

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
C03B 19/10
C03C 3/062

(11) 공개번호 10-2005-0089890
(43) 공개일자 2005년09월08일

(21) 출원번호 10-2005-7014344
(22) 출원일자 2005년08월04일
 번역문 제출일자 2005년08월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2003/040985
 국제출원일자 2003년12월18일
(87) 국제공개번호 WO 2004/071976
 국제공개일자 2004년08월26일

(30) 우선권주장 10/358,708 2003년02월05일 미국(US)

(71) 출원인 쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자 엔드레스, 베르칸, 케이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427
안테르손, 토마스, 제이.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427

(74) 대리인 장수길
김영

심사청구 : 없음

(54) 알루미늄-실리카 유리 및 세라믹의 제조 방법

요약

60 중량% 이상의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위의 SiO_2 를 포함하는 유리 및 유리-세라믹의 제조 방법이 제공된다. 본 발명에 따라 제조된 유리는 유리 비드, 제품 (예, 접시), 섬유, 입자, 및 박막 코팅을 제조하거나, 이들로 형성되거나, 이들로 전환될 수 있다. 유리는 화염 또는 플라즈마 용융에 의해 제조된다. 본 발명에 따라 제조된 유리 세라믹 제품의 일부 실시양태는 연마제 입자로서 특히 유용할 수 있다.

대표도

도 4

색인어

연마제 입자, 유리, 유리-세라믹, 결정질, 비정질

명세서

기술분야

수많은 유리 및 유리-세라믹 물질들이 알려져 있다. 대다수의 산화 유리 시스템은 SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 , TeO_2 , As_2O_3 및 V_2O_5 와 같은 널리 알려져 있는 유리-형성제를 사용하여 유리의 형성을 돕는다. 이러한 유리-형성제를 사용하여 형성되는 몇몇의 유리 조성물을 열처리하여 유리-세라믹을 형성할 수 있다. 이러한 유리 형성제로부터 형성되는 유리 및 유리-세라믹을 사용하는 온도의 상한은 일반적으로 1200°C 미만, 전형적으로는 약 $700\text{--}800^\circ\text{C}$ 이다. 유리로부터 형성되는 유리-세라믹은 그 유리보다 더욱 온도 저항성이 높은 경향이 있다.

유리 및 유리-세라믹 물질을 제조하기 위한 여러가지 기술이 있지만, 또다른 신규한 기술이 소망된다.

<발명의 개요>

본 발명은 미립자 SiO_2 공급원(들)을 사용하여, Al_2O_3 및 SiO_2 를 포함하는 유리 및 유리-세라믹을 제조하는 방법을 제공한다. 전형적으로, 본 발명에 따른 방법으로 제공되는 유리는 $T_x\text{--}T_g$ 가 20 K 이상 (일부 실시양태에서는, 25 K 이상)인 T_g 및 T_x 를 갖는다.

유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 65, 70, 75, 80, 85 이상, 심지어는 90 이상)의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 0.5 내지 5 또는 1 내지 3)의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하 (일부 실시양태에서는, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 이하, 심지어는 0)의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하는 유리를 제조하기 위한 본 발명에 따른 한 예시의 방법에서, 상기 방법은

미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기 (미립자가 응집체라면, 미립자의 입자 크기는 응집체의 크기인 것으로 이해되어야 함)가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위 (일부 실시양태에서는, 10 nm 내지 20 마이크로미터, 심지어는 15 nm 내지 1 마이크로미터의 범위)이고, 90 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 95, 심지어는 100)의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위 (또는 각각 10 nm 내지 20 마이크로미터, 또는 15 nm 내지 1 마이크로미터)인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라스마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜 유리를 제공하는 단계를 포함한다. 임의로, 유리는 Al_2O_3 및 SiO_2 를 제외한 1종 이상의 금속 산화물 (예, Y_2O_3 , CeO_2 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 , La_2O_3 , Lu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , Sm_2O_3 , Tb_2O_3 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , CuO , ZrO_2 , SrO , LiO_2 , NiO , Fe_2O_3 , 및 이들의 조합물)을 더 포함한다. 임의로, 상기 방법은 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키는 단계를 더 포함한다. 일부 실시양태에서, 유리는 유리 입자 형태이고, 상기 방법은 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시양태에서, 열처리될 유리 입자는 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 입자로서 제공되고, 입자의 적어도 일부는 다수의 유리 입자이다. 일부 실시양태에서, 상기 방법은 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹을 분쇄하여 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시양태에서, 연마제 입자는 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 연마제 입자를 제공하도록 유별된다.

제품을 제조하기 위한 본 발명에 따른 한 예시의 방법에서, 상기 방법은

미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위 (일부 실시양태에서는, 10 nm 내지 20 마이크로미터, 심지어는 15 nm 내지 1 마이크로미터의 범위)이고, 90 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 95, 심지어는 100)의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위 (또는 각각 10 nm 내지 20 마이크로미터, 또는 15 nm 내지 1 마이크로미터)인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라스마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 65, 70, 75, 80, 85 이상, 심지어는 90 이상)의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 0.5 내지 5 또는 1 내지 3)의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하 (일부 실시양태에서는, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 이하, 심지어는 0)의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 , 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하며 T_g 를 갖는 유리 비드를 제공하고,

유리 비드가 유착하여 형상을 형성하도록 유리 비드를 T_g 를 초과하여 가열하고,

유착된 형상을 냉각시켜 유리 제품을 제공하는 단계를 포함한다. 임의로, 유리는 Al_2O_3 및 SiO_2 를 제외한 1종 이상의 금속 산화물 (예, Y_2O_3 , CeO_2 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 , La_2O_3 , Lu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , Sm_2O_3 , Tb_2O_3 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , CuO , ZrO_2 , SrO , LiO_2 , NiO , Fe_2O_3 , 및 이들의 조합물)을 더 포함한다. 임의로, 상기 방법은 유리 제품을 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹 제품을 제공하는 단계를 더 포함한다.

제품을 제조하기 위한 본 발명에 따른 한 예시의 방법에서, 상기 방법은

미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위 (일부 실시양태에서는, 10 nm 내지 20 마이크로미터, 심지어는 15 nm 내지 1 마이크로미터의 범위)이고, 90 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 95, 심지어는 100)의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위 (또는 각각 10 nm 내지 20 마이크로미터, 또는 15 nm 내지 1 마이크로미터)인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라즈마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 65, 70, 75, 80, 85 이상, 심지어는 90 이상)의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 0.5 내지 5 또는 1 내지 3)의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하 (일부 실시양태에서는, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 이하, 심지어는 0)의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 , 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하며 T_g 를 갖는 유리 비드를 제공하고,

유리 비드를 분쇄하여 유리 분말을 제공하고,

유리 분말이 유착하여 형상을 형성하도록 유리 분말을 T_g 를 초과하여 가열하고,

유착된 형상을 냉각시켜 유리 제품을 제공하는 단계를 포함한다. 임의로, 유리는 Al_2O_3 및 SiO_2 를 제외한 1종 이상의 금속 산화물 (예, Y_2O_3 , CeO_2 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 , La_2O_3 , Lu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , Sm_2O_3 , Tb_2O_3 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , CuO , ZrO_2 , SrO , LiO_2 , NiO , Fe_2O_3 , 및 이들의 조합물)을 더 포함한다. 임의로, 상기 방법은 유리 제품을 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹 제품을 제공하는 단계를 더 포함한다.

본 발명에 따른 유리-세라믹의 일부 실시양태는 유리-세라믹의 총 부피를 기준으로, 예를 들어 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 이상, 심지어는 100 부피%의 양으로 유리를 포함할 수 있다. 본 발명에 따른 유리-세라믹의 일부 실시양태는 유리-세라믹의 총 부피를 기준으로, 예를 들어 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 이상, 심지어는 100 부피%의 양으로 결정질 세라믹을 포함할 수 있다.

본 출원에서,

"비정질 물질"이란 X-선 회절법으로 측정하였을 때 어떤 장범위의 결정 구조가 없고(없거나) 본원에서 "시차 열 분석법"이라는 표제하에 기술된 시험으로 측정하였을 때 DTA (시차 열 분석법)로 측정한 비정질 물질의 결정화에 대응하는 발열성 피크를 갖는 용융물 및(또는) 증기상으로부터 유래된 물질을 지칭한다.

"세라믹"에는 유리, 결정질 세라믹, 유리-세라믹, 및 이들의 조합물이 포함된다.

"금속 산화물 복합체"란 2종 이상의 상이한 금속 원소 및 산소를 포함하는 금속 산화물 (예, $CeAl_{11}O_{18}$, $Dy_3Al_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$, 및 $Y_3Al_5O_{12}$)을 지칭한다.

" Al_2O_3 금속 산화물 복합체"란 이론상의 산화물 기준으로, Al_2O_3 와 Al을 제외한 1종 이상의 금속 원소를 포함하는 금속 산화물 복합체 (예, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, MgAl_2O_4 , 및 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)를 지칭한다.

" $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 복합체"란 이론상의 산화물 기준으로, Al_2O_3 및 Y_2O_3 를 포함하는 금속 산화물 복합체 (예, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)를 지칭한다.

" $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 복합체"란 이론상의 산화물 기준으로, Al_2O_3 및 희토류 산화물을 포함하는 금속 산화물 복합체 (예, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 및 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)를 지칭한다.

"유리"란 유리 전이 온도를 나타내는 비정질 물질을 지칭한다.

"유리-세라믹"이란 유리를 열처리함으로써 형성되는 결정을 포함하는 세라믹을 지칭한다.

" T_g "란 본원에서 "시차 열 분석법"이라는 표제하에 기술된 시험으로 측정한 유리 전이 온도를 지칭한다.

" T_x "란 본원에서 "시차 열 분석법"이라는 표제하에 기술된 시험으로 측정한 결정화 온도를 지칭한다.

"희토류 산화물"이란 세륨 산화물 (예, CeO_2), 디스프로슘 산화물 (예, Dy_2O_3), 에르븀 산화물 (예, Er_2O_3), 유로퓸 산화물 (예, Eu_2O_3), 가돌리늄 (예, Gd_2O_3), 홀뮴 산화물 (예, Ho_2O_3), 란탄 산화물 (예, La_2O_3), 루테튬 산화물 (예, Lu_2O_3), 네오디뮴 산화물 (예, Nd_2O_3), 프라세오디뮴 산화물 (예, Pr_6O_{11}), 사마륨 산화물 (예, Sm_2O_3), 테르븀 (예, Tb_2O_3), 토륨 산화물 (예, Th_4O_7), 툴륨 (예, Tm_2O_3), 및 이테르븀 산화물 (예, Yb_2O_3)과, 이들의 조합물을 지칭한다.

"REO"란 희토류 산화물(들)을 지칭한다.

게다가, 본원에서 금속 산화물 (예, Al_2O_3 , Al_2O_3 금속 산화물 복합체 등)이 예를 들어, 유리-세라믹에서 결정질이라고 명시되지 않는다면, 금속 산화물은 결정질일 수 있거나, 일부는 유리이고 일부는 결정질일 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어 유리-세라믹이 Al_2O_3 및 ZrO_2 를 포함한다면, Al_2O_3 및 ZrO_2 는 각각 유리 상태 또는 결정질 상태일 수 있거나, 일부는 유리 상태이고 일부는 결정질 상태일 수 있거나, 심지어는 또다른 금속 산화물(들)과의 반응 생성물일 수 있다 (예를 들어, Al_2O_3 가 결정질 Al_2O_3 또는 Al_2O_3 의 특정 결정질 상 (예, 알파 Al_2O_3)으로 존재한다고 명시되지 않는다면, 결정질 Al_2O_3 및(또는) 1종 이상의 결정질 Al_2O_3 금속 산화물 복합체의 일부로서 존재할 수 있다).

본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹의 일부 실시양태는 비드 (예, 직경이 1 마이크로미터, 5 마이크로미터, 10 마이크로미터, 25 마이크로미터, 50 마이크로미터, 100 마이크로미터, 150 마이크로미터, 250 마이크로미터, 500 마이크로미터, 750 마이크로미터, 1 mm, 5 mm 이상, 심지어는 10 mm 이상인 비드), 제품 (예, 접시), 섬유, 입자, 및 코팅 (예, 박막 코팅)을 제조하거나, 이들로서 형성되거나, 이들로 전환될 수 있다. 비드는 예를 들면, 역광 시트감(retro-reflective sheeting), 문자숫자식 판, 및 도로 표시와 같은 반사 장치에 유용할 수 있다. 입자 및 섬유는 예를 들면, 복합체 (예, 세라믹, 금속, 또는 중합체 매트릭스 복합체)에서의 열 절연체, 충전제, 또는 강화재로서 유용하다. 박막 코팅은 예를 들면, 의복에 관련있는 응용, 뿐만 아니라 열을 취급하기 위한 보호 코팅으로서 유용할 수 있다. 본 발명에 따라 제조된 제품의 예로는 주방용품 (예, 접시), 치과용 브라켓(dental bracket), 강화 섬유, 절삭 공구 삽입물, 연마재, 및 가스 엔진의 구조 부품 (예, 밸브 및 베어링)이 포함된다. 그외의 제품으로는 본체 또는 다른 기관의 외면에 유리-세라믹의 보호 코팅을 갖는 것들이 포함된다. 본 발명에 따라 제조된 특정 유리-세라믹 입자는 연마제 입자로서 특히 유용할 수 있다. 연마제 입자는 연마 제품에 혼입될 수 있거나, 유리된 형태(loose form)로 사용될 수 있다.

연마제 입자는 통상적으로 사용하기 전에 소정의 입자 크기 분포로 유별된다. 이러한 분포는 전형적으로 굵은 입자에서부터 미세한 입자까지의, 입자 크기의 범위를 갖는다. 연마제 분야에서는 이 범위를 때로는 "굵은", "대조" 및 "미세한" 분획이라고 지칭한다. 해당 산업에서 허용되는 등급 기준에 따라 유별된 연마제 입자는 한계값 내에서 각 공칭 등급에 대해 입자 크기 분포를 명시한다. 이러한 해당 산업에서 허용되는 등급 기준 (즉, 특정 공칭 등급)에는 미국 표준 협회 (American National Standards Institute, Inc., ANSI) 기준, 유럽 연마제 연합 (Federation of European Producers of

Abrasive Products, FEPA) 기준, 및 일본 산업 규격 (Japanese Industrial Standard, JIS) 기준으로 알려져 있는 것들이 포함된다. 일면에서, 본 발명은 다수의 연마제 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자인, 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 연마제 입자를 제공한다. 일부 실시양태에서, 다수의 연마제 입자의 총 중량을 기준으로, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 이상, 심지어는 100 중량%의 다수의 연마제 입자가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자이다.

또다른 일면에서, 본 발명은 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹을 포함하는 연마제 입자 (유리-세라믹 연마제 입자를 포함함)를 제공한다. 본 발명은 또한 다수의 연마제 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자인, 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 연마제 입자를 제공한다. 또다른 일면에서, 본 발명은 연마제 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자인, 결합제 및 다수의 연마제 입자를 포함하는 연마 제품 (예, 결합형 연마 제품, 부직포 연마 제품, 또는 코팅된 연마 제품)을 제공한다.

본 발명에 따른 연마 제품은 연마제 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자인, 결합제 및 다수의 연마 제품을 포함한다. 예시의 연마 제품에는 코팅된 연마 제품, 결합형 연마 제품 (예, 휠(wheel)), 부직포 연마 제품, 및 연마 브러시가 포함된다. 코팅된 연마 제품은 전형적으로 대향하는 제1 및 제2 주 표면을 갖는 이판(backing)을 포함하고, 결합제 및 다수의 연마제 입자는 제1 주 표면의 적어도 일부에 연마제 층을 형성한다.

연마 제품에서, 연마제 입자의 총 중량을 기준으로, 일부 실시양태에서는 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 중량% 이상, 심지어는 100 중량%의 연마제 입자가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자이다.

본 발명은 또한

본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 물건(workpiece)의 표면과 접촉시키고,

본 발명에 따라 제조된 1종 이상의 연마제 입자 또는 접촉한 표면을 이동시켜 본 발명에 따라 제조된 1종 이상의 연마제 입자로 상기 표면의 적어도 일부를 연마하는 단계를 포함하는,

표면을 연마하기 위한 방법도 제공한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 연마제 입자를 포함하는 코팅된 연마 제품의 부분 단면 개략도이다.

도 2는 본 발명에 따른 연마제 입자를 포함하는 결합형 연마 제품의 사시도이다.

도 3은 본 발명에 따른 연마제 입자를 포함하는 부직포 연마 제품의 확대 개략도이다.

도 4는 본 발명의 실시양태를 실행하기 위한 예시의 플라즈마 분무 장치의 개략도이다.

도 5는 실시예 1에서 제조된 물질의 DTA이다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 Al_2O_3 및 SiO_2 를 포함하는 유리 및 유리-세라믹의 제조 방법에 관한 것이다. 유리는 목적하는 조성물을 위한 원료 및 가공 기술을 선택함으로써 제조된다.

본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹의 일부 실시양태는 서로에 대해 각각 수직인 x, y, 및 z 치수를 가지며, 여기서 x, y, 및 z 치수는 각각 1, 5, 10, 25 마이크로미터 이상 (일부 실시양태에서는, 30 마이크로미터, 35 마이크로미터, 40 마이크로미터, 45 마이크로미터, 50 마이크로미터, 75 마이크로미터, 100 마이크로미터, 150 마이크로미터, 200 마이크로미터, 250 마이크로미터, 500 마이크로미터, 1000 마이크로미터, 2000 마이크로미터, 2500 마이크로미터, 1 mm, 5 mm 이상, 심지어는 10 mm 이상)이다.

시판되고 있는 공급원을 비롯한, Al_2O_3 의 공급원 (이론상의 산화물 기준으로)으로는 보크사이트 (천연 보크사이트 및 합성적으로 생성된 보크사이트 포함), 조성된 보크사이트, 수화 알루미늄 (예, 보에마이트, 및 깁사이트), 알루미늄, 바이엘 공정 알루미늄, 알루미늄 광석, 감마 알루미늄, 알파 알루미늄, 알루미늄 염, 알루미늄 질산염, 및 그의 조합물이 포함된다. Al_2O_3 공급원은 Al_2O_3 를 함유하거나, 단지 Al_2O_3 만을 제공할 수 있다. 이와 달리, Al_2O_3 공급원은 Al_2O_3 를 제외한 1종 이상의 금속 산화물과 Al_2O_3 를 함유하거나, 제공할 수 있다 (Al_2O_3 금속 산화물 복합체 (예, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 등)이거나, Al_2O_3 금속 산화물 복합체를 함유하는 물질을 포함함).

시판되고 있는 공급원을 비롯한, 미립자 SiO_2 의 공급원으로는 폼드 실리카(fumed silica), 융합 실리카(fused silica), 모래, 실리카 졸, 실리카 겔, 나트륨 실리케이트, 실리케이트 광물 (예, 활석), 광석, 및 규소가 포함된다.

시판되고 있는 공급원을 비롯한, 희토류 산화물의 공급원으로는 희토류 산화물 분말, 희토류 금속, 희토류-함유 광석 (예, 콘대, 바스트나사이트 및 모나사이트), 희토류 염, 희토류 질산염, 및 희토류 탄산염이 포함된다. 희토류 산화물(들) 공급원은 희토류 산화물(들)을 함유하거나, 단지 희토류 산화물(들)만을 제공할 수 있다. 이와 달리, 희토류 산화물(들) 공급원은 희토류 산화물(들)을 제외한 1종 이상의 금속 산화물과 희토류 산화물(들)을 함유하거나, 제공할 수 있다 (희토류 산화물 · 타금속 산화물 복합체 (예, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 등)이거나 희토류 산화물 · 타금속 산화물 복합체를 함유하는 재료를 포함함).

시판되고 있는 공급원을 비롯한, Y_2O_3 의 공급원 (이론상의 산화물 기준으로)으로는 이트륨 산화물 분말, 이트륨, 이트륨-함유 광석, 및 이트륨 염 (예, 이트륨 탄산염, 질산염, 염화물, 수산화물, 및 이들의 조합물)이 포함된다. Y_2O_3 공급원은 Y_2O_3 를 함유하거나, 단지 Y_2O_3 만을 제공할 수 있다. 이와 달리, Y_2O_3 공급원은 Y_2O_3 를 제외한 1종 이상의 금속 산화물과 Y_2O_3 를 함유하거나, 제공할 수 있다 (Y_2O_3 · 금속 산화물 복합체 (예, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)이거나, Y_2O_3 · 금속 산화물 복합체를 함유하는 물질을 포함함).

시판되고 있는 공급원을 비롯한, ZrO_2 의 공급원 (이론상의 산화물 기준으로)으로는 지르코늄 산화물 분말, 지르콘 샌드, 지르코늄, 지르코늄-함유 광석, 및 지르코늄 염 (예, 지르코늄 탄산염, 아세트산염, 질산염, 염화물, 수산화물, 및 그의 조합물)이 포함된다. 이와 더불어, 또는 이와 달리, ZrO_2 공급원은 하프니아와 같은 기타 금속 산화물과 ZrO_2 를 함유하거나, 제공할 수 있다. 시판되고 있는 공급원을 비롯한, HfO_2 의 공급원 (이론상의 산화물 기준으로)으로는 하프늄 산화물 분말, 하프늄, 하프늄-함유 광석, 및 하프늄 염이 포함된다. 이와 더불어, 또는 이와 달리, HfO_2 공급원은 ZrO_2 와 같은 기타 금속 산화물과 HfO_2 를 함유하거나, 제공할 수 있다.

ZrO_2 및 HfO_2 를 포함하는 실시양태에서, ZrO_2 : HfO_2 의 중량비는 1:0 (즉, ZrO_2 가 전부이고, HfO_2 는 없음) 내지 0:1의 범위일 수 있고, 뿐만 아니라 예를 들면, 약 99, 98, 97, 96, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 및 5 부 (중량부) 이상의 ZrO_2 및 상응하는 양의 HfO_2 (예를 들면, 약 99 부 (중량부) 이상의 ZrO_2 및 약 1 부 이하의 HfO_2) 및 약 99, 98, 97, 96, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 및 5 부 (중량부) 이상의 HfO_2 및 상응하는 양의 ZrO_2 일 수 있다.

유리 또는 유리-세라믹에 혼입될 수 있는 기타 금속 산화물 (예, BaO , CaO , Cr_2O_3 , CuO , CoO , Fe_2O_3 , GeO_2 , HfO_2 , Li_2O , MgO , MnO , NiO , Na_2O , Sc_2O_3 , SrO , TiO_2 , ZnO , ZrO_2 및 이들의 조합물)의, 시판되고 있는 공급원을 비롯한, 공급원으로는 산화물 자체, 금속 분말, 산화물 복합체, 광석, 탄산염, 아세트산염, 질산염, 염화물, 수산화물 등이 포함된다.

일부 실시양태에서, 금속 산화물 공급원의 적어도 일부 (일부 실시양태에서는, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 심지어는 100 중량%)를, 산화물이 형성될 때 또는 그의 합금이 용융물로 될 때 음의 엔탈피를 갖는 1종 이상의 금속 (예, Al, Ca, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Ni, Ag, Ti, Zr, 및 이들의 조합물), M을 포함하는 미립자상의 금속성 물질을 첨가하거나 그렇지 않으면 그들을 기타 원료와 배합함으로써 얻는 것이 유리할 수 있다. 이론에 구애됨이 없이, 금속의 산화와 관련된 발열반응으로부터 발생하는 열이 균일한 용융물 및 생성되는 유리의 형성에 유익한 것으로 생각된다. 예를 들어, 원료 내의 산화 반응에 의해 발생된 부가열이 불충분한 열 전도를 제거 또는 최소화하고, 따라서 x, y, 및 z 치수가 50 (100 초과, 심지어는 150 초과) 마이크로미터를 초과하는 유리 입자를 형성시킬 때 특히 용융물의 형성 및

균질성을 촉진하는 것으로 생각된다. 또한 부가열의 이용성이 다양한 화학 반응 및 물리적 공정 (예, 치밀화 및 구형화)를 구동시켜 완결시키는데 도움을 주는 것으로 생각된다. 게다가, 일부 실시양태에 대해서는, 산화 반응에 의해 발생된 부가열이 존재할 때, 부가열 없이는 물질의 높은 용융점으로 인해 실행하기가 어렵거나 실행 불가능한 용융물의 형성이 실제로 가능한 것으로 생각된다. 게다가, 산화반응에 의해 발생하는 부가열이 존재할 때, 부가열 없이는 제조할 수 없거나 목적하는 크기 범위로 제조할 수 없는 유리의 형성이 실제로 가능하다. 유리를 형성시키는데 있어서 본 발명의 또다른 잇점은, 매우 빠른 켄칭 속도를 달성할 수 있도록 용융, 치밀화 및 구형화와 같은 여러가지의 화학적 및 물리적 공정을 단시간에 완료할 수 있다는 것을 포함한다. 추가의 세부사항에 대해서는 2002년 8월 2일자로 출원된 동시 계류중인 일련 번호 제10/211,639호의 미국 출원을 참조하기 바란다.

일반적으로, 금속 산화물 공급원을 화염으로 공급하여 용융물, 바람직하게는 균질한 용융물을 형성한 후, 신속하게 용융물을 냉각시켜 유리를 제공한다.

이러한 유형의 원료를 배합하여 바람직하게는, 실질적으로 균질한 혼합물을 제공하기 위한 알려져 있는 기술을 사용할 수 있다. 이와 달리, 또는 이와 더불어, 미립자 원료의 입자 크기를 알려져 있는 기술을 사용하여 감소시킬 수 있다. 원료를 함께 배합하고 미립자 물질의 입자 크기를 감소시키기 위한 이러한 기술의 예로는 볼 밀링, 혼합, 텀블링 등이 포함된다. 볼 밀에서의 밀링 매체는 금속 볼, 세라믹 볼 등일 수 있다. 세라믹 밀링 매체는, 예를 들어 알루미나, 지르코니아, 실리카, 마그네시아 등일 수 있다. 볼 밀링은 수성 환경 또는 용매계 (예, 이소프로필 알콜) 환경에서 건식으로 수행될 수 있다. 원료 배치가 금속 분말을 함유한다면, 일반적으로 밀링 동안 용매를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 용매는 적절한 인화점 및 원료를 분산시키거나 용해시키는 능력을 갖는 임의의 적합한 물질일 수 있다. 밀링 시간은 수분 내지 수일, 일반적으로는 수시간 내지 24시간일 수 있다. 습식 또는 용매계 밀링 시스템에서는, 전형적으로 건조에 의해 액체 매질을 제거하므로, 생성된 혼합물은 전형적으로 균질이며, 실질적으로 물 및(또는) 용매를 함유하지 않는다. 건조하는 동안 용매계 밀링 시스템이 사용된다면, 용매 회수 시스템을 사용하여 용매를 재활용할 수 있다. 건조시킨 후, 생성된 혼합물은 "건조 케이크"의 형태일 수 있다. 그 후에, 상기 케이크 유사 혼합물을 목적하는 입자 크기로 분쇄시키거나 분쇄한 후 용융시킬 수 있다. 이와 달리, 예를 들어 분무-건조 기술을 사용할 수 있다. 이 기술은 전형적으로 목적하는 산화물 혼합물의 구형 미립자를 제공한다. 또한, 전구 물질은 침전 및 졸-겔을 비롯한 습식 화학적 방법으로 제조할 수 있다. 극히 높은 수준의 균질성이 바람직하다면 이러한 방법이 유익할 것이다.

미립자 원료는 전형적으로 균질한 용융물의 형성을 신속하게 달성할 수 있게 하는 입자 크기를 갖도록 선택된다. 전형적으로, 상기 목적을 위해 비교적 작은 평균 입자 크기 및 좁은 분포를 갖는 원료를 사용한다. 게다가, 미립자 물질을 화염 또는 플라즈마 분무 장치로 공급하여 용융물을 형성하는 경우, 미립자 원료는 소정 범위의 입자 크기로 제공되는 것이 바람직할 수 있다. 이론에 구애됨이 없이, 그 결과 패킹 밀도 및 공급물 입자의 강도가 최대화되는 것으로 생각된다. 원료 분말이 너무 굵으면, 공급물 및 생성된 용융물 입자는 목적하는 조성 또는 균질성을 가질 수 없다. 일반적으로 가장 굵은 원료 입자가 목적하는 용융물 또는 유리 입자 크기보다 작다. 게다가, 이론에 구애됨이 없이, 너무 굵은 원료 입자는, 예를 들어 화염 형성 또는 플라즈마 분무 단계 동안 공급물 입자에 열적 및 기계적 스트레스를 유발하는 경향이 있는 것으로 생각된다. 이러한 경우에는 궁극적으로, 단편들이 일반적으로 열원으로부터 여러가지 방향으로 그들의 궤도를 변화시키기 때문에, 일반적으로 공급물 입자가 보다 작은 단편으로 파쇄되고, 조성의 균질성이 손실되며, 목적하는 유리 입자 크기의 수율이 손실되거나, 심지어는 불완전하게 용융된다. 게다가, 원료 분말이 너무 작으면, 취급하기가 어렵고 고가인 경향이 있다.

화염 또는 플라즈마로 공급되는 미립자 원료에 있어서, 입자들은 전형적으로 입자 크기가 250, 200, 150 미만, 심지어는 100 마이크로미터 미만이다. 미립자 SiO_2 공급원(들)을 사용하는 실시양태에서 평균 입자 크기는 전형적으로 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위 (일부 실시양태에서는, 10 nm 내지 20 마이크로미터, 심지어는 15 nm 내지 1 마이크로미터의 범위)이며, 여기서 90 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 95, 심지어는 100)의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 (또는 각각 10 nm 내지 20 마이크로미터, 또는 15 nm 내지 1 마이크로미터)의 범위이다.

유리는 전형적으로 용융된 물질 (즉, 용융물)을 비교적 신속하게 냉각시킴으로써 얻어진다. 유리를 얻기 위한 켄칭 속도 (즉, 냉각 시간)는 용융물의 화학적 조성, 성분들의 유리-형성능, 용융물 및 생성된 유리의 열 성질, 가공 기술, 생성된 유리의 치수 및 질량, 및 냉각 기술을 비롯한 다수의 요인에 좌우된다. 일반적으로, 보다 많은 양의 Al_2O_3 (즉, 75 중량% 초과)의 Al_2O_3 를 포함하는 유리를 형성하기 위해서는 특히, SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 , TeO_2 , As_2O_3 , 및 V_2O_5 와 같은 알려져 있는 유리 형성제의 부재하에서는 비교적 빠른 켄칭 속도가 요구된다. 마찬가지로, 신속하게 충분히 열을 제거하는 것이 더욱 어렵기 때문에, 용융물을 보다 큰 치수의 유리로 냉각시키는 것이 더욱 어렵다.

유리 제조에서 수행되는 켄칭 속도는 10^3 , 10^4 , 10^5 , 심지어는 10^6 °C/초 (즉, 각각 1초 미만, 1/10초 미만, 1/100초 미만, 심지어는 1/1000초 미만에 용융 상태에서부터 1000 °C의 온도 강하)보다 빠른 것으로 생각된다. 용융물을 냉각하기 위한 기술로는 용융물을 냉각 매체 (예, 고속 에어 제트, 액체 (예, 냉수), 금속 플레이트 (냉각된 금속 플레이트를 포함), 금속 롤 (냉각된 금속 롤을 포함), 금속 볼 (냉각된 금속 볼을 포함) 등)로 방출시키는 것이 포함된다. 당분야에 알려져 있는 기타 냉각 기술로는 물-냉각이 포함된다. 물-냉각은, 예를 들어 용융점보다 전형적으로 20 내지 200°C 높은 온도에서 금속 산화물 공급원을 용융시키고, 고압하에서 고속 회전 롤(들)에 분무함으로써 (예를 들어, 공기, 아르곤, 질소 등과 같은 기체를 사용함) 용융물을 냉각/켄칭시켜 수행할 수 있다. 전형적으로, 롤은 금속으로 제조되고 물로 냉각된다. 금속 묶음 주형 (metal book mold)도 용융물을 냉각/켄칭하는 데 유용할 수 있다.

냉각 속도는 켄칭된 유리의 성질에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 예를 들어, 유리 전이 온도, 유리의 밀도 및 기타 성질들은 전형적으로 냉각 속도에 따라 변화된다.

또한 환원성, 중성 또는 산화성 환경과 같은 제어된 대기 하에서 신속하게 냉각시켜 냉각 중에 목적하는 산화 상태 등을 유지하고(거나) 이에 영향을 미칠 수 있다. 상기 대기는 또한 불충분하게 냉각된 액체로부터의 결정화 동력학에 영향을 미침으로써 유리 형성에 영향을 미칠 수도 있다. 예를 들면, 공기에 비해 아르곤 대기에서, 결정화 없이 Al_2O_3 용융물이 보다 더 불충분하게 냉각되는 것으로 보고되었다.

화염을 사용하여 용융물을 형성하는 한 기술에서, 금속 산화물 공급원을 버너 (예, 메탄-공기 버너, 아세틸렌-산소 버너, 수소-산소 버너 등)로 직접 공급한 후 (예를 들어, 입자의 형태로, 때로는 이를 "공급물 입자"라고 지칭함), 예를 들어 물, 냉각유, 공기 등에서 켄칭시킨다. 예를 들어, 금속 산화물 공급원을 연마, 응집 (예를 들어, 분무-건조), 용융 또는 소결시킴으로써 공급물 입자를 형성할 수 있다. 화염을 사용하는 용융물 형성에 대한 추가의 세부사항은, 예를 들어 미국 특허 제 6,254,981호 (Castle)에서 찾아볼 수 있다.

당분야에 알려져 있는 다수의 것을 비롯하여 다양한 플라즈마 분무 기술 중 어느 것이든 적합할 수 있다. 예시의 플라즈마 분무 장치가 도 4에 도해되어 있으며, 여기서 플라즈마 분무 장치 (400)는 플라즈마 분무 총 (401)을 포함하고, 일반적으로 제트 축 (417)에 대해 실질적으로 대칭인 플라즈마 기체 제트 (416)를 발생시키도록 조작된다. 플라즈마 기체 제트 (416)는 금속 산화물 소적 (407)을 함유한다.

플라즈마 분무 총 (401)은하우징 (403)을 포함하고, 하우징에는 노즐 (402)이 위치해 있다. 노즐 (402)은 전달 방향 (418)으로 플라즈마 기체 제트 (416)를 향하여 집중되도록 조작된 노즐 구경 (405)을 형성한다. 플라즈마 기체 제트 (416)를 생성하기 위하여, 플라즈마 분무 총 (401)은 다양한 전극을 포함한다. 예를 들면, 도 4의 예시된 실시양태에서, 제1 전극 (404)은 노즐 (402)로의 입구에 가까이 위치하고, 양극 (예를 들어, 전력 공급원의 음극에 연결됨 (도시하지 않음))으로서 구조화된다. 노즐 (302)은 그 자체가 음극 (예를 들어, 전력 공급원의 양극에 연결됨)으로서 구조화된 제2 전극 (402')을 형성할 수 있다. 제1 (404) 및 제2 전극 (402')을 형성하기 위해 사용되는 실제 물질은 달라질 수 있지만, 플라즈마 분무 총 (401)의 한 예시의 실시양태는 텅스텐 또는 텅스텐 합금으로 제조된 제1 전극 (404) 및 구리 또는 구리 합금으로 제조된 제2 전극 (402') (노즐 (402))을 사용한다.

당업자는 상기 전극 구조는 단지 예시일 뿐 다른 전극 구조도 물론 가능하다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 제1 및 제2 전극의 극성 및(또는) 물질은 상기 기재된 것과 상이할 수 있다. 이와 달리, 예를 들어 제2 전극 (402')은 노즐 (402)과 독립적일 수 있다. 사실상, 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않는 용인가능한 플라즈마 분무를 야기하는 임의의 대부분의 전극 구조가 가능하다.

아크(arc) 기체 입구 (414)는 아크 기체 (410)를 하우징 (403)의 기체 챔버 (412)로 도입시키기 위해 제공될 수 있다. 아크 형성이 용이한 대부분의 임의의 기체가 잠재적으로 적합하지만, 바람직한 아크 기체로는 아르곤, 헬륨, 수소, 질소, 및 이들의 조합물이 포함된다.

하나 이상의 운반체 도관 (420)이 하우징 (403)에서 형성될 수 있다. 하기에서 추가로 기재하는 바와 같이, 운반체 도관 (420)은 입자 (430)를 플라즈마 기체 제트 (416)로 전달할 수 있다. 운반체 도관 (420)의 실제 기하학적 형태는 변화될 수 있지만, 이는 한 실시양태에서 노즐 구경 (405)을 교차하도록 뚫린 구멍에 의해 형성된다. 예시된 실시양태에서, 각 운반체 도관 (420)은 구경 (405)의 최소 직경에서 또는 그 근처에서 구경 (405)과 교차한다.

하나 이상의 운반체 도관 (420)은 각각 도관 축 (422)에 대해 대칭인 것이 바람직하다. 각 도관 축 (422)은 75° 이하의 각 (424)으로 제트 축 (417)과 교차할 수 있으며, 여기서 하나 이상의 운반체 도관 (420)은 전달 방향 (418)에서 제트 축 (417)으로부터 분기되거나 연장된다. 일부 실시양태에서, 각 (424)은 바람직하게는 45° 내지 75° 이고, 보다 바람직하게는, 60° 내지 75° 이다.

본 발명의 범주로부터 벗어나지 않는 운반체 도관 (420)의 다른 구조도 가능하다. 예를 들어, 도관 (420)은 다른 (예를 들어, 비직선) 형상을 가질 수 있거나, 그의 중심선으로부터 점 오프셋으로 구경 (405)을 관통할 수 있다. 도관 (420) 내의 입자가 입자 전달 벡터 (426)를 따라 플라즈마 기체 제트 (416)를 향하는 것이 실시가능하다면 (여기서, 입자 전달 벡터 (426)은 75° 이하의 각 (424)으로 제트 축 (417)과 교차하고, 입자 전달 벡터 (426)은 실질적으로 반대의 전달 방향 (418)인 방향을 갖는 벡터 성분 (426)을 포함함), 상기 및 다른 도관 구조가 물론 가능하다. 다시 한번, 일부 실시양태에서, 각 (424)은 바람직하게는 45° 내지 75° 이고, 보다 바람직하게는 60° 내지 75° 이다.

용어 "교차"를 본원에서 사용하지만, 당업자는 도관 축 (422)이 제트 축 (417)과 반드시 동일 평면상에 있어야 하는 것은 아닐 수 있음을 이해할 것이다 (예를 들어, 하나는 나머지 하나에 대해 비스듬할 수 있음). 상기 경우에, "교차"란 축이 교차의 접점으로 그들 자신에 대해 평행하게 이동할 때 두 축 사이의 각 (424)을 나타내는 것으로 이해되어야 한다.

플라즈마 기체 제트 (401)에 대해 상세하게 기재하였고, 이제 본 발명의 예시의 실시양태에 따라 플라즈마 기체 제트 (401)를 작동하는 것에 대해 기재한다.

상기 기재한 바와 같이, 아크 기체 (410)는 챔버 (412)로 도입되어 노즐 (402)의 수렴되는 구경 (405)을 통해 가속화될 수 있다. 제1 전극 (404) 및 제2 전극 (402')이 전력 공급원의 각각의 전극에 연결될 때, 전계가 제1 전극 (404)과 노즐 (402) 사이에 생성된다. 생성된 플라즈마 기체 제트 (416)는 전달 방향 (418)에서 제트 축 (417)을 따라 하우징 (403)에서 되거하며, 상기 제트 축 (417)은 노즐 (402)의 축 (406)과 실질적으로 평행하고 같은 축을 갖는다. 도 4에서 화살표 (408)로 표시된 냉각 시스템을 작동시켜 하우징 (403)의 온도를 목적하는 수준에서 유지할 수 있다.

목적하는 소적 (407)의 분무를 발생시키기 위하여, 입자 (430)를 운반체 도관 (420)을 통해 플라즈마 기체 제트 (416)로 전달시킨다. 한 실시양태에서, 입자 (430)는 운반체 도관 (420)을 통해 노즐 구경 (405) 쪽으로 이동하는 운반체 기체에 혼입된다. 질소가 바람직하지만, 다른 운반체 기체도 사용할 수 있다. 금속 산화물 입자 (430)가 플라즈마 기체 제트 (416)에 도달하면, 적어도 일부는 적어도 부분적으로 액화되어 목적하는 소적 (407)을 형성한다. 그 후에, 소적 (407)은 냉각되어 기관에 침착되거나 달리 수집될 수 있다.

본원에 도시되어 있고 기재되어 있는 운반체 도관 (420)을 배향함으로써, 입자 (430)는 플라즈마 기체 제트 (416) 내에서의 체류 시간의 연장을 달성한다. 이와 같은 체류 시간 연장으로 기존의 장치 및 방법으로 생성된 소적에 비해 보다 굵은 소적 (407)을 생성하게 된다.

플라즈마를 발생시키고, 원료 (전형적으로는, 공급물 입자의 형태임)를 용융시키는 것에 대하여, 추가로 다양한 DC, AC, RF 플라즈마 가공 시스템을 사용할 수 있다. 보다 작거나 보다 큰 시스템이, 예를 들어 생산 수요에 따라 유용할 수 있지만, 본 발명을 위해 유용한 적합한 플라즈마 시스템은 전형적으로 약 40 kW의 전력을 갖는다.

플라즈마를 발생시키기 위한 기체로는 아르곤, 헬륨, 질소, 수소, 및 이들의 혼합물과 같은 당분야에 알려져 있는 것들이 포함된다. 가장 통상적으로, 아르곤 기체가 플라즈마 기체로서 사용되나, 엔탈피 (즉, 플라즈마의 열 함량)를 증가시키기 위해 헬륨, 수소, 또는 질소 중 하나 이상이 추가될 수도 있다.

원료 (전형적으로 공급물 입자의 형태임)는 통상적으로 운반체 기체에 의해 플라즈마로 도입된다. 원료를 플라즈마 기체 제트로 전달하기 위한 기체로는 아르곤, 헬륨, 질소, 및 이들의 혼합물이 포함된다. 운반체 기체는 플라즈마 기체 (즉, 아르곤)와 동일할 수 있거나, 제2 또는 제3 기체를 제공하여 플라즈마의 에너지를 변경시킬 수 있다. 보다 큰 크기의 플라즈마 제트는 플라즈마 제트에서의 원료의 체류 시간을 연장하고, 그 결과 원료로의 향상된, 종종 바람직한 열 전달을 유도하는 경향이 있고, 이는 이어서 더욱 완전하고 균질한 용융물을 형성시키고, 보다 밀도 높고 강한 플라즈마 분무된 물질을 유도하는 경향이 있기 때문에, 보다 큰 크기의 플라즈마 제트가 이롭다. 또한, 예를 들면, 공급물을 예를 들어 미립자 형태로 또는 공급물 스틱 (공급물을 막대기 형상으로 형성하고, 막대기의 첨단이 용융되어 소적으로 파괴되면서 플라즈마로 느리게 공급되며, 그 후 이것이 플라즈마 제트에 의해 분무됨)으로서 플라즈마 제트의 축을 따라 플라즈마로 도입시키는 것도 가능하다.

일부 실시양태에서, 원료는 총의 바로 바깥에서 플라즈마로 도입될 수 있다. 이론에 구애됨이 없이, 플라즈마 총의 음극에서 기계로 제작된 오리피스를 통해 플라즈마로 원료를 공급하는 것이 플라즈마 내 입자의 체류 시간 또는 상호작용을 바람직하게 증가시키는 것으로 생각된다. 또다른 일면에서, 일부 경우에는, 이론에 구애됨이 없이, 플라즈마 내 원료의 체류 시간 또는 상호작용이 오리피스를 총의 전방 또는 후방 쪽으로 소정 각도로 (예를 들어, 10, 20 또는 30° 이상 등) 배향시킴으로써 바람직하게 변화 (예를 들어, 증가)될 수 있는 것으로 생각된다.

본 발명의 또다른 일면에서, 플라즈마 가공은 공기 중에서, 기체 담요(a blanket of gasses)에서, 고압 또는 저압에서, 심지어는 진공하에서 수행할 수 있다.

액체가 기관에 존재할 수도 있지만, 전형적으로는 플라즈마로부터의 용융물이 기관 또는 액체 (예, 물)로 분무된다. 기관 또는 액체는 용융물을 냉각시키는 것을 보조한다. 일부 경우에는, 기관상에 코팅을 제공하는 것이 바람직하다. 다른 경우에, 기관은 단지 물질을 냉각시키고 수집하는 역할만을 할 수 있는데, 그 후에 상기 물질을 기관으로부터 제거한다 (예를 들어, 벌크 물질이 제공됨). 그 후에 기관은 플라즈마로부터 열을 견디어 내기에 충분한 강도이도록 선택한다는 것이 이해되어야 한다. 통상적인 기관 물질은 금속 및 세라믹이다. 액체를 사용하여 플라즈마 분무된 용융물을 냉각시키는 경우, 전형적으로 미립자, 가장 통상적으로는 구 또는 비드 (예를 들어, 일부 실시양태에서는 직경이 약 1 내지 150 마이크로미터 이상의 범위임)의 형태가 초래된다.

플라즈마 분무에 대한 추가의 세부사항에 대해서는, 예를 들어 2002년 8월 2일자로 출원된 동시 계류중인 일련 번호 제 10/211,640호의 미국 출원을 참조하기 바란다.

전형적으로, 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹은 서로에 각각 수직인 x, y, 및 z 치수를 가지며, 여기서 x, y, 및 z 치수는 각각 10 마이크로미터 이상이다. 일부 실시양태에서, x, y, 및 z 치수는 30 마이크로미터, 35 마이크로미터, 40 마이크로미터, 45 마이크로미터, 50 마이크로미터, 75 마이크로미터, 100 마이크로미터, 150 마이크로미터, 200 마이크로미터, 250 마이크로미터, 500 마이크로미터, 1000 마이크로미터, 2000 마이크로미터, 2500 마이크로미터, 1 mm, 5 mm 이상, 심지어는 유착되는 경우에는 10 mm 이상이다. 물질의 x, y, 및 z 치수는 치수의 크기에 따라 시각적으로 또는 현미경을 사용하여 측정된다. 보고된 z 치수는, 예를 들어 구의 직경, 코팅의 두께, 또는 프리즘 형상의 최단 치수이다.

특정 금속 산화물을 첨가하면 세라믹 제조에서의 중간체 및 원료의 가공 뿐만 아니라 본 발명에 따라 제조된 세라믹의 성질 및(또는) 결정 구조 또는 미세구조를 변화시킬 수 있다. 예를 들면, CaO, Li₂O, MgO 및 Na₂O와 같은 산화물을 첨가하면 유리의 T_g 및 T_x (여기서, T_x는 결정화 온도임)가 모두 변하는 것으로 관찰되었다. 이론에 구애됨이 없이, 이러한 첨가가 유리 형성에 영향을 주는 것으로 생각된다. 또한, 예를 들어 이러한 산화물을 첨가하는 것이 전체 시스템의 용융 온도를 감소시키고 (즉, 보다 낮은 공용점으로 시스템을 구동), 유리-형성을 용이하게 할 수 있다. 다성분 시스템 (4성분계 등)에서의 복합적인 공용점은 우수한 유리-형성능을 발생시킬 수 있다. 액체 용융물의 점도 및 작업 범위에서의 유리의 점도는 또한 특정 요구되는 산화물(들)을 제외한 금속 산화물을 첨가함으로써 영향을 받을 수 있다.

또한, 유리-세라믹을 형성하기 위한 유리의 결정화는 물질의 첨가에 의해 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, 특정한 금속, 금속 산화물 (예, 티타네이트 및 지르코네이트), 및 불소화물은 결정의 유익한 불균질 결정핵생성을 일으키는 결정핵생성제로서 작용할 수 있다. 또한, 몇몇 산화물을 첨가함으로써 재가열시 유리로부터 탈유리화하는 준안정 상의 성질을 변화시킬 수 있다. 또다른 일면에서, 결정질 ZrO₂를 포함하는 본 발명에 따라 제조된 세라믹에 있어서, ZrO₂의 정방정계/입방계 형태를 안정화시키는 것으로 알려져 있는 금속 산화물 (예, Y₂O₃, TiO₂, CeO₂, CaO, 및 MgO)을 첨가하는 것이 바람직할 수 있다.

본원에 기재되어 있는 유리 및 유리-세라믹을 제조하기 위한 금속 산화물 공급원 및 기타 첨가제의 구체적인 선택을 위해서는 전형적으로, 예를 들어 목적하는 조성, 미세구조, 결정도, 물성 (예, 경도 또는 인성), 원치않는 불순물의 존재 및 세라믹을 제조하기 위해 사용할 특정 공정의 요구되는 특성 (장치 및 융합 및(또는) 고형화 단계 이전에 및(또는) 그 중에 임의의 원료 정제 단계 포함)을 고려한다.

일부 경우에, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, TeO₂, V₂O₃, 및 이들의 조합물로 이루어진 군 중에서 선택된 금속 산화물의 제한량을 혼입하는 것이 바람직할 수 있다. 시판되고 있는 공급원을 비롯한, 공급원으로는 산화물 자체, 산화물 복합체, 원소 (예, Si) 분말, 광석, 탄산염, 아세트산염, 질산염, 염화물, 수산화물 등이 포함된다. 이러한 금속 산화물을 첨가하여, 예를 들면 생성되는 유리-세라믹의 물리적 성질을 변형시키고(시키거나) 가공성을 개선할 수 있다. 이러한 금속 산화물을 사용할 때

는 전형적으로 예를 들면, 목적하는 성질에 따라 총괄적으로 유리-세라믹의 0 초과 내지 20 중량% (일부 실시양태에서는, 총괄적으로 0 초과 내지 10 중량% (일부 실시양태에서는, 0 초과 내지 5 중량%)로, 심지어는 총괄적으로 0 초과 내지 2 중량%)로 첨가할 수 있다.

물질의 미세구조 또는 상 조성 (유리질/결정질)은 여러가지 방법으로 측정할 수 있다. 다양한 정보를, 예를 들면 광학 현미경, 전자 현미경, 시차 열 분석법 (DTA) 및 x-선 회절법 (XRD)을 사용하여 얻을 수 있다.

광학 현미경을 사용하면, 비정질 물질은 전형적으로 결정 경계면과 같은 광 산란점이 없으므로 현저하게 투명하고, 반면 결정질 물질은 결정 구조를 나타내고 광산란 효과로 인해 불투명하다.

입자 (예, 비드)에 대해 비정질 (또는 유리) 수율%를 $-100+120$ 메쉬의 크기 분획 (즉, 150 마이크로미터의 개구 크기와 125 마이크로미터의 개구 크기 스크린 사이에서 수집된 분획)을 사용하여 계산할 수 있다. 하기의 방식으로 측정한다. 단일층의 입자, 비드 등을 유리 슬라이드 상에 스프레딩한다(spread). 입자, 비드 등을 광학 현미경을 사용하여 관찰한다. 광학 현미경 접안렌즈에서의 십자선을 가이드로 사용하여, 직선으로 놓여있는 입자, 비드 등을 그들의 광학적 투명도에 따라 비정질 또는 결정질을 카운팅한다. 총 500개의 입자, 비드 등이 전형적으로 카운팅되지만, 보다 적은 입자, 비드 등이 사용될 수도 있고 비정질 수율%는 비정질 입자, 비드 등의 양을 카운팅한 총 입자, 비드 등으로 나뉘어 결정한다. 본 발명에 따른 방법의 실시양태에서 비정질 (또는 유리)의 수율%는 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95 이상, 심지어는 100%이다.

모든 입자가 비정질 (또는 유리)인 것이 바람직하고, 최종 수율이 100% 미만이라면, 비정질 (또는 유리) 입자를 비-비정질 (또는 비-유리) 입자로부터 분리할 수 있다. 이러한 분리는, 예를 들면 밀도 또는 광학적 투명도를 기준으로 분리하는 것을 비롯하여 통상의 기술을 사용하여 수행할 수 있다.

DTA를 사용하여, 물질의 대응하는 DTA 결과가 발열성 결정화 사건 (T_x)을 포함한다면 그 물질은 비정질인 것으로 분류된다. 동일한 결과가 또한 T_x 미만의 온도에서 흡열성 사건 (T_g)을 포함한다면 그것은 유리상으로 이루어진 것으로 생각된다. 물질의 DTA 결과가 이러한 사건을 포함하지 않는다면, 그것은 결정질 상을 함유하는 것으로 생각된다.

시차 열 분석법 (DTA)은 하기의 방법을 사용하여 수행할 수 있다. $-140+170$ 메쉬의 크기 분획 (즉, 105 마이크로미터의 개구 크기와 90 마이크로미터의 개구 크기 스크린 사이에서 수집된 분획)을 사용하여 (독일 쉘브 소재의 네쯔스히 인스트루먼트(Netzsch Instruments)로부터 상표명 "NETZSCH STA 409 DTA/TGA"로 입수한 것과 같은 기구를 사용함) DTA를 시행할 수 있다. 각 스크리닝된 샘플의 소정량 (전형적으로 약 400 밀리그램(mg))을 100 마이크로리터들이 Al_2O_3 샘플 홀더에 둔다. 각 샘플을 정적인 공기 중에서 실온 (약 25 °C)에서부터 1100 °C로 10 °C/분의 속도로 가열한다.

분말 x-선 회절법 (XRD)을 사용하여 (미국 뉴저지주 마와 소재의 필립스 (Phillips)로부터 상표명 "PHILLIPS XRG 3100"으로 입수한 것과 같은 x-선 회절기를 1.54050 Å의 구리 K α_1 을 조사하면서 사용함), 결정화된 물질의 XRD 결과에 나타난 피크를 인터내셔널 센터 포 디프랙션 데이터(International Center for Diffraction Data)에 의해 간행된 JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) 데이터베이스에서 제공되는 결정질 상의 XRD 패턴과 비교함으로써 물질에 존재하는 상을 결정할 수 있다. 게다가, XRD를 정성적으로 사용하여 상의 유형을 결정할 수 있다. 넓게 퍼진 세기의 피크가 존재하면 물질의 비정질 특성을 나타내는 것으로 간주된다. 넓은 피크와 경계가 분명한 피크가 모두 존재하면 유리 매트릭스 내에 결정질 물질이 존재한다는 것을 나타내는 것으로 간주된다.

초기에 형성된 유리는 크기에 있어서 목적하는 것보다 클 수 있다. 유리가 목적하는 기하학적 형상 및(또는) 크기를 갖는다면, 전형적으로 크기를 줄일 필요가 없다. 유리 또는 유리-세라믹은 롤 분쇄, 조오 분쇄(jaw crushing), 해머 밀링(hammer milling), 볼 밀링(ball milling), 제트 밀링(jet milling), 충격 분쇄 등을 비롯한, 당분야에 알려져 있는 분쇄 및(또는) 세분 기술을 사용하여 보다 작은 조각으로 전환할 수 있다. 일부 경우에, 2 단계 이상의 분쇄 단계를 갖는 것이 바람직하다. 예를 들면, 세라믹이 형성된 후에 (고형화), 그것은 목적하는 것보다 큰 형태일 수 있다. 제1 분쇄 단계는 이러한 비교적 큰 덩어리 (mass 또는 chunk)를 분쇄하여 보다 작은 조각을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 이와 같이 덩어리를 분쇄하는 것은 해머 밀, 충격 분쇄기 또는 조오 분쇄기를 사용하여 수행할 수 있다. 그 후에 이러한 보다 작은 조각을 이어서 분쇄하여 목적하는 입자 크기의 분포를 생성할 수 있다. 목적하는 입자 크기 분포 (때로는 그리트(grit) 크기 또는 등급이라고 지칭함)를 생성하기 위해, 다단계의 분쇄 단계를 수행하는 것이 필요할 수 있다. 일반적으로 분쇄 조건은 목적하는 입자 형상(들) 및 입자 크기 분포를 달성하도록 최적화된다. 목적하는 크기가 아닌 생성된 입자는, 이들이 너무 크다면 재분쇄하거나, "재활용"하고, 너무 작다면 재용융하기 위한 원료로 사용할 수 있다.

입자의 형상은, 예를 들면 세라믹의 조성 및(또는) 미세구조, 냉각될 때의 기하학적 형태, 및 세라믹이 분쇄되는 방식(즉, 사용되는 분쇄 기술)에 좌우될 수 있다. 일반적으로, "뭉툭한" 형상이 바람직한 경우에는, 이 형상을 만들기 위해 보다 많은 에너지가 사용될 수 있다. 반대로, "날카로운" 형상이 바람직한 경우에는, 이 형상을 만들기 위해 보다 적은 에너지가 사용될 수 있다. 분쇄 기술은 또한 상이한 목적하는 형상을 만들기 위해 변경될 수 있다. 일부 입자의 경우 1:1 내지 5:1의 범위, 일부 실시양태에서는 1.25:1 내지 3:1, 심지어는 1.5:1 내지 2.5:1의 평균 종횡비(aspect ratio)가 전형적으로 바람직하다.

예를 들어, 목적하는 형상으로 제품을 직접 형성하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함된다. 예를 들면, 목적하는 제품을 용융물을 주형으로 붓거나 형성함으로써 형성(성형을 포함함)할 수 있다. 또한 이에 대해서는, 예를 들어 본 출원과 동일자로 출원된 일련 번호 제10/358,772호의 미국 출원에 개시되어 있는 형성 기술을 참조하기 바란다.

본 발명에 따라 제조된 세라믹의 실시양태는 치수에 있어서 제한 없이 얻어질 수 있다. 이는 유리 전이 온도를 초과한 온도에서 수행하는 유착 단계를 통해 가능하다는 것이 밝혀졌다. 본질적으로 이 유착 단계는 2개 이상의 보다 작은 입자로부터 보다 큰 크기의 형태를 형성한다. 예를 들면, 도 5에서 알 수 있는 것처럼, 본 발명에 따라 제조된 유리는 발열성 사건(T_x)보다 낮은 온도에서 흡열성 사건(T_g)이 나타나는 것으로 알 수 있는 것처럼 상당한 결정화(T_x)가 일어나기 전에 유리 전이(T_g)가 일어난다. 예를 들면, 세라믹(결정화 전의 유리를 포함함)은 또한 입자 등이 유착하여 형상을 만들도록 예를 들어, 유리를 포함하는 입자 및(또는) 섬유 등을 T_g 를 초과하여 가열하고 유착된 형상을 냉각시킴으로써 제공될 수 있다. 유착시키기 위해 사용되는 온도 및 압력은, 예를 들면 유리의 조성 및 생성되는 물질의 목적하는 밀도에 좌우될 수 있다. 온도는 유리 전이 온도보다 높아야 한다. 특정 실시양태에서, 약 850 °C 내지 약 1100 °C 범위(일부 실시양태에서는, 900 °C 내지 1000 °C)의 적어도 한 온도에서 가열한다. 전형적으로, 유리는 유리의 유착을 보조하기 위해 유착 중에 압력(예, 0 초과 내지 1 GPa 이상)하에 있다. 한 실시양태에서, 일정 충전량의 입자 등을 다이(die)에 두고 유동하는 점성 유리가 비교적 큰 부속품으로 유착되는 유리 전이 온도를 초과한 온도에서 고온-프레싱(hot-pressing)을 수행한다. 전형적인 유착 기술의 예로는 고온 프레싱, 고온 이소스태틱 프레싱, 고온 압출, 고온 포징(hot forging) 등(예, 소결, 플라즈마 보조 소결)이 포함된다. 예를 들면, 유리를 포함하는 입자(예를 들어, 분쇄하여 얻음)(비드 및 마이크로스피어를 포함함), 섬유 등을 보다 큰 입자 크기로 만들 수 있다. 또한 유착에 의해 목적하는 형태로 형상화할 수 있다. 전형적으로, 추가의 열 처리 전에 생성된 유착물을 냉각시키는 것이 일반적으로 바람직하다. 필요하다면, 열처리 후에 유착물을 보다 작은 입자 크기 또는 목적하는 입자 크기 분포로 분쇄할 수 있다.

일반적으로, 열처리는 유리를 열처리하여 유리-세라믹을 제공하기 위한 당분야에서 알려져 있는 방법들을 비롯한 여러 가지 방법으로 수행할 수 있다. 예를 들면, 열처리는 저항로, 유도로 또는 가스 가열로를 사용하여 회분식으로 수행할 수 있다. 이와 달리, 예를 들면 열처리(또는 그의 일부)를 회전 가마, 유동층 로, 또는 진동 가마를 사용하여 연속적으로 수행할 수 있다. 회전 가마 또는 진동 가마일 경우에는, 물질을 전형적으로 승온에서 작동하는 가마로 직접 공급한다. 유동층 로일 경우에는, 열처리할 유리를 전형적으로 기체(예, 공기, 불활성 또는 환원성 기체) 중에 현탁시킨다. 승온에서의 시간은 수초(일부 실시양태에서는 심지어 5초 미만) 내지 수분, 수시간일 수 있다. 온도는 전형적으로 유리의 T_x 내지 1600 °C, 보다 전형적으로는 900 °C 내지 1600 °C, 일부 실시양태에서는 1200 °C 내지 1500 °C의 범위이다. 다단계(예, 결정핵생성을 위한 단계, 결정 성장을 위한 또다른 단계, 치밀화 또한 전형적으로 결정 성장 단계 중에 일어남)로 열처리의 일부를 수행하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함된다. 다단계 열처리를 수행할 때, 전형적으로 결정핵생성 및 결정 성장 속도 중 어느 하나를 또는 둘 모두를 조절하는 것이 바람직하다. 일반적으로, 대부분의 세라믹 가공 작업 중에, 상당한 결정 성장 없이 치밀화를 최대로 달성하는 것이 바람직하다. 이론에 구애됨이 없이, 일반적으로, 세라믹 분야에서는 결정 크기가 보다 클 때 기계적 성질이 퇴행하고 반면에 평균 결정 크기가 보다 미세할 때 기계적 성질이 개선되는 것(예, 보다 높은 강도 및 보다 높은 경도)으로 생각된다. 특히, 평균 결정 크기가 0.15 마이크로미터 미만이거나, 심지어는 0.1 마이크로미터 미만이고, 밀도가 이론상 밀도의 90, 95, 97, 98, 99 이상, 심지어는 100% 이상인 세라믹을 형성하는 것이 매우 바람직하다.

본 발명의 일부 실시양태에서, 유리 또는 유리를 포함하는 세라믹을 열처리하기 전에 어닐링(annealed)할 수 있다. 이러한 경우에 어닐링을 전형적으로 유리의 T_x 보다 낮은 온도에서 수초 내지 수시간, 심지어는 수일간 수행한다. 전형적으로, 어닐링을 3시간 미만, 심지어는 1시간 미만의 시간 동안 수행한다. 임의로, 어닐링을 또한 공기를 제외한 대기에서 수행할 수도 있다. 게다가, 열처리의 상이한 단계(즉, 결정핵생성 단계 및 결정 성장 단계)를 상이한 대기하에서 수행할 수 있다. 본 발명에 따른 유리의 T_g 및 T_x , 뿐만 아니라 $T_x - T_g$ 는 열 처리 중에 사용되는 대기에 따라 변할 수 있는 것으로 생각된다.

당업자는 당분야에서 알려져 있는 기술을 사용하여 유리의 시간-온도-변형 (TTT) 연구로부터 적절한 조건을 결정할 수 있다. 당업자는, 본 발명의 개시내용을 읽은 후에, 본 발명에 따라 유리-세라믹을 제조하는 데 사용된 유리의 TTT 곡선을 제공하고, 적절한 결정핵생성 및(또는) 결정 성장 조건을 결정하여 본 발명에 따른 유리-세라믹을 제공할 수 있어야 한다.

예를 들면, 승온에서 물질을 로에 직접 공급함으로써 열처리할 수 있다. 이와 달리, 예를 들면, 물질을 훨씬 낮은 온도 (예, 실온)에서 로에 공급하고, 그 후에 예정된 가열 속도로 목적하는 온도로 가열할 수 있다. 공기를 제외한 대기에서 열처리를 수행하는 것이 본 발명의 범주 내에 포함된다. 일부 경우에는 심지어 환원성 대기(들) 중에서 열처리하는 것이 바람직할 수도 있다. 또한, 예를 들면 고온-이소스테틱 프레스, 또는 기체 가압 로에서와 같이 기체 압력 하에서 열처리하는 것이 바람직할 수도 있다. 이론에 구애됨이 없이, 대기가 유리 및 유리-세라믹 성분의 일부의 산화 상태에 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각된다. 산화 상태가 이와 같이 달리지면 유리 및 유리-세라믹의 착색이 달라질 수 있다. 또한, 결정핵생성 및 결정화 단계도 대기에 의해 영향을 받을 수 있다 (예를 들면, 대기는 유리의 일부 종의 원자 이동성에 영향을 미칠 수 있음).

물질의 목적하는 성질을 보다 더 개선하기 위해 추가로 열처리를 수행하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함된다. 예를 들면, 고온-이소스테틱 프레스를 수행하여 (예를 들면, 약 900 °C 내지 약 1400 °C의 온도에서) 잔류하는 다공성을 제거하고, 그 결과 물질의 밀도를 증가시킬 수 있다.

생성된 제품 또는 열처리된 제품을 전환 (예, 분쇄)시켜 입자 (예, 본 발명에 따른 연마제 입자)를 제공하는 것이 본 발명의 범주 내에 포함된다.

전형적으로, 유리로부터 형성되는 유리-세라믹은 그 유리보다 강하다. 따라서, 물질의 강도는 예를 들면, 유리가 결정질 세라믹 상(들)으로 전환되는 정도에 따라 조절될 수 있다. 이와 달리, 또는 이와 더불어, 물질의 강도는 또한 예를 들면, 생성되는 결정핵생성 부위의 갯수에도 영향을 받을 수 있고, 그 결정핵생성 부위는 이번에는 결정질 상(들)의 결정의 갯수, 이어서 그들의 크기에 영향을 미치는 데 사용될 수 있다. 유리-세라믹의 형성에 대한 추가의 세부사항들은 예를 들어, 문헌 [Glass-Ceramics, P. W. McMillan, Academic Press, Inc., 2nd edition, 1979]을 참조하기 바란다.

여러가지 유형의 기타 세라믹 가공 (예, 소성된 물질의 치밀하고 소결된 세라믹 물질로의 소결)과 비교하여, 유리-세라믹을 형성하기 위한 유리의 결정화 중에 수축이 비교적 거의 일어나지 않는다 (전형적으로, 30 부피% 미만, 일부 실시양태에서는, 20 부피%, 10 부피%, 5 부피% 미만, 심지어는 3 부피% 미만). 실제 수축 정도는 예를 들면, 유리의 조성, 열처리 시간, 열처리 온도, 열처리 압력, 결정화되는 유리의 밀도, 형성된 결정질 상의 상대량(들), 및 결정화 정도에 좌우된다. 수축 정도는 팽창계수 측정법, 아르키메데스법(Archimedes method), 또는 열처리 전후에 물질의 치수를 측정하는 것을 비롯한 당분야에 알려져 있는 통상의 기술로 측정할 수 있다. 일부 경우에는, 열처리 중에 휘발성 종들이 약간 방출될 수 있다.

일부 실시양태에서, 비교적 낮은 수축의 특징이 특히 유리할 수 있다. 예를 들면, 제품을 목적하는 형상 및 치수로 유리 상으로 형성하고 (즉, 근사 정형), 그 후에 열처리하여 유리를 적어도 부분적으로 결정화할 수 있다. 그 결과, 결정화된 물질의 제조 및 기계 가공과 관련하여 실질적인 비용 절감이 실현될 수 있다.

일부 실시양태에서, 유리는 각각 길이가 1 cm 이상 (일부 실시양태에서는, 5 cm 이상, 심지어는 10 cm 이상)인 x, y, z 방향을 갖고, 여기서 유리는 부피를 가지며, 생성된 유리-세라믹은 각각 길이가 1 cm 이상 (일부 실시양태에서는, 5 cm 이상, 심지어는 10 cm 이상)인 x, y, z 방향을 갖고, 유리-세라믹은 부피가 유리 부피의 70% 이상 (일부 실시양태에서는, 75, 80, 85, 90, 95, 96 이상, 심지어는 97 이상)이다.

예를 들면, 유리-세라믹을 제조하기 위해 예시의 일부 유리를 열처리하는 중에, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 와, ZrO_2 가 존재한다면, 입방계/정방정계 ZrO_2 , 일부 경우에는 단사정계 ZrO_2 와 같은 상이 약 900°C를 초과한 온도에서 형성될 수 있다. 이론에 구애됨이 없이, 지르코니아-관련 상이 유리로부터 결정핵을 형성하는 제1 상인 것으로 생각된다. Al_2O_3 , ReAlO_3 (여기서, Re는 1종 이상의 희토류 양이온임), $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 등의 상이 일반적으로 약 925 °C를 초과한 온도에서 형성되는 것으로 생각된다. 전형적으로, 이 결정핵생성 단계 중에 결정 크기는 나노미터 정도이다. 예를 들면, 10-15 나노미터만큼 작은 결정이 관찰된다. 적어도 일부 실시양태에서, 약 1300 °C에서 약 1시간 동안 열처리하는 것은 완전한 결정화를 제공한다. 일반적으로, 각 결정핵생성 및 결정 성장 단계의 열처리 시간은 수초 (일부 실시양태에서는 심지어 5초 미만) 내지 수분, 수시간 이상일 수 있다.

평균 결정 크기는 문헌 ["Standard Test Methods for Determining Average Grain Size"]의 ASTM 표준 E112-96에 따른 선절편법(line intercept method)에 의해 측정할 수 있다. 샘플을 전형적으로 직경이 약 2.5 cm이고 높이가 약 1.9 cm인 수지의 실린더에 고정 수지 (예, 미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러(Buehler)로부터 상표명 "TRANSOPTIC POWDER"로 입수한 것)에 고정시킨다. 고정된 절편을 연마기 (예, 미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러로부터 상표명 "ECOMET 3"으로 입수한 것)를 사용하는 통상의 연마 기술을 사용하여 제조한다. 샘플을 약 3분간 다이아몬드 휠로 연마하고, 그 후에 45, 30, 15, 9, 3, 및 1 마이크로미터의 슬러리로 각각 5분간 연마한다. 고정시키고 연마한 샘플을 금-팔라듐의 박막으로 스퍼터링(sputtered)하고 주사 전자 현미경 (예, 미국 매사추세츠주 피바디 소재의 제올(JEOL)로부터의 모델 JSM 840A)을 사용하여 관찰한다. 샘플에서 확인되는 미세구조의 전형적인 후방-산란 전자(BSE) 현미경 사진이 하기와 같이 평균 결정 크기를 결정하는 데 사용된다. 현미경 사진을 가로질러 그린 임의 직선의 단위 길이당 교차하는 결정의 갯수 (N_L)를 카운팅한다. 평균 결정 크기는 하기 방정식을 사용하여 이 갯수로부터 결정된다.

$$\text{평균 결정 크기} = 1.5/N_L M$$

상기 식에서, N_L 은 단위 길이당 교차하는 결정의 갯수이고 M은 현미경 사진의 확대비율이다.

또다른 일면에서, 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹은, 평균 크기가 1 마이크로미터 미만인, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 부피% 이상, 심지어는 100 부피%의 결정을 포함할 수 있다. 또다른 일면에서, 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹은, 평균 크기가 0.5 마이크로미터 미만인, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 부피% 이상, 심지어는 100 부피%의 결정을 포함할 수 있다. 또다른 일면에서, 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹은, 평균 크기가 0.3 마이크로미터 미만인, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 부피% 이상, 심지어는 100 부피%의 결정을 포함할 수 있다. 또다른 일면에서, 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹은, 평균 크기가 0.15 마이크로미터 미만인, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 부피% 이상, 심지어는 100 부피%의 결정을 포함할 수 있다.

본 발명에 따른 세라믹에 존재할 수 있는 결정질 상의 예로는, 알루미나 (예, 알파 및 전이 알루미나), REO (예, La_2O_3), Y_2O_3 , MgO , 1종 이상의 기타 금속 산화물 (예, BaO , CaO , Cr_2O_3 , CoO , Fe_2O_3 , GeO_2 , Li_2O , MnO , NiO , Na_2O , P_2O_5 , Sc_2O_3 , SiO_2 , SrO , TeO_2 , TiO_2 , V_2O_3 , ZnO , HfO_2 , ZrO_2 (예, 입방계 ZrO_2 및 정방정계 ZrO_2)), 뿐만 아니라 "금속 산화물 복합체" (Al_2O_3 · 금속 산화물 복합체 (예, Al_2O_3 · REO 복합체) 포함), Al_2O_3 · 금속 산화물(들) 복합체 (예, Al_2O_3 · REO 복합체 (예, ReAlO_3 (예, GdAlO_3 , LaAlO_3), $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$ (예, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$), 및 $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (예, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)), Al_2O_3 · Y_2O_3 복합체 (예, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), 및 ZrO_2 · REO 복합체 (예, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$) 포함), 및 이들의 조합물이 포함된다. 전형적으로, 본 발명에 따른 세라믹은 공용 미세구조 특성을 갖지 않는다.

Al_2O_3 -금속 산화물 복합체 (예, Al_2O_3 · REO 복합체 및(또는) Al_2O_3 · Y_2O_3 복합체 (예, 가닛 (garnet) 결정 구조를 나타내는 이트륨 알루미네이트))에서의 알루미늄 양이온의 일부를 다른 양이온으로 치환하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함된다. 예를 들면, Al_2O_3 · Y_2O_3 복합체에서의 Al 양이온 일부를, Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si, Co, 및 이들의 조합물로 이루어진 군 중에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 예를 들면, Al_2O_3 · Y_2O_3 복합체에서의 Y 양이온 일부를, Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Th, Tm, Yb, Fe, Ti, Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mg, Ca, Sr, 및 이들의 조합물로 이루어진 군 중에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 게다가, 예를 들면, Al_2O_3 · REO 복합체에서의 희토류 양이온의 일부를 Y, Fe, Ti, Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mg, Ca, Sr, 및 이들의 조합물로 이루어진 군 중에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 전술한 바와 같이 양이온을 치환하는 것은 세라믹의 성질 (예, 경도, 인성, 강도, 열 전도성 등)에 영향을 미칠 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹의 실시양태를 제공하기 위해 비정질을 열처리함으로써 형성되는 결정은, 예를 들면 등축결정, 주상 또는 편평한 널빤지- 유사 특성을 가질 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 예시의 일부 유리 및 유리-세라믹은, 각각 유리 또는 유리-세라믹의 총 중량을 기준으로, 75 중량% 이상 (일부 실시양태에서는 80 이상, 심지어는 85 이상)의 Al_2O_3 , 0 내지 25 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 0 내

지 10, 심지어는 0 내지 5)의 La_2O_3 , 5 내지 25 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 5 내지 20, 심지어는 10 내지 20)의 Y_2O_3 , 0 내지 8 중량% 범위 (일부 실시양태에서는, 0 내지 4, 심지어는 0 내지 2)의 MgO 를 포함한다. 일부 실시양태에서, 유리 또는 유리-세라믹은 각각 유리 또는 유리-세라믹의 총 중량을 기준으로, 10 중량% 이하 (일부 실시양태에서는, 0.5 내지 5, 0.5 내지 2, 또는 0.5 내지 1의 범위)의 양으로 SiO_2 를 더 포함한다.

본 발명에 따라 제조된 예시의 일부 유리 및 유리 세라믹은 각각 유리 또는 유리 세라믹의 총 중량을 기준으로, 75 중량% 이상 (일부 실시양태에서는, 80, 85 이상, 심지어는 90 이상)의 Al_2O_3 , 및 10 중량% 이하 (일부 실시양태에서는, 0.5 내지 5, 0.5 내지 2, 또는 0.5 내지 1의 범위)의 양으로 SiO_2 를 포함한다.

유리 또는 유리-세라믹이 벌크 물질 형태일 수 있지만, 본 발명에 따른 유리, 유리-세라믹 등을 포함하는 복합체를 제공하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함된다. 이러한 복합체는, 예를 들면 본 발명에 따른 유리, 유리-세라믹 등에 분산된 상 또는 섬유 (연속상 또는 불연속상) 또는 입자 (단결정 포함) (예, 금속 산화물 입자, 붕소화물 입자, 카바이드 입자, 질화물 입자, 다이아몬드 입자, 금속성 입자, 유리 입자, 및 이들의 조합물) 또는 적층-복합체 구조체 (예, 유리-세라믹 및(또는) 상이한 조성의 유리-세라믹 층을 제조하는 데 사용되는 유리에 대한 유리-세라믹의 그라디언트(*gradient*))를 포함할 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 특정 유리는, 예를 들어 T_g 가 약 750 °C 내지 약 950 °C의 범위일 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹의 평균 경도는 하기와 같이 측정할 수 있다. 재료의 절편을 전형적으로 직경이 약 2.5 cm이고 높이가 약 1.9 cm인 수지의 실린더에 고정 수지 (예, 미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러로부터 상표명 "TRANSOPTIC POWDER"로 입수한 것)에 고정시킨다. 고정된 절편은 연마기 (예, 미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러로부터 상표명 "ECOMET 3"로 입수한 것)를 사용하는 통상의 연마 기술을 사용하여 제조한다. 샘플을 약 3 분간 다이아몬드 휠로 연마하고, 그 후에 45, 30, 15, 9, 3, 및 1 마이크로미터의 슬러리로 각각 5분간 연마한다. 마이크로 경도는 100 g의 압흔 하중을 사용하는 비커스(Vickers) 압자가 장착된 통상의 마이크로경도 시험기 (예, 일본 도쿄 소재의 미추토요 코포레이션 (Mitutoyo Corporation)으로부터 상표명 "MITUTOYO MVK-VL"으로 입수한 것)를 사용하여 측정한다. 마이크로경도는 문헌 [Test Methods for Microhardness of Materials (1991)]의 ASTM 시험 방법 E384에 제시되어 있는 지침에 따라 측정한다.

본 발명에 따라 제조된 특정 유리는 평균 경도가, 예를 들면, 5 GPa 이상 (보다 바람직하게는, 6 GPa, 7 GPa, 8 GPa, 또는 9 GPa 이상, 전형적으로는 약 5 GPa 내지 약 10 GPa 범위)일 수 있고, 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹은 평균 경도가 5 GPa 이상 (보다 바람직하게는, 6 GPa, 7 GPa, 8 GPa, 9 GPa, 10 GPa, 11 GPa, 12 GPa, 13 GPa, 14 GPa, 15 GPa, 16 GPa, 17 GPa, 또는 18 GPa 이상, 전형적으로는 약 5 GPa 내지 약 18 GPa 범위)일 수 있다. 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 평균 경도가 15 GPa 이상, 일부 실시양태에서는 16 GPa 이상, 17 GPa 이상, 심지어는 18 GPa 이상이 다.

본 발명에 따라 제조된 특정 유리는 열팽창 계수가, 예를 들면 25 °C 이상 내지 약 900 °C의 온도에 걸쳐서 약 $5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 약 $11 \times 10^{-6}/\text{K}$ 의 범위일 수 있다.

전형적으로, 그리고 바람직하게는, 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹의 (실제) 밀도 (때로는 비중이라고 지칭함)는 전형적으로 이론상 밀도의 70% 이상이다. 보다 바람직하게는, 본 발명에 따라서 제조된 유리 및 유리-세라믹의 (실제) 밀도는 이론상 밀도의 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 99.5% 이상, 심지어는 100%이다. 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 밀도가 이론상 밀도의 85%, 90%, 92%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 99.5% 이상, 심지어는 100%이다.

본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹을, 예를 들어 충전제, 강화재, 및(또는) 매트릭스 물질로서 사용하여 제품을 제조할 수 있다. 예를 들면, 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹은 복합체에서 강화재로 사용하기에 적합한 입자 및(또는) 섬유의 형태일 수 있다 (예, 세라믹, 금속, 또는 중합체 (열경화성 또는 열가소성)). 입자 및(또는) 섬유는 예를 들어, 매트릭스 물질의 모듈러스, 내열성, 내마모성 및(또는) 강도를 증가시킬 수 있다. 복합체를 제조하는 데 사용되는 입자 및(또는) 섬유의 크기, 형상 및 양이, 예를 들면 특정 매트릭스 물질 및 복합체의 용도에 좌우될 수 있지만, 강화 입자의 크기는 전형적으로 약 0.1 내지 1500 마이크로미터, 보다 전형적으로는 1 내지 500 마이크로미터, 바람직하게는 2 내지 100 마이크로미터의 범위이다. 중합체 응용을 위한 입자의 양은 전형적으로 약 0.5 중량% 내지 약 75 중량%, 보다 전형

적으로는 약 1 중량% 내지 약 50 중량%이다. 열경화성 중합체의 예로는, 페놀, 멜라민, 우레아 포름알데히드, 아크릴레이트, 에폭시, 우레탄 중합체 등이 포함된다. 열가소성 중합체의 예로는 나일론, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리우레탄, 폴리에스테르, 폴리아미드 등이 포함된다.

강화된 중합체 물질 (즉, 중합체에 분산된 본 발명에 따라 제조된 강화 입자)을 사용하는 예로는, 예를 들어 콘크리트, 가구, 바닥, 도로, 목재, 목재-유사 물질, 세라믹 등을 위한 보호 코팅, 뿐만 아니라 스키드 방지용 코팅 및 사출성형된 플라스틱 부속품 및 요소들이 포함된다.

게다가, 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹을, 예를 들면 매트릭스 물질로서 사용할 수 있다. 예를 들면, 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹을 다이아몬드, 입방계-BN, Al_2O_3 , ZrO_2 , Si_3N_4 및 SiC와 같은 세라믹 물질 등을 위한 결합체로서 사용할 수 있다. 이러한 물질을 포함하는 유용한 제품의 예로는 복합체 기판 코팅, 절삭 공구 삽입물, 연마제 응집체, 및 용화된 휠과 같은 결합형 연마 제품이 포함된다. 본 발명에 따라 제조된 유리 및 유리-세라믹을 예를 들면, 복합체 제품의 탄성계수, 내열성, 내마모성, 및(또는) 강도를 증가시키기 위해 결합체로서 사용할 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 일반적으로 결정질 세라믹 (예를 들면, 결정질 세라믹 75, 80, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99.5 이상, 심지어는 100 부피%)을 포함한다. 또다른 일면에서, 본 발명은, 다수의 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따른 연마제 입자인, 미세한 입자에서부터 굵은 입자까지의 입자 크기 분포를 갖는 다수의 입자를 제공한다. 또다른 일면에서, 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자의 실시양태는 일반적으로 본 발명에 따라 제조된 유리-세라믹을 (예를 들면, 75, 80, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99.5 이상, 심지어는 100 부피%) 포함한다.

본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 ANSI(미국 표준 협회), FEPA(유럽 연마제 연합), 및 JIS(일본 산업 규격)와 같은 해당 산업에서 공인한 등급 기준을 사용하는 것을 비롯하여, 당분야에 널리 알려져 있는 기술을 사용하여 스크리닝 및 유별될 수 있다. 넓은 범위의 입자 크기, 전형적으로는 약 0.1 내지 약 5000 마이크로미터, 보다 전형적으로는 약 1 내지 약 2000 마이크로미터, 바람직하게는 약 5 내지 약 1500 마이크로미터, 보다 바람직하게는 약 100 내지 약 1500 마이크로미터 범위의 크기의 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 사용할 수 있다.

소정의 입자 크기 분포에서, 굵은 입자에서부터 미세한 입자까지의 입자 크기가 있을 것이다. 연마제 분야에서는 이 범위를 때로는 "굵은", "대조" 및 "미세한" 분류이라고 지칭한다. 해당 산업에서 허용되는 등급 기준에 따라 유별된 연마제 입자는 한계값 내에서 각 공칭 등급에 대해 입자 크기 분포를 명시한다. 이러한 해당 산업에서 허용되는 등급 기준에는 미국 표준 협회(ANSI) 기준, 유럽 연마제 연합 (FEPA) 기준, 및 일본 산업 규격 (JIS)의 기준으로 알려져 있는 것들이 포함된다. ANSI 등급 표시 (즉, 특정 공칭 등급)에는 ANSI 4, ANSI 6, ANSI 8, ANSI 16, ANSI 24, ANSI 36, ANSI 40, ANSI 50, ANSI 60, ANSI 80, ANSI 100, ANSI 120, ANSI 150, ANSI 180, ANSI 220, ANSI 240, ANSI 280, ANSI 320, ANSI 360, ANSI 400, 및 ANSI 600이 포함된다. FEPA 등급 표시에는 P8, P12, P16, P24, P36, P40, P50, P60, P80, P100, P120, P150, P180, P220, P320, P400, P500, P600, P800, P1000 및 P1200이 포함된다. JIS 등급 표시에는 JIS8, JIS12, JIS16, JIS24, JIS36, JIS46, JIS54, JIS60, JIS80, JIS100, JIS150, JIS180, JIS220, JIS240, JIS280, JIS320, JIS360, JIS400, JIS600, JIS800, JIS1000, JIS1500, JIS2500, JIS4000, JIS6000, JIS8000 및 JIS10,000이 포함된다.

분쇄 및 스크리닝 후에, 전형적으로 여러가지의 상이한 연마제 입자 크기 분포 또는 등급이 있을 것이다. 이러한 여러가지의 등급은 특정한 때에 제조업자 또는 공급업자의 요구에 부응하지 않을 수 있다. 재고품을 최소화하기 위해, 수요가 없는 등급을 용융물로 재활용하여 유리를 형성하는 것이 가능하다. 이러한 재활용은 분쇄 단계 후에 수행되고, 여기서 입자는 특정 분포로 스크리닝되지 않은 큰 덩어리 또는 보다 작은 조각 (때로는, "미세한 입자"라고 지칭함)이다.

또다른 일면에서, 본 발명은 본원에 기술되어 있는 유리 입자 또는 유리를 포함하는 입자들을 열처리하여 본 발명에 따른 유리-세라믹을 포함하는 연마제 입자를 제공하는 단계를 포함하는, 연마제 입자의 제조 방법을 제공한다. 이와 달리, 본 발명은 예를 들어, 본원에서 기술되어 있는 유리를 열처리하고, 생성된 열처리한 물질을 분쇄하여 본 발명에 따른 유리-세라믹을 포함하는 연마제 입자를 제공하는 단계를 포함하는, 연마제 입자의 제조 방법을 제공한다. 분쇄하였을 때, 유리는 상당히 결정화된 유리-세라믹 또는 결정질 물질을 분쇄하는 것보다 날카로운 입자를 제공하는 경향이 있다.

또다른 일면에서, 본 발명은 각각 결합체를 통해 함께 결합되어 있는 본 발명에 따라 제조된 다수의 연마제 입자를 포함하는 연마제 그레인(grain) 응집체를 제공한다. 또다른 일면에서, 본 발명은 연마제 입자의 적어도 일부가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자 (연마제 입자가 응집된 것 포함)인, 결합체 및 다수의 연마제 입자를 포함하는 연마 제품 (예, 코팅된 연마 제품, 결합형 연마 제품 (용화성, 수지성, 및 금속 결합형 분쇄 휠, 컷오프 휠, 고정점(mounted point) 및 호닝 스톤(honing stone) 포함), 부직포 연마 제품, 및 연마 브러쉬)를 제공한다. 이러한 연마 제품의 제조 방법 및 연마 제품의 사용

방법은 당업자에게 널리 알려져 있다. 게다가, 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 연마 화합물 (예, 연마 화합물), 밀링 매체, 쇼트 블래스트 매체(shot blast media), 진동 밀 매체 등과 같은 연마제 입자를 사용하는 연마제 응용에서 사용할 수 있다.

코팅된 연마 제품은 일반적으로 이판, 연마제 입자 및 연마제 입자를 이판 상에 유지하기 위한 1종 이상의 결합제를 포함한다. 이판은 직물, 중합체 필름, 섬유, 부직 웹, 종이, 이들의 조합물 및 이들을 처리한 형태를 비롯한 임의의 적합한 물질일 수 있다. 결합제는 무기 또는 유기 결합제 (열 경화성 수지 및 방사선 경화성 수지를 포함)를 비롯한 임의의 적합한 결합제일 수 있다. 연마제 입자는 코팅된 연마 제품의 한 층 또는 두 층에 존재할 수 있다.

코팅된 연마 제품의 예가 도 1에 도시되어 있다. 도 1을 참조하면, 코팅된 연마 제품(1)은 이판(기판)(2) 및 연마층(3)을 갖는다. 연마층(3)은 메이크 코트(5)(make coat) 및 사이즈 코트(6)(size coat)에 의해 이판(2)의 주요 표면에 고정된, 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자(4)를 포함한다. 일부 경우에, 슈퍼사이즈 코트 (도시되지 않음)(supersize coat)가 사용된다.

결합형 연마 제품은 전형적으로 유기, 금속성 또는 유리질 결합제에 의해 함께 유지되는 연마제 입자의 형상화된 덩어리를 포함한다. 이러한 형상화된 덩어리는 예를 들면, 연삭 휠 또는 컷오프 휠과 같은 휠의 형태일 수 있다. 연삭 휠의 직경은 전형적으로 약 1 cm 내지 1 m 초과이고, 컷오프 휠의 직경은 약 1 cm 내지 80 cm 초과 (보다 전형적으로는 3 cm 내지 약 50 cm)이다. 컷오프 휠 두께는 전형적으로 약 0.5 mm 내지 약 5 cm, 보다 전형적으로는 약 0.5 mm 내지 약 2 cm이다. 형상화된 덩어리 또한 예를 들면, 호닝 스톤, 단편, 고정점, 디스크 (예, 이중 디스크 연삭기) 또는 다른 통상적인 결합형 연마제 형상일 수 있다. 결합형 연마 제품은 결합형 연마 제품의 총 부피를 기준으로, 전형적으로 약 3-50 부피%의 결합 물질, 약 30-90 부피%의 연마제 입자 (또는 연마제 입자 블렌드), 50 부피% 이하의 첨가제 (연삭 보조제를 포함함) 및 70 부피% 이하의 공극을 포함한다.

예시용 연삭 휠이 도 2에 도시되어 있다. 도 2를 참조하면, 연삭 휠(10)이 도시되어 있고, 이는 휠로 성형되고 바퀴통(12) 상에 고정된 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자(11)를 포함한다.

부직포 연마 제품은 전형적으로 구조체에 분포되고 유기 결합제에 의해 그 안에서 점착 결합되는 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 갖는 개방된 공극의 솟아난 중합체 필라멘트 구조를 포함한다. 필라멘트의 예로는 폴리에스테르 섬유, 폴리아미드 섬유 및 폴리아라미드 섬유가 포함된다. 예시용 부직포 연마 제품이 도 3에 도시되어 있다. 도 3을 참조하면, 전형적인 부직포 연마 제품의 약 100 배 확대한 개략도가 도시되어 있고, 이는 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자(52)가 결합제(54)에 의해 부착되는, 기판으로서 섬유상 매트(50)를 포함한다.

유용한 연마제 브러시는 이판과 함께 다수의 강모 단위를 갖는 것을 포함한다 (예를 들어, 미국 특허 제5,427,595호 (Pihl 등), 미국 특허 제5,443,906호 (Pihl 등), 미국 특허 제5,679,067호 (Johnson 등), 및 미국 특허 제5,903,951호 (Ionta 등)를 참조). 바람직하게는, 이러한 브러시는 중합체와 연마제 입자의 혼합물을 사출성형함으로써 제조된다.

연마 제품을 제조하기에 적합한 유기 결합제에는 열경화성 유기 중합체가 포함된다. 적합한 열경화성 유기 중합체의 예로는 페놀 수지, 우레아-폼알데하이드 수지, 멜라민-폼알데하이드 수지, 우레탄 수지, 아크릴레이트 수지, 폴리에스테르 수지, 펜던트 α, β -불포화 카르보닐기를 갖는 아미노플라스트 수지, 에폭시 수지, 아크릴화된 우레탄, 아크릴화된 에폭시 및 이들의 조합물이 포함된다. 결합제 및(또는) 연마 제품은 또한 섬유, 활택제, 습윤제, 요변성 물질, 계면활성제, 안료, 염료, 정전기 방지제(예, 카본 블랙, 바나듐 산화물, 흑연 등), 커플링제 (예, 실란, 티타네이트, 지르코알루미네이트 등), 가스제, 현탁제 등과 같은 첨가제를 포함할 수 있다. 이러한 임의의 첨가제의 양은 목적하는 성질을 제공하도록 선택된다. 커플링제는 연마제 입자 및(또는) 충전제에 대한 부착을 개선할 수 있다. 결합제 화합물은 열 경화, 방사선 경화될 수 있거나 이들이 조합될 수 있다. 결합제 화합물에 대한 추가 세부사항은 미국 특허 제4,588,419호 (Caul 등), 미국 특허 제4,751,138호 (Tumey 등) 및 미국 특허 제5,436,063호 (Follett 등)에서 찾아볼 수 있다.

유리질 결합형 연마제에 있어서 보다 구체적으로, 비정질 구조를 나타내고 전형적으로 경질인 유리질 결합 물질은 당분야에 널리 알려져 있다. 일부 경우에, 유리질 결합 물질은 결정질 상을 포함한다. 본 발명에 따른 결합형 유리질 연마 제품은 휠 (컷오프 휠을 포함함), 호닝 스톤, 고정점 또는 다른 통상적인 결합형 연마제 형상일 수 있다. 일부 실시양태에서, 본 발명에 따른 유리질 결합형 연마 제품은 연삭 휠 형태이다.

유리질 결합 물질을 형성하는 데 사용되는 금속 산화물의 예로는 실리카, 실리케이트, 알루미늄, 소다, 칼시아(calcia), 포타시아(potassia), 티타니아, 철 산화물, 아연 산화물, 리튬 산화물, 마그네시아, 보리아(boria), 알루미늄 실리케이트, 보로 실리케이트 유리, 리튬 알루미늄 실리케이트, 이들의 조합물 등이 포함된다. 전형적으로, 유리질 결합 물질은 10 내지

100%의 유리 원료를 포함하는 조성물로부터 형성될 수 있으나, 보다 전형적으로는 상기 조성물은 20 내지 80%의 유리 원료 또는 30 내지 70%의 유리 원료를 포함한다. 유리질 결합 물질의 나머지 부분은 유리 원료가 아닌 물질일 수 있다. 이와 달리, 유리질 결합은 유리 원료가 아닌 물질을 함유하는 조성물로부터 유래할 수 있다. 유리질 결합 물질은 전형적으로 약 700 °C 내지 약 1500 °C, 통상적으로는 약 800 °C 내지 1300 °C, 때로는 약 900 °C 내지 약 1200 °C, 심지어는 약 950 °C 내지 약 1100 °C 범위의 온도에서 성숙된다. 결합이 성숙되는 실제 온도는 예를 들면, 특정 결합 화학에 좌우된다.

일부 실시양태에서, 유리질 결합 물질은 실리카, 알루미나 (바람직하게는, 10 중량% 이상의 알루미나) 및 보리아 (바람직하게는, 10 중량% 이상의 보리아)를 포함하는 것들을 포함한다. 대부분의 경우에, 유리질 결합 물질은 알칼리 금속 산화물(들) (예, Na_2O 및 K_2O) (일부 경우에, 10 중량% 이상의 알칼리 금속 산화물(들))을 더 포함한다.

결합제 물질은 또한 전형적으로 미립자 물질 형태로 충전제 물질 또는 연삭 보조제를 함유할 수 있다. 전형적으로, 미립자 물질은 무기 물질이다. 본 발명을 위하여 유용한 충전제의 예로는, 금속 탄산염 (예, 칼슘 탄산염 (예, 초크(chalk), 방해석, 이회토(marl), 석회화(travertine), 대리석 및 석회암), 칼슘 마그네슘 탄산염, 나트륨 탄산염, 마그네슘 탄산염), 실리카 (예, 석영, 유리 비드, 유리 버블 및 유리 섬유), 실리케이트 (예, 활석, 점토, (몬트모릴로나이트(montmorillonite)) 장석, 운모, 칼슘 실리케이트, 칼슘 메타실리케이트, 나트륨 알루미늄 실리케이트, 나트륨 실리케이트) 금속 술페이트 (예, 칼슘 술페이트, 바륨 술페이트, 나트륨 술페이트, 알루미늄 나트륨 술페이트, 알루미늄 술페이트), 석고, 질석(vermiculite), 목재분, 알루미늄 삼산화물, 카본 블랙, 금속 산화물 (예, 칼슘 산화물(석회(lime))), 알루미늄 산화물, 티탄 이산화물, 및 금속 술페이트 (예, 칼슘 술페이트)가 포함된다.

일반적으로, 연삭 보조제를 첨가하면 연마 제품의 유효한 수명이 연장된다. 연삭 보조제는 화학적 및 물리적 연마 공정에 상당한 영향을 미치고, 그 결과 성능을 개선하는 물질이다. 이론에 구애됨이 없이, 연삭 보조제(들)는 (a) 연마제 입자와 연마될 물질 간의 마찰을 감소시키거나, (b) 연마제 입자가 "캐핑(capping)"되는 것을 방지 (즉, 금속 입자가 연마제 입자의 상부에 단절되는 것을 방지)하거나, 적어도 연마제 입자가 캐핑되는 경향을 감소시키거나, (c) 연마제 입자와 물건의 경계면 온도를 감소시키거나, (d) 연삭 힘을 감소시킬 것이라고 생각된다.

연삭 보조제는 많은 다양한 상이한 물질을 포괄하고, 무기 또는 유기 기재일 수 있다. 연삭 보조제의 화학적 군의 예로는 왁스, 유기 할라이드 화합물, 할라이드 염 및 금속과 이들의 합금이 포함된다. 유기 할라이드 화합물은 전형적으로 연마 도중 파괴되고 할로젠 산 또는 기체상 할라이드 화합물을 방출할 것이다. 이러한 물질의 예로는 염소화된 왁스 유사 테트라클로로나프탈렌, 펜타클로로나프탈렌 및 폴리비닐 염화물이 포함된다. 할라이드 염의 예로는 나트륨 염화물, 칼륨 크리올라이트, 나트륨 크리올라이트, 암모늄 크리올라이트, 칼륨 테트라플루오로보레이트, 나트륨 테트라플루오로보레이트, 불소화구소, 칼륨 염화물 및 마그네슘 염화물이 포함된다. 금속의 예로는 주석, 납, 비스무스, 코발트, 안티몬, 카드뮴 및 철 티탄이 포함된다. 다른 기타 연삭 보조제로는 황, 유기 황 화합물, 흑연 및 금속 술페이트가 포함된다. 또한, 상이한 연삭 보조제의 조합물을 사용하는 것 또한 본 발명의 범주 내에 포함되고, 일부 경우에는 그 결과 상승적 효과를 초래할 수 있다.

연삭 보조제는 코팅된 연마 제품 및 결합형 연마 제품에 특히 유용할 수 있다. 코팅된 연마 제품에서, 연삭 보조제는 전형적으로 수퍼사이즈 코트에 사용되고, 이는 연마제 입자의 표면 상에 도포된다. 그러나, 때로는 연삭 보조제는 사이즈 코트에 첨가된다. 전형적으로, 코팅된 연마 제품에 혼입되는 연삭 보조제의 양은 약 50-300 g/m² (바람직하게는, 약 80-160 g/m²)이다. 유리질 결합형 연마 제품에서, 연삭 보조제는 전형적으로 제품의 공극으로 함침된다.

연마 제품은 본 발명에 따른 연마제 입자를 100%로 함유하거나, 이러한 연마제 입자의 기타 연마제 입자 및(또는) 희석제 입자와의 블렌드를 함유할 수 있다. 그러나, 약 2 중량% 이상, 바람직하게는 약 5 중량% 이상, 보다 바람직하게는 약 30-100 중량%의 연마 제품에서의 연마제 입자는 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자이어야 한다. 일부 경우에, 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 또다른 연마제 입자 및(또는) 희석제 입자와 5 - 75 중량%, 약 25 - 75 중량%, 약 40 - 60 중량%, 또는 약 50 - 50 중량% (즉, 동일 중량)의 비율로 블렌딩될 수 있다. 적합한 통상적인 연마제 입자의 예로는 융합된 알루미늄 산화물 (백색 융합 알루미나, 열처리된 알루미늄 산화물 및 갈색 알루미늄 산화물을 포함함), 규소 카바이드, 붕소 카바이드, 티탄 카바이드, 다이아몬드, 입방계 붕소 니트라이드, 가넷, 융합 알루미나-지르코니아 및 졸-겔 유래 연마제 입자 등이 포함된다. 졸-겔 유래 연마제 입자는 시드화(seeded)되거나 시드화되지 않을 수 있다. 마찬가지로, 졸-겔 유래 연마제 입자는 무작위로 형상화되거나 막대기 또는 삼각형과 같은 이들과 연관된 형상일 수 있다. 졸 겔 연마제 입자의 예로는 미국 특허 제4,314,827호 (Leitheiser 등), 미국 특허 제4,518,397호 (Leitheiser 등), 미국 특허 제4,623,364호 (Cottringer 등), 미국 특허 제4,744,802호 (Schwabel), 미국 특허 제4,770,671호 (Monroe 등), 미국 특허 제4,881,951호 (Wood 등), 미국 특허 제5,011,508호 (Wald 등), 미국 특허 제5,090,968호 (Pellow), 미국 특허 제5,139,978호 (Wood), 미국 특허 제5,201,916호 (Berg 등), 미국 특허 제5,227,104호 (Bauer), 미국 특허 제5,366,523호 (Rowenhorst 등), 미국 특허 제5,429,647호 (Larmie), 미국 특허 제5,498,269호 (Larmie) 및 미국 특허 제5,551,963호

(Larmie)에 개시되어 있는 것들이 포함된다. 원료원으로 알루미늄 분말을 사용하여 제조되는 소결된 알루미늄 연마제 입자에 대한 추가 세부사항은 또한 예를 들면, 미국 특허 제5,259,147호 (Falz), 미국 특허 제5,593,467호 (Monroe) 및 미국 특허 제5,665,127호 (Moltgen)에서 찾아볼 수 있다. 융합된 연마제 입자에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제1,161,620호 (Coulter), 미국 특허 제1,192,709호 (Tone), 미국 특허 제1,247,337호 (Saunders 등), 미국 특허 제1,268,533호 (Allen) 및 미국 특허 제2,424,645호 (Baumann 등), 미국 특허 제3,891,408호 (Rowse 등), 미국 특허 제3,781,172호 (Pett 등), 미국 특허 제3,893,826호 (Quinan 등), 미국 특허 제4,126,429호 (Watson), 미국 특허 제4,457,767호 (Poon 등), 미국 특허 제5,023,212호 (Dubots 등), 미국 특허 제5,143,522호 (Gibson 등) 및 미국 특허 제5,336,280호 (Dubots 등)와, 일련 번호 제09/495,978호, 일련 번호 제09/496,422호, 일련 번호 제09/496,638호 및 일련 번호 제09/496,713호 (각각 2000년 2월 2일자로 출원) 및 일련 번호 제09/618,876호, 일련 번호 제09/618,879호, 일련 번호 제09/619,106호, 일련 번호 제09/619,191호, 일련 번호 제09/619,192호, 일련 번호 제09/619,215호, 일련 번호 제09/619,289호, 일련 번호 제09/619,563호, 일련 번호 제09/619,729호, 일련 번호 제09/619,744호 및 일련 번호 제09/620,262호 (각각 2000년 7월 19일자로 출원), 일련 번호 제09/704,843호 (2000년 11월 2일자로 출원) 및 일련 번호 제09/772,730호 (2001년 1월 30일자로 출원)의 미국 출원에서 찾아볼 수 있다. 세라믹 연마제 입자에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 일련 번호 제09/922,526호, 일련 번호 제09/922,527호, 일련 번호 제09/922,528호, 및 일련 번호 제09/922,530호 (2001년 8월 2일자로 출원하고 현재는 포기됨), 일련 번호 제10/211,597호, 일련 번호 제10/211,638호, 일련 번호 제10/211,629호, 일련 번호 제10/211,598호, 일련 번호 제10/211,630호, 일련 번호 제10/211,639호, 일련 번호 제10/211,034호, 일련 번호 제10/211,044호, 일련 번호 제10/211,628호, 일련 번호 제10/211,491호, 일련 번호 제10/211,640호, 및 일련 번호 제10/211,684호 (각각 2002년 8월 2일자로 출원), 및 일련 번호 제10/358,910호, 일련 번호 제10/358,855호, 일련 번호 제10/358,772호, 및 일련 번호 제10/358,765호 (본 출원과 동일자로 출원)의 미국 출원에서 찾아볼 수 있다. 일부 경우에, 연마제 입자의 블렌드는 각 유형의 연마제 입자를 100%로 포함하는 연마제 제품과 비교하여 개선된 연삭 성능을 나타내는 연마제 제품이 될 수 있다.

연마제 입자의 블렌드일 경우, 블렌드를 형성하는 연마제 입자의 유형은 동일한 크기일 수 있다. 이와 달리, 연마제 입자 유형은 상이한 입자 크기일 수 있다. 예를 들면, 보다 큰 크기의 연마제 입자가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자이고, 보다 작은 크기의 입자는 또다른 연마제 입자 유형일 수 있다. 반대로, 예를 들면, 보다 작은 크기의 연마제 입자가 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자이고, 보다 큰 크기의 입자는 또다른 연마제 입자 유형일 수 있다.

적합한 회석제 입자의 예로는 대리석, 석고, 부싯돌, 실리카, 철 산화물, 알루미늄 실리케이트, 유리 (유리 버블 및 유리 비드를 포함함), 알루미늄 버블, 알루미늄 비드 및 회석제 응집체가 포함된다. 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 또한 연마제 응집체 중에 또는 연마제 응집체와 함께될 수 있다. 연마제 응집체 입자는 전형적으로 다수의 연마제 입자, 결합제 및 임의의 첨가제를 포함한다. 결합제는 유기 및(또는) 무기일 수 있다. 연마제 응집체는 무작위 형상이거나 이들과 연관된 예정된 형상을 가질 수 있다. 그 형상은 블록, 실린더, 피라미드, 코인, 사각형 등일 수 있다. 연마제 응집체 입자는 전형적으로 입자 크기가 약 100 내지 약 5000 마이크로미터, 전형적으로는 약 250 내지 약 2500 마이크로미터의 범위이다. 연마제 응집체 입자에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제4,311,489호 (Kressner), 미국 특허 제4,652,275호 (Bloecher 등), 미국 특허 제4,799,939호 (Bloecher 등), 미국 특허 제5,549,962호 (Holmes 등), 및 미국 특허 제5,975,988호 (Christianson) 및 일련 번호 제09/688,444호 및 일련 번호 제09/688,484호, 일련 번호 제09/688,486호 (2000년 10월 16일 출원), 및 일련 번호 제09/971,899호, 일련 번호 제09/972,315호, 일련 번호 제09/972,316호 (2001년 10월 5일자로 출원)의 미국 출원에서 찾아볼 수 있다.

연마제 입자는 연마제 제품 중에 균일하게 분포하거나 연마제 제품의 선택된 영역 또는 부분에 집중될 수 있다. 예를 들면, 코팅된 연마제에서, 두 층의 연마제 입자가 존재할 수 있다. 제1 층은 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 제외한 연마제 입자를 포함하고, 제2 (최외부) 층은 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 포함한다. 마찬가지로 결합형 연마제에서, 연삭 휠에 2개의 개별 구역이 존재할 수 있다. 최외부 구역은 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자를 포함하고, 반면 최심부 구역은 그렇지 않을 수 있다. 이와 달리, 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 결합형 연마제 제품에 균일하게 분포될 수 있다.

코팅된 연마제 제품에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제4,734,104호 (Broberg), 미국 특허 제4,737,163호 (Larkey), 미국 특허 제5,203,884호 (Buchanan 등), 미국 특허 제5,152,917호 (Pieper 등), 미국 특허 제5,378,251호 (Culler 등), 미국 특허 제5,417,726호 (Stout 등), 미국 특허 제5,436,063호 (Follett 등), 미국 특허 제5,496,386호 (Broberg 등), 미국 특허 제5,609,706호 (Benedict 등), 미국 특허 제5,520,711호 (Helmin), 미국 특허 제5,954,844호 (Law 등), 미국 특허 제5,961,674호 (Gagliardi 등) 및 미국 특허 제5,975,988호 (Christianson)에서 찾아볼 수 있다. 결합형 연마제 제품에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제4,543,107호 (Rue), 미국 특허 제4,741,743호 (Narayanan 등), 미국 특허 제4,800,685호 (Haynes 등), 미국 특허 제4,898,597호 (Hay 등), 미국 특허 제4,997,461호 (Markhoff-Matheny 등), 미국 특허 제5,037,453호 (Narayanan 등), 미국 특허 제5,110,332호 (Narayanan 등) 및 미국 특허 제5,863,308호 (Qi 등)에서 찾아볼 수 있다. 유리질 결합형 연마제에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제

4,543,107호 (Rue), 미국 특허 제4,898,597호 (Hay 등), 미국 특허 제4,997,461호 (Markhoff-Matheny 등), 미국 특허 제5,094,672호 (Giles Jr. 등), 미국 특허 제5,118,326호 (Sheldon 등), 미국 특허 제5,131,926호 (Sheldon 등), 미국 특허 제5,203,886호 (Sheldon 등), 미국 특허 제5,282,875호 (Wood 등), 미국 특허 제5,738,696호 (Wu 등) 및 미국 특허 제5,863,308호 (Qi)에서 찾아볼 수 있다. 부직포 연마 제품에 대한 추가 세부사항은 예를 들면, 미국 특허 제2,958,593호 (Hoover 등)에서 찾아볼 수 있다.

본 발명은 본 발명에 따라 제조된 1종 이상의 연마제 입자를 물건의 표면과 접촉시키고, 1종 이상의 연마제 입자 또는 접촉한 표면을 이동시켜 상기 물건의 표면의 적어도 일부를 연마제 입자로 연마시키는 단계를 포함하는, 표면의 연마 방법을 제공한다. 본 발명에 따라 제조된 연마제 입자로 연마시키는 방법은 스내깅(snagging) (즉, 고압 고축적 제거)에서부터 연마(polishing) (예를 들면, 의료용 임플란트를 코팅된 연마제 벨트로 연마하는 것)의 범위에 걸치고, 여기서 후자의 것은 전형적으로 보다 미세한 등급 (예, ANSI 220 및 보다 미세함)의 연마제 입자를 사용하여 수행한다. 연마제 입자를 또한 캠축(cam shaft)을 유리질 결합형 휠로 연삭하는 것과 같은 정밀한 연마 응용에서 사용할 수도 있다. 특정 연마용으로 사용되는 연마제 입자의 크기는 당업자들에게 자명할 것이다.

본 발명에 따라 제조된 연마제 입자로 연마시키는 것은 건식 또는 습식으로 행해질 수 있다. 습식 연마에서, 액체는 열은 안개부터 완전히 증명한 형태로 혼입 또는 공급될 수 있다. 통상적으로 사용되는 액체의 예로는 물, 수용성 오일, 유기 활택제 및 에멀전이 포함된다. 액체는 연마와 관련한 열을 감소시키는 역할을 하고(하거나) 활택제로 작용할 수 있다. 액체는 살균제, 소포제 등과 같은 소량의 첨가제를 함유할 수 있다.

본 발명에 따라 제조된 연마제 입자는 알루미늄 금속, 탄소강, 연강, 공구강, 스테인리스강, 경강, 티탄, 유리, 세라믹, 목재, 목재 유사 물질 (예, 합판 및 파티클 보드(particle board)), 페인트, 페인트칠한 표면, 유기 코팅된 표면 등과 같은 물건을 연마시키는 데 유용할 수 있다. 연마시키는 도중에 가해지는 힘은 전형적으로 약 1 내지 약 100 킬로그램의 범위이다.

본 발명의 잇점 및 실시양태는 하기 실시예에 의해 보다 자세히 예시되나, 이들 실시예에 열거된 특정 물질 및 양, 뿐만 아니라 다른 조건 및 세부사항은 본 발명을 부당하게 한정하는 것으로 이해되어서는 안된다. 달리 언급하지 않는 한, 모든 부 및 백분율은 중량을 기준으로 한다. 달리 언급하지 않는 한, 모든 실시예는 유의한 양의 SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 , TeO_2 , As_2O_3 및 V_2O_5 를 함유하지 않는다.

실시예

실시예 1

250 ml들이 폴리에틸렌 병 (직경 7.3 cm)에 다양한 분말 (표 1 (하기)에서 각 실시예에 대해 명시함, 표 2 (하기)에 일람한 원료원을 사용함)의 혼합물 50 g, 이소프로필 알콜 75 g 및 알루미늄 밀링 매체 200 g (실린더형, 높이 및 직경은 모두 0.635 cm임; 알루미늄 99.9%; 미국 콜로라도주 골든 소재의 쿼스(Coors)로부터 입수)을 충전하였다. 폴리에틸렌 병의 내용물을 16 시간 동안 분당 60 회전 (rpm)으로 밀링하였다. 밀링 후에, 밀링 매체를 제거하였으며, 슬러리를 가온 (약 75 °C) 유리 ("파이렉스(PYREX)") 팬에 층으로 붓고, 건조 및 냉각시켰다. 슬러리의 비교적 얇은 물질 층 (즉, 두께가 약 3 mm)과 가온의 팬으로 인해, 슬러리는 5분 내에 케이크를 형성하였고, 약 30분간 건조시켰다. 건조된 물질을 페인트 브러시를 보조로 이용하여 70 메쉬의 스크린 (212 마이크로미터의 개구 크기)을 통하여 스크리닝함으로써 연삭하였다.

표 1.

실시 예	원료 양, g	성분들의 산화물 당량*, 중 량%	비정질 수 율%	유리 전이 온도, T_g , °C	유리 결정화 온도, T_x , °C	T_x T_g , °C
1	Al_2O_3 : 15.2 Al: 24.1 Y_2O_3 : 9.3 SiO_2 : 1.5	Al_2O_3 : 85 Y_2O_3 : 13 SiO_2 : 2	66	894	932	38
* 즉, Al 금속이 Al_2O_3 로 전환될 때 산화물의 상대량						

표 2.

원료	공급원
알루미나 (Al_2O_3) 입자	미국 알칸사스주 보크사이트 소재의 알코아 인더스트리얼 케미컬즈(Alcoa Industrial Chemicals)로부터 입수, 상표명 "Al6SG", 평균 입자 크기 0.4 마이크로미터
알루미늄 (Al) 입자	미국 매사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 애사르(Alfa Aesar)로부터 입수, 입자 크기 -325 메쉬
실리카 (SiO_2) 입자	알파 애사르로부터 입수, 입자 크기 -325 메쉬
이트륨 산화물 (Y_2O_3) 입자	미국 매사추세츠주 소재의 하. 체. 스타르크 뉴튼(H. C. Stark Newton)으로부터 입수

생성된 스크리닝 입자를 수소/산소 토치 화염(torch flame)에 서서히 (약 0.5 g/분) 공급하여 입자를 용융시켰고 이들을 19 리터 (5 갤런)들이 실린더형 용기 (직경 30 센티미터 (cm) 및 높이 34 cm)의 연속 순환하는 난류의 물 (20 °C)에 직접 옮겨 용융된 소적을 신속히 켄칭하였다. 토치는 미국 펜실베이니아주 헬레르타운 소재의 베드레햄 어패러투스 캄파니 (Bethlehem Apparatus Co.)로부터 입수한 베드레햄 벤치 버너 PM2D 모델 B였다. 토치를 위한 수소 및 산소 흐름 속도는 다음과 같았다. 내부 고리에 대하여, 수소 흐름 속도는 8 SLPM (standard liters per minute)이었고, 산소 흐름 속도는 3.5 SLPM이었다. 외부 고리에 대하여, 수소 흐름 속도는 23 SLPM이었고, 산소 흐름 속도는 12 SLPM이었다. 화염이 물과 만나는 각도는 약 45°였고, 버너부터 수면까지의 화염 길이는 약 18 센티미터 (cm)이었다. 생성된 (켄칭된) 비드를 팬에 수집하고 건조될 때까지 (약 30분) 전기로 가열하는 로에서 110 °C에서 건조시켰다. 비드는 구형이었고 크기에 있어서 수 마이크로미터부터 약 250 마이크로미터 이하까지 다양하였고 샘플 내에서 다양하게 투명 (즉, 비정질) 및(또는) 불투명 (즉, 결정질)하였다. 비정질 물질 (유리질 물질 포함)은 전형적으로 결정 경계면과 같은 광산란점이 없기 때문에 현저하게 투명하고, 반면 결정질 입자는 결정 경계면의 광 산란 효과로 인해 불투명하였다. 시차 열 분석법 (DTA)에 의해 비정질 및 유리가 확인될 때까지, 투명한 화염-형성된 비드는 단지 비정질인 것으로 생각되었다.

비정질 수율%를 -100+120 메쉬의 크기 분획 (즉, 150 마이크로미터의 개구 크기와 125 마이크로미터의 개구 크기 스크린 사이에서 수집된 분획)을 사용하여 생성된 화염-형성된 비드로부터 계산하였다. 하기의 방식으로 측정하였다. 단일 층의 비드를 유리 슬라이드 상에 스프레딩하였다. 비드를 광학 현미경을 사용하여 관찰하였다. 광학 현미경 접안렌즈에서의 십자선을 가이드로 사용하여, 직선을 따라 십자선과 수평으로 일치하는 비드를 그들의 광학적 투명도에 따라 비정질 또는 결정질을 카운팅하였다. 총 500개의 비드가 전형적으로 카운팅되었지만, 비정질 수율%는 비정질 비드의 양을 카운팅한 총 비드로 나워서 결정하였다.

상 조성 (유리/비정질/결정질)을 시차 열 분석법 (DTA)을 통해 결정하였다. 물질의 대응하는 DTA 결과가 발열성 결정화 사건 (T_x)을 포함한다면 그 물질을 비정질이라고 분류하였다. 동일한 결과가 또한 T_x 보다 낮은 온도에서 흡열성 사건 (T_g)을 포함한다면 그것은 유리상으로 이루어진 것으로 생각되었다. 물질의 DTA 결과가 이러한 사건을 포함하지 않는다면, 결정질 상을 포함하는 것으로 생각되었다.

시차 열 분석법 (DTA)을 하기의 방법을 사용하여 실시예 1의 비드로 수행하였다. -140+170 메쉬의 크기 분획 (즉, 105 마이크로미터의 개구 크기와 90 마이크로미터의 개구 크기 스크린 사이에서 수집된 분획)을 사용하여 (독일 셀브 소재의 네쯔스 인스트루먼트로부터 상표명 "NETZSCH STA 409 DTA/TGA"로 입수한 것과 같은 기구를 사용함) DTA를 시행하였다. 각 스크리닝된 샘플의 일정량을 100 마이크로리터들이 Al_2O_3 샘플 홀더에 두었다. 각 샘플을 정적인 공기 중에서 실온 (약 25 °C)에서부터 1100 °C로 10 °C/분의 속도로 가열하였다.

도 5에 도시되어 있는, 실시예 1에서 제조한 비드의 DTA 결과는 결과의 곡선에서 아래로 향하는 변화로 알 수 있는 것처럼, 약 894 °C의 온도에서 흡열성 사건을 나타냈다. 이 사건은 유리 물질의 유리 전이 (T_g) 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 그 물질은 유리인 것으로 판명되었다.

실시에 1에서 제조한 유리 비드 약 5 g을 전기로 가열하는 로에서 15분간 1250 °C에서 열처리함으로써 결정화하였다. 열처리한 비드는 광학 현미경을 사용하여 관찰하였을 때 불투명하였다 (열처리하기 전에, 비드는 투명하였음). 열처리한 비드의 불투명성은 유리의 적어도 일부의 결정화 때문인 것으로 생각된다. 유리질 재료는 전형적으로 결정 경계면과 같은 광산란점이 없기 때문에 현저하게 투명하였고, 반면 결정질 물질은 결정 경계면의 광산란 효과로 인해 불투명하였다.

결정화된 비드를 직경이 약 2.5 cm이고 높이가 약 1.9 cm인 수지의 실린더에서 고정 수지 (미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러로부터 상표명 "TRANSOPTIC POWDER"로 입수한 것)에 고정시켰다. 고정된 절편은 연마기 (예, 미국 일리노이주 레이크 블러프 소재의 뷔홀러로부터 상표명 "ECOMET 3"로 입수한 것)를 사용하는 통상의 연마 기술을 사용하여 제조하였다. 샘플을 약 3분간 다이아몬드 휠로 연마하였고, 그 후에 45, 30, 15, 9, 3, 및 1 마이크로미터의 슬러리로 각각 5분간 연마하였다. 마이크로경도를 100 g의 압흔 하중을 사용하는 비커스 압자가 장착된 통상의 마이크로경도 시험기 (예, 일본 도쿄 소재의 미추도요 코포레이션으로부터 상표명 "MITUTOYO MVK-VL"으로 입수한 것)를 사용하여 측정하였다. 마이크로경도를 문헌 [Test Methods for Microhardness of Materials (1991)]의 ASTM 시험 방법 E384에 제시되어 있는 지침에 따라 측정하였다. 10회 측정한 평균을 기준으로, 실시에 1의 평균 경도는 18.8 GPa이었다.

고정시키고 연마한 샘플을 금-팔라듐의 박막으로 스퍼터링하였고 주사 전자 현미경 (미국 매사추세츠주 피바디 소재의 제올로부터의 모델 JSM 840A)을 사용하여 관찰하였다. 평균 그레인 크기를 문헌 ["Standard Test Methods for Determining Average Grain Size"]의 ASTM 표준 E 112-96에 따른 선절편법으로 측정하였다. 샘플에서 확인되는 미세 구조의 전형적인 후방-산란 전자 (BSE) 현미경 사진이 하기와 같이 평균 그레인 크기를 측정하는 데 사용되었다. 현미경 사진을 가로질러 그린 임의 직선의 단위 길이당 교차하는 결정의 갯수 (N_L)를 카운팅하였다. 그 후에 평균 결정 크기를 하기 방정식을 사용하여 이 갯수로부터 결정하였다.

$$\text{평균 결정 크기} = 1.5/N_L M$$

상기 식에서, N_L 은 단위 길이당 교차하는 결정의 갯수이고 M은 현미경 사진의 확대비율이다.

실시에 1의 평균 결정 크기 측정값은 142 nm이었다.

실시에 2-3

사용되는 원료의 양이 하기 표 3에 일람되어 있고, 지르코니아 (ZrO_2) 입자를 미국 오하이오주 매리에타 소재의 지르코니아 세일즈, 인크 (Zirconia Sales, Inc.)로부터 상표명 "DK-2" (평균 입자 크기 2 마이크로미터)로 입수한다는 것을 제외하고는, 실시에 1에서 전술한 바와 같이 실시에 2-3의 비드를 제조하였다.

표 3.

실시 예	원료 양, g	성분들의 산화물 당량*, 중 량%	비정질 수 율%	유리 전이 온도, T_g , °C	유리 결정화 온도, T_x , °C	$T_x -$ T_g , °C
2	Al_2O_3 : 11.9 Al: 19.8 SiO_2 : 4.5 ZrO_2 : 13.9	Al_2O_3 : 75 SiO_2 : 7 ZrO_2 : 18	68	940	959	19
3	Al_2O_3 : 14.5 Al: 24.7 SiO_2 : 3 Y_2O_3 : 14.3	Al_2O_3 : 78 SiO_2 : 4 Y_2O_3 : 18	89	896	934	38
* 즉, Al 금속이 Al_2O_3 로 전환될 때 산화물의 상대량						

비정질 수율%를 상기 실시예 1에서 기술한 바와 같이 생성된 화염-형성된 비드로부터 계산하였다. DTA를 상기 실시예 1에서 기술한 바와 같이 수행하였다. 비정질 수율% 데이터, 유리 전이 온도 (T_g) 및 결정화 (T_x) 온도를 상기 표 3에 기록하였다.

실시예 2 및 3의 유리 비드 약 5 g을 전기로 가열하는 로에서 대기압 (즉, 약 1 기압) 하에서 15분간 1250 °C에서 열처리함으로써 결정화하였다. 생성된 열처리한 비드는 광학 현미경을 사용하여 관찰하였을 때 불투명하였다 (열처리하기 전에, 비드는 투명하였음). 열처리한 비드의 불투명성은 유리의 적어도 일부의 결정화 때문인 것으로 생각된다.

실시예 2 및 3 각각의 평균 경도 및 평균 결정 크기를 실시예 1 (상기)에서 기술한 바와 같이 측정하였고, 하기 표 4에 기록하였다.

표 4.

실시예	평균 경도, Gpa	평균 결정 크기, nm
2	20.2	98
3	19.8	142

실시예 4-7

사용되는 원료의 양을 하기 표 5에 기록하였고, 원료원을 하기 표 6에 기록하였다는 것을 제외하고는, 실시예 4-7의 비드를 상기 실시예 1에서 기술한 바와 같이 제조하였다. 실시예 4-7은 동일한 조성을 갖지만, 상이한 공급원으로부터의 실리카는 상이한 평균 입자 크기를 갖는다.

표 5.

실시예	원료 양, g	성분들의 산화물 당량*, 중량%	비정질 수율%	유리 전이 온도, T_g , °C	유리 결정화 온도, T_x , °C	$T_x - T_g$, °C
4	Al ₂ O ₃ : 14.5 Al: 24.7 SiO ₂ : 3 Y ₂ O ₃ : 14.3	Al ₂ O ₃ : 78 SiO ₂ : 4 Y ₂ O ₃ : 18	82	896	935	39
5	Al ₂ O ₃ : 14.5 Al: 24.7 SiO ₂ : 3 Y ₂ O ₃ : 14.3	Al ₂ O ₃ : 78 SiO ₂ : 4 Y ₂ O ₃ : 18	82	894	934	40
6	Al ₂ O ₃ : 14.5 Al: 24.7 SiO ₂ : 3 Y ₂ O ₃ : 14.3	Al ₂ O ₃ : 78 SiO ₂ : 4 Y ₂ O ₃ : 18	70	891	935	44
7	Al ₂ O ₃ : 14.5 Al: 24.7 SiO ₂ : 3 Y ₂ O ₃ : 14.3	Al ₂ O ₃ : 78 SiO ₂ : 4 Y ₂ O ₃ : 18	74	899	935	36
* 즉, Al 금속이 Al ₂ O ₃ 로 전환될 때 산화물의 상대량						

표 6.

원료	공급원
알루미나 (Al_2O_3) 입자	미국 알칸사스주 보크사이트 소재의 알코아 인더스트리얼 케미컬즈로부터 입수, 상표명 "A16SG", 평균 입자 크기 0.4 마이크로미터
알루미늄 (Al) 입자	미국 매사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 애사르로부터 입수, 입자 크기 -325 메쉬
이트륨 산화물 (Y_2O_3) 입자	미국 매사추세츠주 소재의 하. 체. 스타르크 뉴튼으로부터 입수
실시예 4에서 사용되는 실리카 (SiO_2) 입자	미국 일리노이주 투스코라 소재의 캐보트 코퍼레이션 (Cabot Corp.)으로부터 입수, 상표명 "CAB-O-SIL M5", 평균 입자 (응집체) 크기 0.2-0.3 마이크로미터
실시예 5에서 사용되는 실리카 (SiO_2)	데구사(Degussa)로부터 입수, 상표명 "AEROSIL OX-50", 평균 입자 크기 40 nm
실시예 6에서 사용되는 실리카 (SiO_2) 입자	미국 매사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 애사르로부터 입수, 평균 입자 크기 2 마이크로미터
실시예 7에서 사용되는 실리카 (SiO_2) 입자	미국 일리노이주 오타와 소재의 유에스 실리카 (US Silica)로부터 입수, 상표명 "SIL-CO-SIL 45", 입자 크기 -325 메쉬

비정질 수율%를 상기 실시예 1에서 기술한 바와 같이 생성된 화염-형성된 비드로부터 계산하였다. DTA를 상기 실시예 1에서 기술한 바와 같이 수행하였다. 실시예 4-7의 유리 전이 온도 (T_g) 및 결정화 온도 (T_x)를 상기 표 5에 기록하였다. 비정질 수율% 데이터를 하기 표 7에 기록하였다.

표 7.

실시예	비정질 수율%	굵은 입자 수율%, >120 메쉬	중간 입자 수율%, >120, <140 메쉬	미세한 입자 수율%, <140 메쉬
4	82	35	13	52
5	82	35	20	46
6	70	12	11	77
7	74	10	16	74

표 7 (상기)을 참조하면, 실시예 4-7의 비정질 수율이 유사한 반면, 실시예 4와 5는 모두 실시예 6 및 7과 비교하여 보다 많은 양의 굵은 유리 비드를 생성한다는 것이 관찰되었다. 이론에 구애됨이 없이, 실시예 6 및 7에서 사용된 SiO_2 공급원의 입자 크기가 보다 크기 때문에 공급물 입자가 화염으로 인해 보다 작은 입자로 분열된 것으로 생각된다. 이론에 구애됨이 없이, SiO_2 입자의 입자 크기가 보다 클 때 (불균일한 팽창, 전도성 때문에) 분열을 일으키는 열적 스트레스가 유발되고, 또한 불균일한 용융을 초래할 수도 있는 것으로 생각된다. 이러한 효과는 SiO_2 공급원의 입자 크기가 50 마이크로미터보다 클 때 보다 우세하게 관찰되었다. 게다가, SiO_2 입자의 입자 크기가 약 5 nm 미만일 때, SiO_2 공급물 입자는 다루기가 어려운 경향이 있는 것으로 관찰되었다 (즉, 공급물 입자의 유동성이 바람직하지 못한 경향이 있음).

본 발명의 다양한 변형 및 수정은 본 발명의 범주 및 취지로부터 벗어나지 않으면서 당업자들에게 자명할 것이고, 본 발명이 본원에 상술된 예시용 실시양태로 부당하게 제한되지 않는 것으로 이해되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

미립자 SiO_2 의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라즈마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜 유리를 제공하는 단계를 포함하는,

유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하는 유리의 제조 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 95 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 유리가 Y_2O_3 , CeO_2 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 , La_2O_3 , Lu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , Sm_2O_3 , Tb_2O_3 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , CuO , ZrO_2 , SrO , LiO_2 , NiO , ZrO_2 및 Fe_2O_3 로 이루어진 군 중에서 선택된 1종 이상의 금속 산화물을 더 포함하는 방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 60 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 6.

제1항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 70 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 7.

제1항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 80 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 8.

제1항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, SiO_2 를 0.5 내지 5 중량%의 범위로 포함하는 방법.

청구항 9.

제1항에 있어서, 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 유리가 Y_2O_3 , CeO_2 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Ho_2O_3 , La_2O_3 , Lu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} , Sm_2O_3 , Tb_2O_3 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , CuO , ZrO_2 , SrO , LiO_2 , NiO , ZrO_2 및 Fe_2O_3 로 이루어진 군 중에서 선택된 1종 이상의 금속 산화물을 더 포함하는 방법.

청구항 11.

제9항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 60 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 12.

제9항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 70 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 13.

제9항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, Al_2O_3 를 80 중량% 이상 포함하는 방법.

청구항 14.

제9항에 있어서, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, SiO_2 를 0.5 내지 5 중량%의 범위로 포함하는 방법.

청구항 15.

제9항에 있어서, 유리가 유리 입자 형태이며, 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 연마제 입자를 유별하여 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 17.

제15항에 있어서, 열처리될 유리 입자가 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 입자로서 제공되고, 입자의 적어도 일부가 다수의 유리 입자인 방법.

청구항 18.

제15항에 있어서, 연마제 입자를 연마 제품에 혼입하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 19.

제1항에 있어서, 유리를 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹을 분쇄하여 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 20.

제19항에 있어서, 연마제 입자를 유별하여 특정 공칭 등급을 갖는 다수의 연마제 입자를 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 21.

제19항에 있어서, 연마제 입자를 연마 제품에 혼입하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 22.

제1항에 있어서, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염에 공급하여 용융물을 제공하는 방법.

청구항 23.

제1항에 있어서, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 플라즈마에 공급하여 용융물을 제공하는 방법.

청구항 24.

미립자 SiO_2 의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라즈마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 , 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하며 T_g 를 갖는 유리 비드를 제공하고,

유리 비드가 유착하여 형상을 형성하도록 유리 비드를 T_g 를 초과하여 가열하고,

유착된 형상을 냉각시켜 유리 제품을 제공하는 단계를 포함하는, 제품의 제조 방법.

청구항 25.

제24항에 있어서, 95 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 26.

제24항에 있어서, 미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 27.

제24항에 있어서, 유리 제품을 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹 제품을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 28.

미립자 SiO_2 의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라즈마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 , 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하며 T_g 를 갖는 유리 비드를 제공하고,

유리 비드를 분쇄하여 유리 분말을 제공하고,

유리 분말이 유착되어 형상을 형성하도록 유리 분말을 T_g 를 초과하여 가열하고,

유착된 형상을 냉각시켜 유리 제품을 제공하는 단계를 포함하는, 제품의 제조 방법.

청구항 29.

제28항에 있어서, 95 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 30.

제28항에 있어서, 미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 31.

제28항에 있어서, 유리 제품을 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹 제품을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 32.

미립자 SiO_2 의 평균 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인, 적어도 Al_2O_3 공급원 및 미립자 SiO_2 공급원을 화염 또는 플라즈마 중 하나에 공급하여 용융물을 제공하고,

용융물을 냉각시켜, 유리가 유리의 총 중량을 기준으로, 60 중량% 이상의 Al_2O_3 및 0.5 내지 10 중량% 범위의 SiO_2 를 포함하며, 10 중량% 이하의 As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 , 및 V_2O_5 를 총괄적으로 포함하며 T_g 를 갖는 유리 비드를 제공하고,

비드를 분쇄하여 유리 분말을 제공하고,

유리 분말이 유착되어 형상을 형성하도록 유리 분말을 T_g 를 초과하여 가열하고,

유착된 형상을 냉각시켜 유리 제품을 제공하는 단계를 포함하는, 제품의 제조 방법.

청구항 33.

제32항에 있어서, 95 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 34.

제32항에 있어서, 미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터의 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 35.

제32항에 있어서, 유리 제품을 열처리하여 유리의 적어도 일부를 유리-세라믹으로 전환시키고 유리-세라믹 제품을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 36.

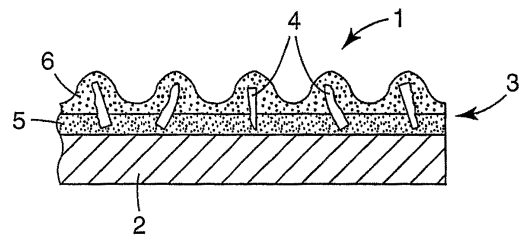
제35항에 있어서, 95 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 5 nm 내지 50 마이크로미터 범위인 방법.

청구항 37.

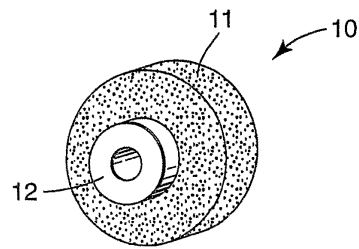
제35항에 있어서, 미립자 SiO_2 공급원의 평균 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위이고, 90 중량% 이상의 미립자 SiO_2 공급원의 하나 이상의 입자 크기가 10 nm 내지 20 마이크로미터 범위인 방법.

도면

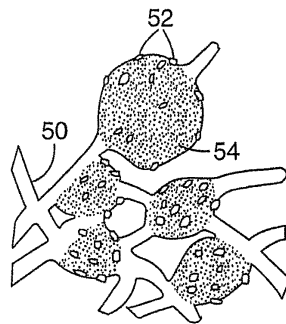
도면1



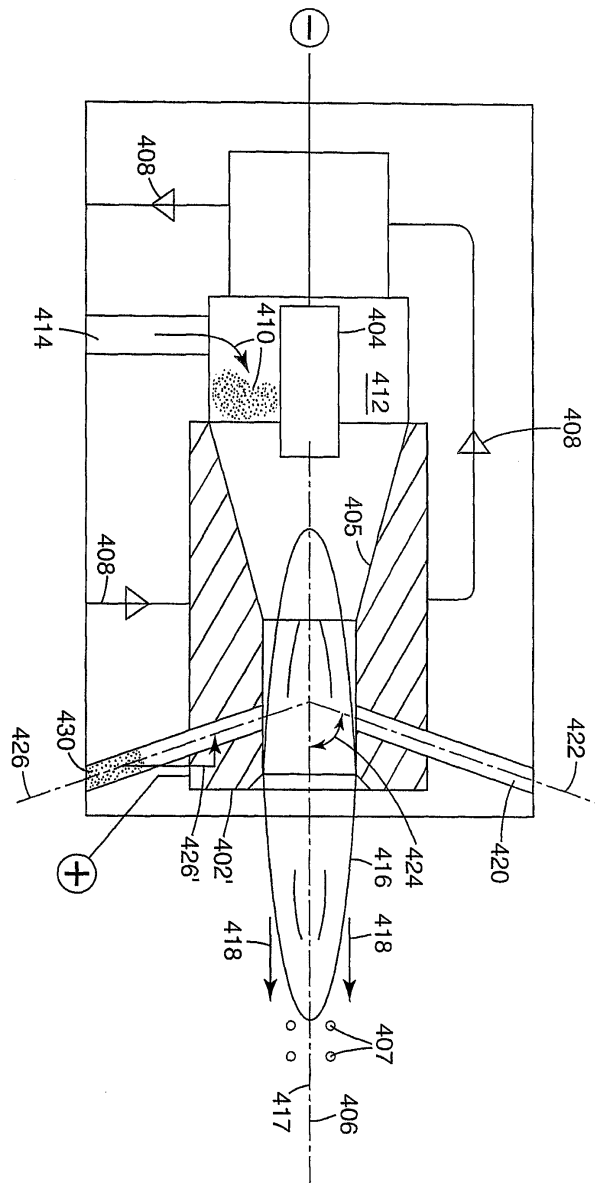
도면2



도면3



도면4



도면5

