이상인, 부품.
- [0185] 항목 40. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 밀도는 약 4.5  $g/cm^3$ , 4.4  $g/cm^3$ , 4.3  $g/cm^3$ , 4.2  $g/cm^3$  및 4.1  $g/cm^3$  이하인, 부품.
- [0186] 항목 41. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 크리프 변형 속도는 1300 °C에서 측정될 때 약 50 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 40 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 30 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 20 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 10 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 5 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 3 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 1.5 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 1.0 ppm/h, 1300 °C에서 측정될 때 0.5 ppm/h 및 1300 °C에서 측정될 때 0.25 ppm/h 이하인, 부품.
- [0187] 항목 42. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 크리프 변형 속도는 1275 °C에서 측정될 때 약 30 ppm/h, 1275 °C에서 측정될 때 20 ppm/h, 1275 °C에서 측정될 때 10 ppm/h 및 1275 °C에서 측정될 때 5 ppm/h 이하인, 부품.

- [0188] 항목 43. 항목 2에 있어서, 몸체의  $P_{op}/P_{ip}$  비율은 약 1.9, 1.8, 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 1.3, 1.2 및 1.1 이하인, 부품.
- [0189] 항목 44. 항목 2에 있어서, 몸체의  $P_{op}/P_{ip}$  비율은 약 1인, 부품.
- [0190] 항목 45. 항목 2에 있어서, 몸체의  $P_{op}/P_{ip}$  비율은 약 0.8, 0.85, 0.9 및 0.95 이상인, 부품.
- [0191] 항목 46. 항목 2에 있어서, 몸체 외측부는 몸체 외부 표면으로부터 약 5000  $\mu\text{m}$  이하의 깊이까지 연장되는, 부품.
- [0192] 항목 47. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하의 희토류 산화물을 포함하는, 부품.
- [0193] 항목 48. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하의 알칼리 산화물을 포함하는, 부품.
- [0194] 항목 49. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하의 알칼리 토금속 산화물을 포함하는, 부품.
- [0195] 항목 50. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량에 대하여 약 1 wt.% 이하의  $B_2O_3$ 를 포함하는, 부품.
- [0196] 항목 51. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체는 몸체 총 중량의 약 0.5 wt.%, 0.4 wt.%, 0.3 wt.%, 0.2 wt.%, 0.01 wt.% 및 0.001 wt.% 이하의  $H_2SiF_6$ ,  $K_2SiF_6$  및  $(NH_4)_2SiF_6$ 로 이루어진 군에서 선택되는 화합물을 포함하는, 부품.
- [0197] 항목 52. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 약 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90% 및 95% 이상인, 부품.
- [0198] 항목 53. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도는 약 100%, 95%, 90%, 85%, 80%, 75%, 70%, 65%, 60%, 55%, 50%, 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 및 15% 이하인, 부품.
- [0199] 항목 54. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $IC_{op}/IC_{ip}$  비율은 약 0.8, 0.85, 0.9, 0.95 및 0.99 이상이고,  $IC_{op}$  는 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타내고  $IC_{ip}$  는 몸체 내측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타내는, 부품.
- [0200] 항목 55. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의  $IC_{op}/IC_{ip}$  비율은 약 1.0이고,  $IC_{op}$  는 몸체 외측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타내고  $IC_{ip}$  는 몸체 내측부에서 유리 실리카 입계상의 상호연결도를 나타내는, 부품.
- [0201] 항목 56. 지르콘 부품 형성 방법으로서, 지르콘 그레인들을 포함하는 원재료 분말 제공 단계; 및 원재료를 소결하여 지르콘 그레인들 및 지르콘 그레인들 사이에 존재하고 실질적으로 몸체에 균일하게 분포되는 유리 실리카 입계상을 포함하는 몸체를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.
- [0202] 항목 57. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 2.0 wt.%, 1.9 wt.%, 1.8 wt.%, 1.7 wt.%, 1.6 wt.%, 1.5 wt.%, 1.4 wt.%, 1.3 wt.%, 1.2 wt.%, 1.1 wt.%, 1.0 wt.%, 0.9 wt.%, 0.8 wt.%, 0.7 wt.%, 0.6 wt.%, 0.5 wt.%, 0.4 wt.%, 0.3 wt.% 및 0.2 wt.% 이하의 유리 실리카를 포함하는, 방법.
- [0203] 항목 58. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.1 wt.%, 0.2 wt.%, 0.3 wt.%, 0.4 wt.%, 0.5 wt.%, 0.6 wt.%, 0.7 wt.%, 0.8 wt.%, 0.9 wt.%, 1.0 wt.%, 1.1 wt.%, 1.2 wt.%, 1.3 wt.%, 1.4 wt.%, 1.5 wt.%, 1.6 wt.%, 1.7 wt.%, 1.8 wt.% 및 1.9 wt.% 이상의 유리 실리카를 포함하는, 방법.
- [0204] 항목 59. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.5 wt.%, 0.45 wt.%, 0.4 wt.%, 0.35 wt.%, 0.3 wt.%, 0.25 wt.%, 0.2 wt.%, 0.15 wt.%, 0.1 wt.% 및 0.05 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 방법.
- [0205] 항목 60. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말 총 중량에 대하여 약 0.01 wt.%, 0.05 wt.%, 0.1

wt.%, 0.15 wt.%, 0.2 wt.%, 0.25 wt.%, 0.3 wt.%, 0.35 wt.%, 0.4 wt.% 및 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 방법.

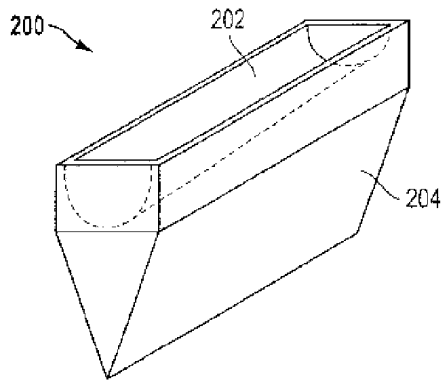
- [0206] 항목 61. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말에서 지르콘 그래인들 총 중량에 대하여 약 0.5 wt.%, 0.45 wt.%, 0.4 wt.%, 0.35 wt.%, 0.3 wt.%, 0.25 wt.%, 0.2 wt.%, 0.15 wt.%, 0.1 wt.%, 0.05 wt.% 및 0.01 wt.% 이하의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 방법.
- [0207] 항목 62. 항목 56에 있어서, 원재료 분말은 원재료 분말에서 지르콘 그래인들 총 중량에 대하여 약 0.001 wt.%, 0.01 wt.%, 0.05 wt.%, 0.1 wt.%, 0.15 wt.%, 0.2 wt.%, 0.25 wt.%, 0.3 wt.%, 0.35 wt.%, 0.4 wt.% 및 0.45 wt.% 이상의  $Al_2O_3$  를 포함하는, 방법.
- [0208] 항목 63. 항목 56에 있어서, 원재료 분말의  $CP_{Al2O3}/CP_{FS}$  비율은 약 5, 3, 1, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.01 및 0.005 이하이고,  $CP_{Al2O3}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%를 나타내고,  $CP_{FS}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%를 나타내는, 방법.
- [0209] 항목 64. 항목 56에 있어서, 원재료 분말의  $CP_{Al2O3}/CP_{FS}$  비율은 약 0.0025, 0.005, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 및 0.9 이상이고,  $CP_{Al2O3}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%를 나타내고,  $CP_{FS}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여 유리 실리카 함량 wt.%를 나타내는, 방법.
- [0210] 항목 65. 항목 56에 있어서, 원재료 분말의  $CP_{Al2O3}/CP_{ZrSiO4}$  비율은 약 0.007, 0.006, 0.005, 0.004, 0.003, 0.002 및 0.001 이하이고,  $CP_{Al2O3}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%를 나타내고,  $CP_{ZrSiO4}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $ZrSiO_4$  함량 wt.%를 나타내는, 방법.
- [0211] 항목 66. 항목 56에 있어서, 원재료 분말의  $CP_{Al2O3}/CP_{ZrSiO4}$  비율은 약 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005, 및 0.006 이상이고,  $CP_{Al2O3}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $Al_2O_3$  함량 wt.%를 나타내고,  $CP_{ZrSiO4}$  는 원재료 분말 총 중량에 대하여  $ZrSiO_4$  함량 wt.%를 나타내는, 방법.
- [0212] 항목 67. 항목 56에 있어서, 원재료 분말 제공단계는 원재료 분말 밀링 단계를 포함하는, 방법.
- [0213] 항목 68. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 중간 그래인 크기 (D50) 약 15  $\mu m$ , 14  $\mu m$ , 12  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 9  $\mu m$ , 8  $\mu m$ , 7  $\mu m$ , 6  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 4  $\mu m$ , 3  $\mu m$ , 2  $\mu m$  및 1  $\mu m$  이하로 분쇄되는, 방법.
- [0214] 항목 69. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 중간 그래인 크기 (D50) 약 2  $\mu m$ , 3  $\mu m$ , 4  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 6  $\mu m$ , 7  $\mu m$ , 8  $\mu m$ , 9  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 12  $\mu m$  및 14  $\mu m$  이상으로 분쇄되는, 방법.
- [0215] 항목 70. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 D90 그래인 크기 약 40  $\mu m$ , 30  $\mu m$ , 20  $\mu m$ , 15  $\mu m$  및 10  $\mu m$  이하로 조절되는, 방법.
- [0216] 항목 71. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 D90 그래인 크기 약 5  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 15  $\mu m$ , 20  $\mu m$  및 30  $\mu m$  이상으로 조절되는, 방법.
- [0217] 항목 72. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 D10 그래인 크기 약 0.2  $\mu m$ , 0.5  $\mu m$ , 0.8  $\mu m$  및 1.0  $\mu m$  이상으로 조절되는, 방법.
- [0218] 항목 73. 항목 67에 있어서, 원재료 분말은 D10 그래인 크기 약 1.1  $\mu m$ , 1.0  $\mu m$ , 0.8  $\mu m$ , 및 0.5  $\mu m$  이하로 조절되는, 방법.
- [0219] 항목 74. 항목 56에 있어서, 소결체를 제공하는 단계, 원재료 소결 전에 원재료 분말 및 소결체를 조합하여 조합 재료 혼합물을 형성하는 단계를 더욱 포함하는, 방법.
- [0220] 항목 75. 항목 74에 있어서, 조합 재료 혼합물의 소결체 함량은 조합 재료 혼합물 총 중량에 대하여 약 0.5 wt.%, 0.6 wt.%, 0.7 wt.%, 0.8 wt.%, 0.9 wt.%, 1.0 wt.%, 1.1 wt.%, 1.2 wt.%, 1.3 wt.% 및 1.4 wt.% 이상인, 방법.
- [0221] 항목 76. 항목 74에 있어서, 조합 재료 혼합물의 소결체 함량은 조합 재료 혼합물 총 중량에 대하여 약 1.5 wt.%, 1.4 wt.%, 1.3 wt.%, 1.2 wt.%, 1.1 wt.%, 1.0 wt.%, 0.9 wt.%, 0.8 wt.%, 0.7 wt.%, 0.6 wt.%, 0.5

wt.%, 0.4 wt.% 및 0.3 wt.% 이하인, 방법.

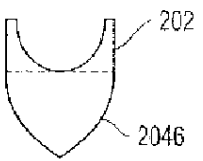
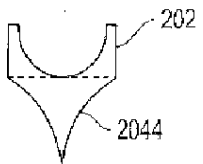
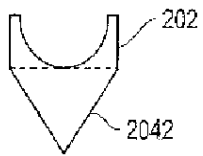
- [0222] 항목 77. 항목 74에 있어서, 조합 재료 혼합물의  $CP_{SA}/CP_{FS}$  비율은 약 15, 10, 5, 1, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 및 0.1 이하이고,  $CP_{SA}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량에 대한 소결제 함량 wt.%이고,  $CP_{FS}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량에 대한 유리 실리카 함량 wt.%인, 방법.
- [0223] 항목 78. 항목 74에 있어서, 조합 재료 혼합물의  $CP_{SA}/CP_{FS}$  비율은 약 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1, 5, 10 및 14 이상이고,  $CP_{SA}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량에 대한 소결제 함량 wt.%이고,  $CP_{FS}$  는 조합 재료 혼합물 총 중량에 대한 유리 실리카 함량 wt.%인, 방법.
- [0224] 항목 79. 항목 74에 있어서, 소결제는  $Ta_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$  및 이들 조합으로 이루어진 군에서 선택되고, 소결제는 실질적으로  $Ta_2O_5$ 로 이루어지는, 방법.
- [0225] 항목 80. 항목 74에 있어서, 조합 재료 혼합물 소결 전에 조합 재료 혼합물을 분무 건조하는 단계를 더욱 포함하는, 방법.
- [0226] 항목 81. 항목 80에 있어서, 분무 건조된 조합 재료 혼합물을 등압 압축 성형하여 블랭크를 형성하는 단계를 더욱 포함하는, 방법.
- [0227] 항목 82. 항목 81에 있어서, 건조된 조합 재료 혼합물은 약 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, 130 MPa, 140 MPa 및 150 MPa 이상의 압력으로 압축되는, 방법.
- [0228] 항목 83. 항목 81에 있어서, 블랭크는 적어도 하나의 치수가 약 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm, 700 mm 및 800 mm 이상인, 방법.
- [0229] 항목 84. 항목 56에 있어서, 원재료 소결 단계는 원재료 가열 단계를 포함하는, 방법.
- [0230] 항목 85. 항목 84에 있어서, 원재료 가열 단계는 약 30 일, 35 일, 40 일, 45 일, 50 일, 55 일, 60 일, 65 일, 70 일, 75 일, 80 일 및 85 일 이상의 가열 지속 시간 동안 원재료를 가열하는 단계를 포함하는, 방법.
- [0231] 항목 86. 항목 84에 있어서, 원재료 가열 단계는 약 90 일, 85 일, 80 일, 75 일, 70 일, 65 일, 60 일, 55 일, 50 일, 45 일 및 40 일 이하의 가열 지속 시간 동안 원재료를 가열하는 단계를 포함하는, 방법.
- [0232] 항목 87. 항목 84에 있어서, 원재료 가열 단계는 약 1500 °C, 1550 °C 및 1600 °C 이상에서의 원재료 가열 단계를 포함하는, 방법.
- [0233] 항목 88. 항목 84에 있어서, 원재료 가열 단계는 약 1650 °C, 1600 °C, 및 1550 °C 이하에서의 원재료 가열 단계를 포함하는, 방법.
- [0234] 항목 89. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 개방 기공률은 몸체 총 부피에 대하여 약 10 vol.%, 9 vol.%, 8 vol.%, 7 vol.%, 6 vol.%, 5 vol.%, 4 vol.%, 3 vol.%, 2 vol.%, 1 vol.%, 0.5 vol.%, 및 0.1 vol% 이하인, 부품.
- [0235] 항목 90. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 개방 기공률은 몸체 총 부피에 대하여 적어도 약 0.001 vol.%, 0.01 vol.%, 0.1 vol.%, 0.5 vol.%, 1 vol.%, 2 vol.%, 3 vol.%, 4 vol.%, 5 vol.%, 6 vol.%, 7 vol.%, 및 8 vol%인, 부품.
- [0236] 항목 91. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)은 적어도 약 154이고, PDZP는 식  $PDZP=OP+35.844*D$ 로 정의되고, 식 중 D는 몸체 밀도이고 OP는 몸체의 개방 기공률인, 부품.
- [0237] 항목 92. 항목 91에 있어서, 몸체의 개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)은 적어도 약 155, 적어도 약 156, 적어도 약 157 및 적어도 약 158인, 부품.
- [0238] 항목 93. 항목 1, 2, 3, 4 또는 5 중 어느 하나에 있어서, 몸체의 개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)은 약 159 이하이고, PDZP는 식  $PDZP=OP+35.844*D$ 로 정의되고, 식 중 D는 몸체 밀도이고 OP는 몸체의 개방 기공률인, 부품.
- [0239] 항목 94. 항목 93에 있어서, 몸체의 개방 기공률/밀도 제로점 (PDZP)은 약 158 이하, 약 157 이하, 약 156 이하 및 약 155 이하인, 부품.

도면

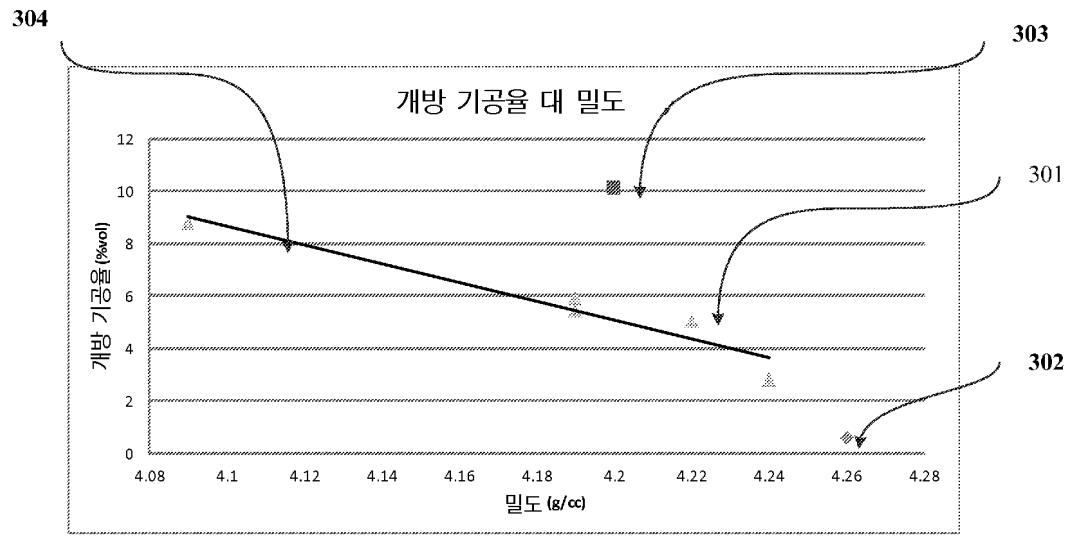
도면1



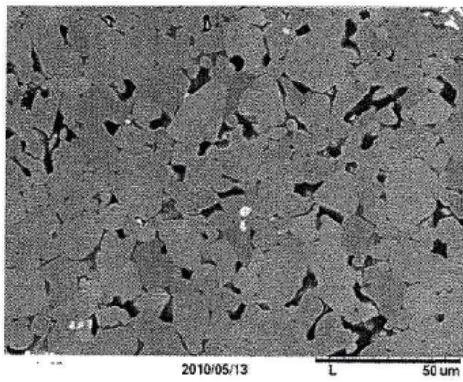
도면2



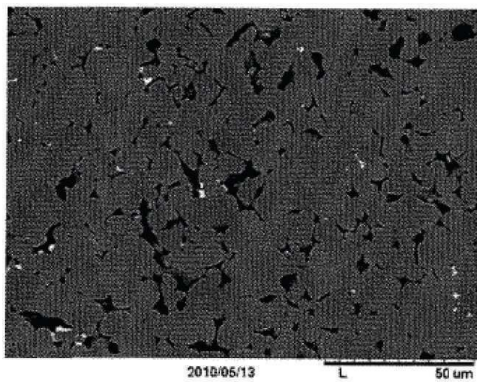
도면3



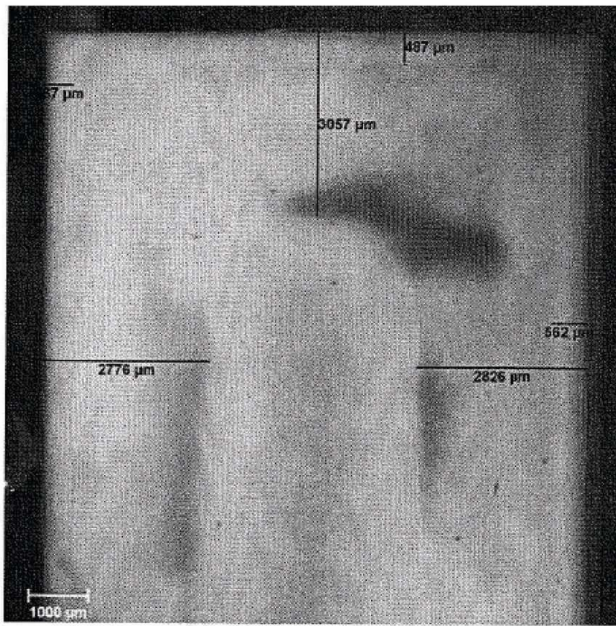
도면4



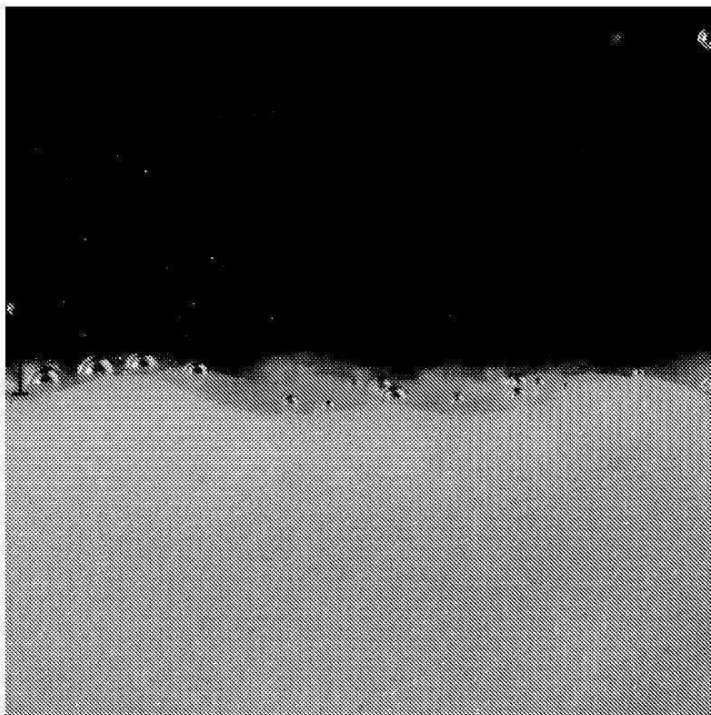
도면5



도면6



도면7



도면8

