

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
C09K 3/14

(11) 공개번호 특2003 - 0004338
(43) 공개일자 2003년01월14일

(21) 출원번호 10 - 2002 - 7009931
(22) 출원일자 2002년08월01일
 번역문 제출일자 2002년08월01일
(86) 국제출원번호 PCT/US2001/03182
(86) 국제출원출원일자 2001년01월31일

(87) 국제공개번호 WO 2001/56950
(87) 국제공개일자 2001년08월09일

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아(실용신안포함), 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 - 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 코스타리카, 쿠바, 체코(실용신안포함), 독일(실용신안포함), 덴마크(실용신안포함), 도미니카연방, 에스토니아(실용신안포함), 스페인, 핀란드(실용신안포함), 영국, 그레나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아(실용신안포함), 시에라리온, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터키, 트리니다드 토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 유고슬라비아, 남아프리카, 짐바브웨, 안티구아바부다, 알제리, 모잠비크, 아랍에미리트, 벨리즈, 대한민국, 카자흐스탄, AP ARIPO특허: 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨, 모잠비크,
EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,
EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터키,
OA OAPI특허: 부르키나파소, 베냉, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기네, 기네비쑈, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장 09/496,638 2000년02월02일 미국(US)
09/619,191 2000년07월19일 미국(US)

(71) 출원인 쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 캄파니
미국 55144 - 1000 미네소타주 세인트 폴 쓰리엠 센터

(72) 발명자 로젠플란츠,아나톨리,제트.
미국55133 - 3427미네소타주세인트폴피.오.박스33427
셀릭카야,아메트
미국55133 - 3427미네소타주세인트폴피.오.박스33427
반지,도나,더블유.
미국55133 - 3427미네소타주세인트폴피.오.박스33427

(74) 대리인

장수길
김영

심사청구 : 없음

(54) 융합된 연마 입자, 연마 용품, 및 이의 제조 및 사용 방법

요약

산화 알루미늄 (151) - 알루미늄 산화 금속 (153) 공유 콜로니 (150)를 포함하는 융합된 마모 입자를 개시했다. 융합된 연마 입자는 피복된 연마재, 결합된 연마재, 부직 연마재 및 연마용 브러쉬 등을 비롯한 다양한 연마 용품으로 혼입될 수 있다.

대표도

도 4

색인어

융합, 마모 입자, 연마재, 연마 용품, 공유물

명세서

기술분야

본 발명은 융합된 연마 입자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 융합된 연마 입자는 결합된 연마재, 피복된 연마재, 부직 연마재 및 연마용 브러쉬 등을 비롯한 다양한 연마 용품으로 혼입될 수 있다.

배경기술

다양한 연마 입자가 당업계에 공지되어 있다 (예를 들면, 다이아몬드 입자, 입방형 질화붕소 입자, 융합된 연마 입자 및 소결된 세라믹 연마 입자 (줄 - 겔 - 유도된 연마 입자 포함). 몇몇 연마 용도에서 상기 연마 입자는 산개(散開)된 (loose) 형태로 사용되고, 다른 용도에서는 상기 입자가 연마 생성물 (예를 들면, 피복된 연마 생성물, 결합된 연마 생성물, 부직 연마 생성물 및 연마용 브러쉬)로 혼입된다. 특정 연마 용도에 사용되는 연마 입자의 선택 기준은 연마 수명, 절단 속도, 기관 표면 마무리, 연삭 효율 및 제조 비용 등이다.

1900년 무렵부터 약 1980년대 중반 무렵까지, 피복되고 결합된 연마 생성물의 사용 등과 같은 연마 용도를 위한 최상의 연마 입자는 전형적으로 융합된 연마 입자였다. 융합된 연마 입자에는 2가지 통상적인 유형이 있다: (1) 융합된 알파 알루미나 연마 입자 [예를 들어 미국 특허 제1,161,620호 (Coulter), 동 제1,192,709호 (Tone), 동 제1,247,337호 (Saunders et al.), 동 제1,268,533호 (Allen) 및 동 제2,424,645호 (Baumann et al.) 참조] 및 (2) 융합된 (때때로 "공 - 융합된" 이라 지칭되기도 함) 알루미나 - 지르코니아 연마 입자 [예를 들어 미국 특허 제3,891,408호 (Rowse et al.), 동 제3,781,172호 (Pett et al.), 동 제3,893,826호 (Quinan et al.), 동 제4,126,429호 (Watson), 동 제4,457,767호 (Poon et al.) 및 동 제5,143,522호 (Gibson et al.) 참조] [또한, 예를 들면, 특정 융합된 옥시질 화물 연마 입자를 보고하는 미국 특허 제5,023,212호 (Dubots et al.) 및 동 제5,336,280호 (Dubots et al.) 참조]. 전형적으로, 융합된 알루미나 연마 입자는 노(爐) (furnace)에 알루미늄 광석 또는 보크사이트 등과 같은 알루미나 공급원 및 기타 원하는 첨가제를 충전하고 상기 물질을 융점 초과 온도 가열하고, 상기 용융물을 냉각시켜 고형화된 덩어리 (mass)를 생성하고, 상기 고형화된 덩어리를 입자로 파쇄한 후, 입자들을 스크리닝 및 등급화하여 원하는 연마

입도 분포를 생성함으로써 제조된다. 전형적으로, 융합된 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자는 노에 알루미늄 공급원과 지르코니아 공급원 모두를 충전하고, 융합된 알루미늄 연마 입자 제조에 사용되는 용융물 보다 상기 용융물을 더욱 신속하게 냉각시킨다는 점을 제외하고는 유사한 방식으로 제조된다. 융합된 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자의 경우, 알루미늄 공급원의 양은 전형적으로 약 50 내지 80 중량%이고 지르코니아의 양은 50 내지 20 중량%이다. 융합된 알루미늄 및 융합된 알루미늄 연마 입자의 제조 방법은 상기 냉각 단계 전에 용융물로부터 불순물을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

융합된 알파 알루미늄 연마 입자 및 융합된 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자는 연마 용도 (피복되고 결합된 연마 생성물을 이용하는 경우 포함)에 여전히 널리 사용되고 있지만, 약 1980년대 중반 무렵 이후 많은 연마 용도에 사용되는 최적의 연마 입자는 졸 - 겔 - 유도된 알파 알루미늄 입자이다 [예를 들어 미국 특허 제4,314,827호 (Leitheiser et al.), 동 제4,518,397호 (Leitheiser et al.), 동 제4,623,364호 (Cottringer et al.), 동 제4,744,802호 (Schwabel), 동 제4,770,671호 (Monroe et al.), 동 제4,881,951호 (Wood et al.), 동 제4,960,441호 (Pellow et al.), 동 제5,139,978호 (Wood), 동 제5,201,916호 (Berg et al.), 동 제5,366,523호 (Rowenhorst et al.), 동 제5,429,647호 (Larmie), 동 제5,547,479호 (Conwell et al.), 동 제5,498,269호 (Larmie), 동 제5,551,963호 (Larmie) 및 동 제5,725,162호 (Garg et al.) 참조].

졸 - 겔 - 유도된 알파 알루미늄 연마 입자는 첨가된 2차 상이 존재하거나 존재하지 않고 매우 미세한 알파 알루미늄 결정으로 구성된 미세구조를 가질 수 있다. 금속에 대한 졸 - 겔 유도된 연마 입자의 연삭 성능은 상기 연마 입자로 제조된 연마 생성물의 수명 등을 통해 측정되는 바와 같이 통상적인 융합된 알루미늄 연마 입자로 제조된 연마 생성물보다 훨씬 더 길었다.

전형적으로, 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자의 제조 방법은 통상적인 융합된 연마 입자의 제조 방법 보다 더 복잡하고 고가이다. 통상적으로, 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자는 전형적으로 물, 알루미늄 일수화물 (뱀석) 및 임의의 해교제 (예를 들면, 질산 등의 산)를 포함하는 분산액 또는 졸을 제조하고, 분산액을 겔화시키고, 겔화된 분산물을 건조시키고, 건조된 분산물을 입자로 파쇄하고, 입자들을 스크리닝하여 원하는 입도의 입자를 생성하고, 상기 입자들을 소성시켜 휘발물질을 제거하고, 소성된 입자들을 알루미늄의 용점 미만의 온도에서 소결시키고, 입자들을 스크리닝 및 등급화하여 원하는 연마 입도 분포를 생성함으로써 제조된다. 종종 산화 금속 개질제(들)을 소결된 연마 입자로 혼입시켜 소결된 연마 입자들의 물리적 성질 및(또는) 미세구조를 변경시키거나 개질시킨다.

다양한 연마 생성물 ("연마 용품"이라 지칭되기도 함)이 당업계에 공지되어 있다. 전형적으로, 연마 생성물은 결합제 및 상기 결합제에 의해 연마 생성물 내에 고정된 연마 입자를 포함한다. 연마 생성물의 예로는 피복된 연마 생성물, 결합된 연마 생성물, 부직 연마 생성물 및 연마용 브러쉬 등이 있다.

결합된 연마 생성물의 예로는 연삭 휠, 컷오프 (cutoff) 휠 및 호닝 지석 (honing stone) 등이 있다. 결합된 연마 생성물 제조에 사용되는 결합 시스템의 주요 유형은 레지노이드 형태, 유리화된 형태 및 금속 형태이다. 레지노이드 결합된 연마제는 유기 결합제 시스템 (예를 들면, 페놀계 결합제 시스템)을 사용하여 연마 입자들을 함께 결합시켜 형상화된 덩어리를 형성한다 [예를 들어 미국 특허 제4,741,743호 (Narayanan et al.), 동 제4,800,685호 (Haynes et al.), 동 제5,038,453호 (Narayanan et al.) 및 동 제5,110,332호 (Narayanan et al.) 참조]. 다른 주요 유형은 유리 결합제 시스템을 사용하여 연마 입자들을 함께 덩어리로 결합시키는 유리화된 휠이다 [예를 들어 미국 특허 제4,543,107호 (Rue), 동 제4,898,587호 (Hay et al.), 동 제4,997,461호 (Markhoff - Matheny et al.) 및 동 제5,863,308호 (Qi et al.) 참조]. 이러한 유리 결합은 보통 900°C 내지 1300°C의 온도에서 숙성된다. 오늘날의 유리화된 휠은 융합된 알루미늄 및 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자를 모두 이용한다. 그러나, 일반적으로, 융합된 알루미늄 - 지르코니아는 부분적으로는 알루미늄 - 지르코니아의 열안정성 때문에 유리화된 휠에 혼입되지 않는다. 유리 결합이 숙성되는 더 높은 온도에서는 알루미늄 - 지르코니아의 물리적 성질이 악화되어 이의 연마 성능이 상당히 감소된다. 전형적으로, 금속 결합

된 연마 생성물은 소결되거나 플레이팅된 금속을 이용하여 연마 입자들을 결합시킨다.

연마 산업은 통상적인 연마 입자 및 생성물에 비해 제조법이 더욱 쉽고, 제조 비용이 더욱 저렴하고(거나) 더 유리한 성능상의 잇점(들)이 있는 연마 입자 및 연마 생성물을 계속 요구하고 있다.

발명의 요약발명의 요약

본 발명은 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공융(共融) (eutectic) 콜로니를 포함 (융합된 결정성 연마 입자 중 산화 금속의 총 체적을 기준으로 바람직하게는 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 98, 99 또는 100 체적% 이상 포함)하는 융합된 결정성 연마 입자를 제공한다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자는 각각의 입자 중의 산화 금속의 총 함량을 기준으로 이론상 산화물 기재의 Al_2O_3 를 30 중량% 이상 (또는 심지어는 40, 50, 60, 70 또는 80 중량% 이상) 포함한다.

다른 측면에서, 본 발명은 입도 분포가 미립자 내지 조립자 범위이고 적어도 일부가 본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자인 복수개의 입자를 제공한다.

다른 측면에서, 본 발명은 1종 이상의 Al_2O_3 공급원 및 1종 이상의 반응성 Al_2O_3 산화 금속 공급원을 용융시켜 용융물을 제공하는 단계, 및 상기 용융물을 본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자로 전환시키는 단계를 포함하는, 본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자의 제조 방법을 제공한다.

이러한 용도에서, "단순 (simple) 산화 금속"이란 1종 이상의 동일한 금속 원소 및 산소로 구성된 산화 금속 (예를 들면, Al_2O_3 , CeO_2 , MgO , SiO_2 및 Y_2O_3)을 지칭하고, "복합 산화 금속"이란 2종 이상의 상이한 금속 원소 및 산소로 구성된 산화 금속 (예를 들면, $CeAl_{11}O_{18}$, $Dy_3Al_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$ 및 $Y_3Al_5O_{12}$)을 지칭하고, "복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속"이란 이론상 산화물 기재의 Al_2O_3 및 Al을 제외한 1종 이상의 금속 원소로 구성된 복합 산화 금속 (예를 들면, $CeAl_{11}O_{18}$, $Dy_3Al_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$ 및 $Y_3Al_5O_{12}$)을 지칭하고, "복합 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ "이란 이론상 산화물 기재의 Al_2O_3 및 Y_2O_3 로 구성된 복합 산화 금속 (예를 들면, $Y_3Al_5O_{12}$)을 지칭하고, "복합 $Al_2O_3 \cdot$ 희토류 산화물"이란 이론상 산화물 기재의 Al_2O_3 및 희토류 산화물로 구성된 복합 산화 금속 (예를 들면, $CeAl_{11}O_{18}$ 및 $Dy_3Al_5O_{12}$)을 지칭하고, "반응성 Al_2O_3 산화 금속"이란 Al_2O_3 와 반응하여 1종 이상의 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 형성할 수 있는, Al_2O_3 을 제외한 산화 금속 (예를 들면, Dy_2O_3 또는 Y_2O_3)을 지칭하고, "희토류 산화물"이란 이론상 산화물 기재의 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 , Th_4O_7 , Tm_2O_3 및 Yb_2O_3 을 지칭하고, "REO"는 희토류 산화물을 의미하며, "입도"는 입자의 최장 치수이다.

본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 피복된 연마재, 결합된 연마재, 부직 연마재 및 연마용 브러쉬 등과 같은 다양한 연마 생성물로 혼입될 수 있다.

또한, 본 발명은 본 발명에 따른 1개 이상의 융합된 연마 입자 (바람직하게는, 본 발명에 따른 복수개의 융합된 연마 입자)와 작업편의 표면을 접촉시키는 단계, 및 본 발명에 따른 융합된 연마 입자 또는 표면 중 하나 이상을 서로에 대해 이동시켜 본 발명에 따른 융합된 연마 입자로 상기 표면의 적어도 일부를 연마시키는 단계를 포함하는, 표면 연마 방법을 제공한다.

본 발명에 따른 바람직한 융합된 연마 입자는 통상의 융합된 연마 입자에 비해 우수한 연삭 성능을 제공한다. 본 발명에 따른 바람직한 융합된 연마 입자는 충분한 미세구조를 가지며 화학적으로 안정하여, 유리화된 결합 시스템을 사용한 통상적인 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자에서 나타나는 연마 성능의 상당한 감소 없이 유리화된 결합 시스템을 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 포함하는 피복된 연마 용품 단편을 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 포함하는 결합된 연마 용품의 사시도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 포함하는 부직 연마 용품을 개략적으로 나타내는 확대도이다.
- 도 4는 공용 콜로니 중 상호침투성 상의 예시적인 일부의 개략도이다.
- 도 5는 실시예 1의 융합된 물질의 시차열분석법 (DTA)에 따른 플롯 및 열중량분석법 (TGA)에 따른 플롯이다.
- 도 6은 비교예 D의 융합된 물질의 DTA 플롯 및 TGA 플롯이다.
- 도 7은 비교예 B의 연마 입자의 DTA 플롯 및 TGA 플롯이다.
- 도 8 및 도 9는 각각 실시예 1 및 실시예 2의 융합된 물질의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 10 및 도 11는 각각 비교예 B 및 비교예 D의 융합된 물질의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 12 내지 도 14는 비교예 B의 연마 입자를 다양한 가열 조건에 노출시킨 후에 이의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 15는 비교예 D의 융합된 물질의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 16은 비교예 D의 연마 입자를 구체화된 가열 조건에 노출시킨 후에 이의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 17 및 도 18은 각각 실시예 4 및 실시예 5의 연마 입자의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 19는 실시예 5의 연마 입자의 DTA 플롯 및 TGA 플롯이다.
- 도 20 내지 도 26은 각각 실시예 6 내지 실시예 12의 연마 입자의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 27은 실시예 3의 연마 입자의 마멸된 단면을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자는 제1 및 제2의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용 콜로니로 구성된다.

본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 적당한 산화 금속들의 공급원을 가열하여 용융물, 바람직하게는 균질한 용융물을 형성한 다음, 상기 용융물을 신속하게 냉각시켜 고형화된 덩어리를 생성하여 제조될 수 있다. 전형적으로, 상기 고형화된 덩어리를 파쇄하여 원하는 입도 분포의 연마 입자들을 생성한다.

더욱 구체적으로, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 노에 Al_2O_3 , 기타 산화 금속 (예를 들면, Y_2O_3 , 희토류 산화물 (들) 등) 공급원 (산화물 기재) 및 기타 임의의 첨가제 (예를 들면, 가공 보조제)를 충전하여 제조될 수 있다. 상기 산화 금속 공급원들은 예를 들어 한꺼번에 용융된 채로 또는 순차적으로 용융된 채로 상기 노에 첨가할 수 있다.

복합 산화 금속(들)을 함유하는 고형화된 용융 물질의 경우, 고형화된 물질의 형성 공정 동안, 용융된 산화 금속 공급원 (즉, 용융물) 중에 존재하는 산화 금속의 적어도 일부를 반응시켜 복합 산화 금속(들)을 형성한다. 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 Y_2O_3 공급원을 반응시켜 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (즉, $5\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Y}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, YAlO_3 (즉, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{YAlO}_3$) 또는 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ (즉, $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Y}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$)를 형성할 수 있다. 유사하게, 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 Er_2O_3 또는 Yb_2O_3 공급원을 반응시켜 각각 $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 및 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 를 형성할 수 있다. 또한, 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 Gd_2O_3 공급원을 반응시켜 GdAlO_3 (즉, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{GdAlO}_3$)를 형성할 수 있다. 유사하게, 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 CeO_2 , Dy_2O_3 , Eu_2O_3 , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_2O_3 또는 Sm_2O_3 공급원을 반응시켜 각각 CeAlO_3 , $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 및 SmAlO_3 를 형성할 수 있다. 또한, 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 La_2O_3 공급원을 반응시켜 LaAlO_3 (즉, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{LaAlO}_3$) 및 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ (즉, $11\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$)을 형성할 수 있다. 유사하게, 예를 들어, Al_2O_3 공급원 및 CeO_2 , Eu_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_2O_3 또는 Sm_2O_3 공급원을 반응시켜 각각 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 및 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$ 을 형성할 수 있다.

생성되는 고형화된 물질 및 궁극적으로는 융합된 연마 입자는 Al_2O_3 및 Y_2O_3 또는 희토류 산화물의 상대적인 비율에 따라 다음을 포함한다:

- (a) 결정성 Al_2O_3 및 결정성 Al_2O_3 - 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (복합 Al_2O_3 · 산화 금속은 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, GdAlO_3 또는 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 임)의 공용물,
- (b) Al_2O_3 - 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 복합 Al_2O_3 · 산화 금속은 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, GdAlO_3 또는 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 임)의 공용물, 및(또는)
- (c) 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 복합 Al_2O_3 · 산화 금속은 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, GdAlO_3 또는 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 임) 및 결정성 Al_2O_3 - 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 복합 Al_2O_3 · 산화 금속은 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, GdAlO_3 또는 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 임)의 공용물.

Al_2O_3 이 Y_2O_3 와 반응하여 2종의 복합 산화 금속을 형성하는 경우, 생성되는 고형화된 물질 및 궁극적으로는 융합된 연마 입자는 Al_2O_3 및 Y_2O_3 의 상대적인 비율에 따라 다음을 포함한다:

- (a) 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 또는 YAlO_3) 및 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 각각 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 또는 YAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (예를 들어 각각 YAlO_3 또는 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$)의 공용물,
- (b) 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 또는 YAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 각각 YAlO_3 또는 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$)의 공용물, 및(또는)
- (c) 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 YAlO_3 또는 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$) 및 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 또는 YAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 각각 YAlO_3 또는 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$)의 공용물.

Al_2O_3 이 희토류 산화물과 반응하여 2종의 복합 산화 금속을 형성하는 경우, 생성되는 고형화된 물질 및 궁극적으로는 융합된 연마 입자는 Al_2O_3 및 희토류 산화물의 상대적인 비율에 따라 다음을 포함한다:

- (a) 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (예를 들어 CeAlO_3 , EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 또는 SmAlO_3) 및 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 CeAlO_3 , EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 또는 SmAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (예를 들면, 각각 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 또는 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$)의 공용물,
- (b) 제1 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 CeAlO_3 , EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 또는 SmAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 Al_2O_3 · 산화 금속 (다시, 예를 들어 각각 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 또는 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$)의 공용물, 및(또는)

(c) 제2의 상이한 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ (다시, 예를 들어 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 또는 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$) 및 제1 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ (다시, 예를 들어 CeAlO_3 , EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 또는 SmAlO_3) - 제2의 상이한 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ (다시, 예를 들어 각각 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 또는 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$)의 공융물.

그러나, 형성된 특정 상들은 용융물 조성 및 고형화 조건 등의 여러가지 요인에 따라 달라진다는 것을 이해해야 한다. 전형적으로, 용융물 조성 및 고형화 조건은 생성되는 고형화된 물질의 많은 부분이 공융물에 의해 점유되도록 하는 것이 바람직하다 (즉, 고형화된 물질의 조성은 상기 물질 내에 존재하는 다양한 산화 금속 상들의 공융 비율과 유사하게 상응함). 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 고형화된 물질이 형성되는 동안의 몇몇 준안정 조건은 또다른 공융물이 형성되도록 할 수 있다. 예를 들어, 통상적인 안정한 조건하에서 공융물이 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 를 형성한다면, 몇몇 준안정 조건하에서는 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAlO}_3$ 공융물이 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 공융물 대신 형성되거나, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 에 추가로 형성될 수 있다.

또한, 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 내 알루미늄 및(또는) 기타의 금속 양이온의 일부를 기타의 양이온으로 치환하는 것도 본 발명의 범위에 속한다. 예를 들어, 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 또는 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 내 Al 양이온 일부를 Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si, Co 및 이들의 조합물로 구성된 군에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 내 Y 양이온의 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 구성된 군에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 내 희토류 양이온의 일부를 Y, Fe, Ti, Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mg, Ca, Sr 및 이들의 조합물로 구성된 군에서 선택된 1종 이상의 원소의 양이온으로 치환할 수 있다. 유사하게, 알루미늄 내 알루미늄 양이온의 일부를 치환하는 것도 본 발명의 범위에 속한다. 예를 들어, Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si 및 Co가 알루미늄 구조물 내 알루미늄을 대신하여 치환될 수 있다. 상기 기재한 바와 같은 양이온 치환은 연마 입자의 성질 (예를 들면, 경도, 강인성, 강도, 열전도성 등)에 영향을 미칠 수 있다.

또한, 당업자라면, 본원을 검토한 후에는 기타의 공융물이 명백할 것이다. 예를 들어, 본원에 개시된 시스템을 위한 추가의 공융물을 포함하는 다양한 공융물을 도시하는 상 도식도가 당업계에 공지되어 있다.

전형적으로, 공융 물질을 함유하는 본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 공융 콜로니로 구성된다. 일반적으로, 개개의 콜로니는 균질한 미세구조 특성 (예를 들면, 콜로니 내 구성 상들의 결정의 배향 및 크기가 유사함)을 보유한다. 전형적으로, 본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자에 불순물이 존재한다면, 이들 불순물은 콜로니 경계선으로 분리되는 경향이 있으며, 단독으로 존재하고(거나) 결정성 및(또는) 무정형 (유리) 상(들)의 반응 생성물 (예를 들면, 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 및(또는) 복합 $\text{Y}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$)로서 존재할 수 있다.

공융 콜로니의 구성성분들은 다음을 포함할 수 있다: (a) 2종의 상이한 단순 산화 금속 (예를 들면, Al_2O_3 상 및 ZrO_2 상), (b) 단순 산화 금속 (예를 들면, Al_2O_3 상) 및 복합 산화 금속 (예를 들면, GdAlO_3 상), 또는 (c) 2종의 상이한 복합 산화 금속 (예를 들면, LaAlO_3 상 및 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 상). Al_2O_3 및 Y_2O_3 를 위한 가능한 공융물의 예로는 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 공융물 등이 있다. Al_2O_3 및 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{희토류 산화물}$ 을 위한 가능한 공융물의 예로는 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{GdAlO}_3$ 또는 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 공융물 등이 있다. 2종의 상이한 복합 산화 금속을 위한 가능한 공융물의 예로는 $\text{MgAl}_2\text{O}_4 - \text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 공융물 및 $\text{ReAlO}_3 - \text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$ ($\text{Re} = \text{Ce}, \text{Eu}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Pr}$ 또는 Sm) 공융물 등이 있다.

다른 측면에서, 공융 콜로니를 구성하는 상들은 다음과 같다: (a) 2종의 상이한 산화 금속들의 단일 결정 (예를 들면, Al_2O_3 및 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 각각의 단일 결정), (b) 1종의 산화 금속의 단일 결정 (예를 들면, Al_2O_3 의 단일 결정) 및 상이한 산화 금속의 복수개의 결정들 (예를 들면, 다결정성 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), 또는 (c) 2종의 상이한 다결정성 산화 금속 (예를 들면, 다결정성 Al_2O_3 및 다결정성 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$).

전형적으로, 상기 콜로니는 본질적으로 구형 내지 원주형에 걸친 임의의 다양한 형상일 수 있다. 각각의 콜로니의 조성, 상 및(또는) 미세구조 (예를 들면, 결정형 (즉, 단일 결정 또는 다결정) 및 결정 크기)는 동일하거나 상이할 수 있다. 콜로니 내 결정들의 배향은 콜로니마다 다를 수 있다. 공융 콜로니를 구성하는 상들은 상호침투성 네트워크(들)로 존재

한다. 예를 들어 도 4를 참조하면, 공용 콜로니 (150)은 제1 결정성 산화 금속 상 (151) 및 제2 결정성 산화 금속 상 (153)을 포함한다. 상기 2가지 연속 상들은 확장된 3차원적 네트워크를 형성한다.

콜로니의 수, 크기 및 조성은 예를 들어 용융물 조성 및 고형화 조건의 영향을 받는다. 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 용융물 조성에 더욱 유사한 조성이 정확한 공용물 조성이고, 형성되는 콜로니의 수가 더 적다고 여겨진다. 그러나, 다른 측면에서, 용융물의 단일방향으로의 느린 고형화는 형성되는 콜로니의 수를 최소화시키는 반면, 비교적 더 높은 냉각 속도를 사용한 다방향으로의 고형화는 형성되는 콜로니의 수를 증가시키는 경향이 있다고 여겨진다. 용융물의 고형화 속도 (즉, 냉각 속도) 및(또는) 용융물의 다방향으로의 고형화는 생성되는 융합된 연마 입자에 존재하는 미세구조적 결함 (예를 들면, 세공)의 유형 및(또는) 수에 영향을 미치는 경향이 있다. 예를 들어, 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 비교적 신속한 고형화 (즉, 비교적 높은 냉각 속도를 사용한 고형화) 및(또는) 다방향으로의 고형화는 생성되는 융합된 연마 입자에 존재하는 미세구조적 결함 (예를 들면, 세공)의 유형 및(또는) 수를 증가시키는 경향이 있다. 그러나, 비교적 느린 고형화는 콜로니의 크기 및(또는) 고형화된 물질에 존재하는 결정의 크기를 증가시키는 경향이 있으나, 느리고 조절된 냉각을 통해 예를 들어 콜로니 형성을 방지할 수 있다. 그러므로, 냉각 속도 및(또는) 다방향으로의 고형화 정도를 선택하는 데 있어서, 다양한 냉각 속도와 관련이 있는 바람직한 및 바람직하지 않은 미세구조적 특성의 최적 균형을 맞추기 위해 냉각 속도를 증가 또는 감소시킬 필요가 있을 수 있다.

또한, 주어진 조성에서, 콜로니 내에 존재하는 콜로니 및 상의 크기는 용융물의 냉각 속도가 증가함에 따라 감소되는 경향이 있다. 전형적으로, 본 발명에 따른 연마 입자 내 공용 콜로니의 크기는 평균적으로 100 μm 미만, 바람직하게는 50 μm 미만이며, 주어진 콜로니에 대한 상기 크기는 주사 전자 현미경 (SEM)으로 관찰된 콜로니의 마멸된 단면을 측정하여 얻어진 최대 치수 2개의 평균이다. 전형적으로, 콜로니 내 공용물을 구성하는 결정성 상들의 최소 치수는 SEM로 관찰된 콜로니의 마멸된 단면의 측정치에서와 같이 10 μm 이하, 바람직하게는 5 μm 이하, 더욱 바람직하게는 1 μm 이하 또는 심지어는 0.5 μm 이하이다.

또한, 본 발명에 따른 몇몇 연마 입자는 연마 입자들의 공용 구성성분을 구성하는 1종 이상의 산화 금속 상들의 1차 결정을 포함한다. 예를 들어, 공용 부분이 LaAlO_3 상 및 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 상으로 구성된 경우, 상기 미세구조는 LaAlO_3 의 1차 결정을 포함할 수 있고, 이는 연마 입자가 형성되는 용융물의 조성에 La_2O_3 가 풍부한 경우 (즉, 용융물이 공용물에 비해 과량의 La_2O_3 (이론상 산화물 기재)를 함유함)에 발생한다고 여겨진다. 또는, 상기 공용물이 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 상 및 Al_2O_3 로 구성된 경우, 상기 미세구조는 Al_2O_3 의 1차 결정을 포함할 수 있고, 이는 연마 입자가 형성되는 용융물의 조성에 Al_2O_3 가 풍부한 경우 (즉, 용융물이 공용물에 비해 과량의 Al_2O_3 (이론상 산화물 기재)를 함유함)에 발생한다고 여겨진다.

1차 결정의 형성은 특정 공용 비율의 변이에 의한 결과라고 여겨진다. 변이가 클수록, 1차 결정들의 전반적인 분획이 더 커진다. 1차 결정은 전형적으로 막대형 구조 내지 수초형 구조에 걸친 다양한 형상으로 발견될 수 있다. 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 콜로니에 인접한 1차 결정(들)의 존재 및(또는) 형성은 생성되는 콜로니의 미세구조에 영향을 미칠 수 있다고 여겨진다. 몇몇 경우에서, 연마 입자 내에 1차 결정들 (예를 들면, 1차 Al_2O_3 결정들)이 존재하는 것이 유리할 수 있다 (예를 들면, 연마 성능 증가). 그러나, 연마 입자들의 연마 성능은 또한 1차 결정들의 크기가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있다.

또한, 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 공용물을 구성하는 산화 금속을 제외한 산화 금속을 약간 (예를 들면, 5 중량% 미만) 첨가하는 것이 콜로니 경계선에 영향을 미쳐서, 연마 입자의 성질 (예를 들면, 경도 및 강인성)에 영향을 미칠 수 있다고 여겨진다.

본 발명에 따른 연마 입자 제조에 이용되는 Al_2O_3 (이론상 산화물 기재)의 공급원은 통상적인 용합된 알루미늄 및 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자 제조용으로 당업계에 공지된 것들이다. 시판되는 Al_2O_3 공급원으로는 보크사이트 (천연 보크사이트 및 합성 보크사이트 모두를 포함), 소성된 보크사이트, 수화된 알루미늄 (예를 들면, 빔석 및 깁사이트), 바이엘 (Bayer) 가공 알루미늄, 알루미늄 광석, 감마 알루미늄, 알파 알루미늄, 알루미늄 염, 알루미늄 질산염 및 이들의 조합물 등을 포함한다. Al_2O_3 공급원은 Al_2O_3 를 함유할 수도 있고 또는 이를 제공하기만 할 수도 있다. 별법으로, Al_2O_3 공급원은 Al_2O_3 를 함유하거나 제공할 수 있을 뿐 아니라, Al_2O_3 를 제외한 1종 이상의 산화 금속 (복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ 산화 금속 (예를 들면, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 등) 또는 이를 함유하는 물질 포함)을 함유하거나 제공할 수 있다.

Al_2O_3 이외의 바람직한 산화 금속 (즉, 바람직한 " Al_2O_3 를 제외한 산화 금속")으로는 Y_2O_3 및 희토류 산화물 등이 있다.

본 발명에 따른 연마 입자를 제조하기 위한 Y_2O_3 (이론상 산화물 기재)의 시판되는 공급원으로는 산화이트륨 분말, 이트륨, 이트륨 함유 광석 및 이트륨 염 (예를 들면, 이트륨 탄산염, 질산염, 염화물, 수산화물 및 이들의 조합물) 등이 있다. Y_2O_3 공급원은 Y_2O_3 를 함유할 수도 있고 또는 이를 제공하기만 할 수도 있다. 별법으로, Y_2O_3 공급원은 Y_2O_3 를 함유하거나 제공할 수 있을 뿐 아니라, Y_2O_3 를 제외한 1종 이상의 산화 금속 (복합 $\text{Y}_2\text{O}_3 \cdot$ 산화 금속 (예를 들면, $\text{Y}_2\text{Al}_{15}\text{O}_{12}$) 또는 이를 함유하는 물질 포함)을 함유하거나 제공할 수 있다.

본 발명에 따른 연마 입자를 제조하기 위한 희토류 산화물의 시판되는 공급원으로는 희토류 산화물 분말, 희토류 금속, 희토류 함유 광석 (예를 들면, 바스트나사이트 및 모나사이트), 희토류 염, 희토류 질산염 및 희토류 탄산염 등을 포함한다. 희토류 산화물(들) 공급원은 희토류 산화물(들)을 함유할 수도 있고 또는 이를 제공하기만 할 수도 있다. 별법으로, 희토류 산화물(들) 공급원은 희토류 산화물(들)을 함유하거나 제공할 수 있을 뿐 아니라, 희토류 산화물(들)을 제외한 1종 이상의 산화 금속 (복합 희토류 산화물 · 기타의 산화 금속 (예를 들면, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 등) 또는 이를 함유하는 물질 포함)을 함유하거나 제공할 수 있다.

특정 산화 금속을 첨가함으로써, 생성되는 용합된 연마 입자의 결정성 구조 또는 미세구조를 변경시킬 수 있다. 예를 들어, 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 특정 산화 금속 또는 산화 금속을 함유하는 화합물 (비교적 소량, 예를 들어 심지어는 용합된 연마 입자 중의 산화 금속의 총 함량을 기준으로 0.01 내지 5 중량% 사용하는 경우에도)이 공용 콜로니 사이의 경계선에 존재할 수 있음이 이론화되어 있다. 반응 생성물의 형태일 수 있는 이들 산화 금속 및 Al_2O_3 의 존재는 용합된 연마 입자의 분열 특성 및(또는) 미세구조에 영향을 미칠 수 있고(거나) 상기 연마 입자들의 연삭 특성에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 특정 산화 금속은 가공 보조제로 작용하여 예를 들어 용합된 연마 입자 내 세공의 크기 및(또는) 수를 감소시킴으로써 용합된 연마 입자의 밀도를 증가시킬 수 있다. 또한, 특정 산화 금속은 가공 보조제로 작용하여 예를 들어 용융물의 유효한 용융 온도를 증가 또는 감소시킬 수 있다. 그러므로, 특정 산화 금속들을 가공을 목적으로 첨가할 수 있다.

전형적으로, 본 발명에 따른 용합된 연마 입자는 각각의 연마 입자 중의 산화 금속의 총 함량을 기준으로 산화 금속을 형성하는 공용물을 제외한 산화 금속 (이론상 산화물 기재)을 50 중량% 미만 (더욱 전형적으로 20 중량% 미만, 몇몇 경우에는 0.01 내지 5 중량%의 범위, 다른 경우에는 0.1 내지 1 중량%의 범위) 포함한다. 또한, Al_2O_3 , Y_2O_3 및 희토류 산화물을 제외한 산화 금속의 공급원도 쉽게 구입할 수 있다.

Al_2O_3 , Y_2O_3 , 희토류 산화물 이외의 산화 금속의 예로는 이론상 산화물 기재의 BaO , CaO , Cr_2O_3 , CoO , Fe_2O_3 , HfO_2 , Li_2O , MgO , MnO , NiO , SiO_2 , TiO_2 , Na_2O , SC_2O_3 , SrO , V_2O_3 , ZnO , ZrO_2 및 이들의 조합물 등이 있다.

또한, 본 발명에 따른 연마 입자를 제조하기 위한 산화 금속 공급원으로는 용합된 연마 입자 (예를 들면, 용합된 알루미늄 연마 입자) 또는 조성(들)이 동일하거나 상이한 기타 용합된 물질 (예를 들면, 용합된 알루미늄 물질)) 등이 있고, 이들은 산화 금속 공급원과 함께 원하는 조성의 용합된 연마 입자들을 제공한다.

탄소 공급원 등과 같은 환원제를 첨가하여 용융 공정 동안 불순물을 감소시킬 수 있다. 탄소 공급원의 예로는 석탄, 흑연, 석유 코크 등이 있다. 전형적으로, 노 충전물에 포함된 탄소의 양은 충전물의 5 중량% 이하, 더욱 전형적으로는 3

중량% 이하, 및 더욱 전형적으로 2 중량% 이하이다. 또한, 철을 노 충전물에 첨가하여 불순물 제거를 보조할 수도 있다. 철은 불순물과 결합하여 예를 들어, 용융물 또는 파쇄된 고형화된 물질로부터 자성에 의해 제거될 수 있는 물질을 생성할 수 있다.

본 발명에 따른 융합된 결정성 연마 입자에 금속 붕화물, 탄화물, 질화물 및 이들의 조합물을 포함시키는 것도 본 발명의 범위에 속한다. 상기 물질들은 공융 물질 내에 존재할 수도 (예를 들면, 함유물로서) 있다. 금속 붕화물, 탄화물 및 질화물의 예로는 이붕화티타늄, 탄화알루미늄, 질화 알루미늄, 탄화티타늄, 질화티타늄, 탄화규소, 탄화붕소, 질화붕소, 탄화티타늄, 질화티타늄, 탄화규소, 탄화붕소 및 질화붕소 등이 있다. 이러한 물질들은 당업계에 공지되어 있으며, 구입할 수 있다.

본 발명에 따른 융합된 연마 입자 제조를 위한 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제에 대한 구체적인 선택은 전형적으로 예를 들어, 생성되는 연마 입자의 원하는 조성 및 미세구조, 생성되는 연마 입자의 원하는 물리적 성질 (예를 들면, 경도 또는 강인성)을 고려하여 바람직하지 않은 불순물이 존재하지 않거나 상기 불순물이 최소화되도록 하고, 생성되는 연마 입자의 원하는 연삭 특성 및(또는) 연마 입자 제조에 이용될 특정 방법 (융합 및(또는) 고형화 전 및(또는) 융합 및(또는) 고형화 동안 원료의 임의의 정제 및 장치 포함)을 고려한다.

산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제는 연마 입자 제조에 사용되는 방법 및 장치에 적합한 임의의 형태일 수 있다. 원료는 통상적인 융합된 알루미늄 및 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자 제조용으로 당업계에 공지된 기술 및 장치 [예를 들어 미국 특허 제3,781,172호 (Pett et al.), 동 제3,891,408호 (Rowse et al.), 동 제4,035,162호 (Brothers et al.), 동 제4,070,796호 (Scott), 동 제4,073,096호 (Ueltz et al.), 동 제4,126,429호 (Watson), 동 제4,457,767호 (Poon et al.), 동 제5,143,522호 (Gibson et al.) 및 Re.31,128 (Walker et al.) 참조]를 사용하여 융합시킬 수 있다.

산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제를 용융시키기 위한 노의 예로는 아크로, 고로 (pig furnace), 아크 출강로 (arc tapping furnace), 전기로, 전기 아크로 및 가스연소실로 (gas fired furnace)를 들 수 있다. 적합한 전기로는 전극의 보다 낮은 침단이 용융된 덩어리와 접촉하지 않고, "아크를 살짝만 접촉하는 (kissing arc)" 전극이 배열되어 있는 전기로, 및 전극이 용융된 덩어리에 침몰되어 있어서 열이 용융물을 빠르게 통과되도록 하여 열에 대한 저항을 부여하는 전기로 등이 있다.

노는 노의 내벽을 덮는 라이닝 (때때로 "셸 (shell)" 또는 "골격 (skeleton)" 이라 지칭되기도 함)을 가질 수 있다. 라이닝은 융합된 연마 입자의 조성과 다른 조성의 물질로 제조될 수 있다. 그러나, 전형적으로는 노 라이닝이 융합된 연마 입자의 조성과 유사하거나 때로는 거의 동일하거나 완전히 동일한 조성으로 제조되는 것이 바람직하다. 그러므로, 공정 동안 라이닝 용융물의 외부 (노출된) 표면의 경우, 용융물의 잠재적인 오염이 감소되거나 최소화된다.

몇몇 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제는, 이들을 노에 채우기 전에, 또는 다른 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제와 함께 조합하기 전에 예열시키는 것이 또한 바람직하다. 예를 들면, 탄산염, 질산염 또는 다른 염들을 산화 금속 공급원으로서 사용하는 경우, 이들을 다른 산화 금속 공급원 물질들과 함께 첨가하기 전에 상기 물질들을 (예를 들면, 약 400 내지 1,000°C에서 공기 중에서 이들을 가열시킴으로써) 소성시키는 것이 바람직할 수 있다.

일반적으로, 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제가 존재하는 경우, 이들을 가열하여 용융 상태로 만들고, 이 용융물이

균질하게 될 때까지 혼합한다. 전형적으로, 이 용융물은 용융물의 융점 이상, 적어도 50°C 이상의 온도 (바람직하게는 100°C 이상의 온도)에서 가열하며 이를 유지시킨다. 용융물의 온도가 너무 낮은 경우, 용융물의 점도가 원하지 않게 너무 높아질 수 있으며, 이는 용융물을 구성하는 다양한 산화 금속 공급원과 기타의 첨가제들의 균질화를 더욱 어렵게 하거나, 또는 용융물을 붓거나 또는 달리 말하면 노에서 용융물을 꺼내어 이동시키는 것을 더욱 어렵게 한다. 용융물의 온도가 너무 높고(거나) 용융물을 너무 오랫동안 가열한 경우, 에너지가 낭비되며, 용융물 성분들의 원하지 않는 휘발이 일어날 수도 있다.

몇몇 경우에는, 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제 (예를 들면, 균질 혼합물 또는 블렌드를 형성하도록 도와줄 수 있는 휘발성 성분 (예를 들면, 물 또는 유기 용매))가 존재하는 경우, 용융물을 형성하기 전에 이들을 혼합하거나, 달리 말하면 블렌딩하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 미립자 산화 금속 공급원들을 밀링 (예를 들면, 볼 밀링 (ball milling))하여 상기 물질들과 함께 혼합할 수 있고, 미립자 물질들의 크기를 감소시킬 수 있다. 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제가 존재하는 경우, 용융물을 형성하기 전에 이들을 함께 혼합하거나 블렌딩하는 다른 기술로는 고전단력 믹서, 패들 믹서, V-블렌더, 텀블러 등이 있다. 밀링 시간은 수 분에서 수 시간 또는 심지어 며칠이 걸릴 수도 있다. 임의로, 물 및 유기 용매와 같은 일시적 물질들은 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제의 혼합물 또는 블렌드로부터 제거할 수 있으며, 예를 들어 용융물 형성 전에 가열하여 제거할 수 있다. 취급상 편의를 위하여, 산화 금속 공급원 및 기타의 첨가제들은 노에 채우기 전에 응집시킬 수도 있다.

용융물에 대한 분위기는 대기압, 대기압 이상의 압력 또는 대기압 이하의 압력이 가능하지만, 생성되는 고형화된 물질의 세공 수를 감소시키기 위하여 대기압 이하의 압력이 바람직할 수 있다. 또한, 용융물에 대한 분위기는 용융물의 화학적 성질에 따라 산화, 환원 또는 불활성 분위기로 조정될 수 있다.

용융 동안의 환원 조건이 용융물의 정제를 보조할 수 있다. 용융물에 환원제를 첨가하는 것 이외에, 또는 별법으로, 적합한 환원 조건은 전자 아크 용융로의 탄소 전극을 이용하여 수득할 수 있다. 적합한 환원 조건하에, 몇몇의 불순물 (예를 들면, 실리카, 산화철 및 티타니아)들은 각각 그들의 용융된 금속 형태로 전환되어 용융물의 비중을 더욱 높인다. 상기 유리 금속(들) 불순물들은 이후 노의 바닥에 가라앉게 된다.

다른 측면에서, 용융물이 냉각되기 전에 (예를 들면, 노에서 용융물을 붓기 전에) 용융물에 존재하는 유리 금속을 산화시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 노에서 용융물을 붓기 직전에 산소 란셋(들)을 용융물에 삽입할 수 있다 (예를 들어 미국 특허 제960,712호 참조).

용융물은 당업계에 공지된 임의의 다양한 기술을 사용하여 냉각시킬 수 있다. 전형적으로, 용융물을 함유하는 노를 기울여 용융물들을 히트 싱크 (heat sink)에 부을 수 있다. 일반적으로, 생성되는 고형화된 물질의 입도는 원하는 연마 입자의 입도보다 크다. 히트 싱크의 예로는 금속성 볼 (예를 들면, 주철 또는 탄소강 볼), 금속성 막대, 금속성 플레이트, 금속성 롤 등이 있다. 몇몇 경우에, 이들 히트 싱크 물질들을 내부 냉각시켜 (예를 들면, 물로 냉각시키거나 적합한 냉동제를 사용함) 빠른 냉각 속도를 달성할 수 있다. 또한, 히트 싱크 물질은 (고형화된 것과 동일하거나 상이한 조성을 갖는) 예비-융합된 연마 입자들 또는 다른 내화 물질의 조각일 수 있다.

또한 히트 싱크의 경우, 용융물을 여러 개의 금속성 볼 위에 및 여러 개의 금속성 볼 사이에 부어서 용융물을 냉각시킬 수 있다. 볼의 직경은 전형적으로 약 1 내지 50 cm, 더욱 전형적으로 5 내지 25 cm의 범위이다. 또한, 이 용융물은 북 성형틀 (book mold)을 이용하여 냉각시킬 수 있다. 적합한 북 성형틀은 여러 개의 얇은 플레이트 (예를 들면, 금속성 플레이트 또는 흑연 플레이트)으로 구성되어 있으며, 서로 비교적 조밀하게 이격되어 있다. 이 플레이트들은 통상적으로 10 cm 미만, 전형적으로 5 cm 미만, 바람직하게는 1 cm 미만으로 이격되어 있다. 또한, 이 용융물들을 흑연 또는 주철 성형틀에 부어 슬랩 (slab)을 형성할 수 있다. 일반적으로 이러한 "슬랩" 들은 비교적 얇아서 보다 빠른 냉각 속도를 달성하는 데 바람직하다.

냉각 속도는 고형화된 물질의 미세구조 및 물리적 성질에 영향을 미쳐서 용합된 연마 입자에 영향을 미친다고 여겨진다. 일반적으로, 냉각 속도가 증가함에 따라 고형화된 물질의 결정질 상의 크기가 감소하기 때문에 용융물을 신속하게 냉각시키는 것이 바람직하다. 바람직한 냉각 속도는 500°C/분 이상, 더욱 바람직하게는 1000°C/분 이상, 훨씬 더욱 바람직하게는 1500°C/분 이상이다. 냉각 속도는 용융물의 화학적 성질, 용융물의 융점, 히트 싱크의 유형 및 히트 싱크 물질 등을 포함하는 여러가지 요인에 따라 달라질 수 있다.

또한, 신속한 냉각은 환원 환경, 중화 환경 또는 산화 환경 등과 같은 조절된 분위기하에 수행되어 냉각 동안의 원하는 결정질 상, 산화 상태 등을 유지하고(거나) 영향을 줄 수 있다.

용융물 냉각과 관련한 추가의 구체적인 사항들은 미국 특허 제31,128호 (Walker et al.), 동 제3,781,172호 (Pett et al.), 동 제4,070,796호 (Scott et al.), 동 제4,194,887호 (Ueltz et al.), 동 제4,415,510호 (Richmond), 동 제4,439,845호 (Richmond) 및 동 제5,143,522호 (Gibson et al.) 등에서 찾을 수 있다.

전형적으로, 생성되는(고형화되는) 용합된 물질(들)의 입도는 연마 입자(들)로서 원하는 크기보다 크다. 상기 용합된 물질은 당업계에 공지된 파쇄 및(또는) 통용되는 기술인 롤 파쇄, 카나리아 밀링, 조우 파쇄, 해머 밀링, 볼 밀링, 제트 밀링, 충돌 파쇄 등을 이용하여 보다 작은 조각들로 전환될 수 있으며, 전형적으로 상기와 같은 기술을 사용하여 전환시킨다. 몇몇 경우에, 2회 또는 여러 회의 파쇄 단계를 거치는 것이 바람직하다. 예를 들면, 용융된 물질들이 고형화된 후, 비교적 큰 덩어리 구조물 (예를 들면, 직경이 5 cm를 초과함)의 형태로 존재할 수 있다. 제1 파쇄 단계는 이러한 비교적 큰 덩어리들 또는 "청크(chunk)" 들을 파쇄하여 보다 작은 조각들을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 청크들의 파쇄 단계는 해머 밀, 충돌 파쇄기 또는 조우 파쇄기로 달성될 수 있다. 이후, 이러한 보다 작은 조각들을 연속적으로 파쇄시켜 원하는 입도 분포를 생성할 수 있다. 원하는 입도 분포 (때때로 그릿 크기 또는 그릿 등급이라 지칭됨)를 생성하기 위하여, 여러 회의 파쇄 단계를 수행할 필요가 있을 수 있다. 일반적으로, 파쇄 조건은 원하는 입자 형상(들) 및 입도 분포를 달성하도록 최적화된다.

본 발명에 따른 용합된 연마 입자의 형상은 연마 입자들의 조성 및(또는) 미세구조, 상기 연마 입자들이 냉각되었을 때의 기하학적 구조 및 고형화된 물질의 파쇄 방식 (즉, 사용된 파쇄 기술) 등에 따라 달라진다. 일반적으로, "블록" 형상이 바람직한 경우, 이 형상을 달성하기 위해 보다 많은 에너지가 사용될 수 있다. 반대로, "뾰족한" 형상이 바람직한 경우, 이 형상을 달성하기 위해 보다 적은 에너지가 사용될 수 있다. 또한, 파쇄 기술을 변화시켜 서로 다른 원하는 형상을 달성할 수 있다. 별법으로, 연마 입자들은 용융물을 성형틀에 붓거나 성형함으로써 원하는 형상으로 직접 성형할 수 있다.

연마 입자들의 형상은 벌크 밀도 및 측면비를 포함하는 당업계에 공지된 다양한 기술로 측정될 수 있다. 연마 입도가 클수록, 입도가 커짐에 따라 질량이 증가하기 때문에 벌크 밀도가 증가한다. 그러므로, 벌크 밀도를 비교할 경우, 반드시 동일한 입도를 갖는 연마 입자들끼리 비교해야 한다. 일반적으로, 벌크 밀도 수치가 클수록, 연마 입자가 "보다 블록" 이 된다고 여겨진다. 반대로, 벌크 밀도 수치가 작을수록, 연마 입자가 "보다 뾰족하게" 된다고 여겨진다. 뾰족성을 측정하는 다른 방법은 측면비를 이용한 것이다. 예를 들면, 36 등급의 측면비는 약 1 : 1 내지 약 3 : 1, 전형적으로 약 1.2 : 1 내지 2 : 1의 범위일 수 있다.

연마 입자의 벌크 밀도는 ANSI 표준 B74.4 - 1992 (1992)에 따라 측정될 수 있다. 일반적으로, 벌크 밀도는 연마 입자들이 자유롭게 유동되는 방식으로 깔때기를 통과하도록 연마 입자 샘플을 깔때기에 부어 측정할 수 있다. 깔때기 바로 아래에 수집 장치 (전형적으로는 눈금 실리더)가 있다. 선결된 체적의 연마 입자를 수집한 후 무게를 측정하였다. 벌크 밀도는 중량/체적 단위로 계산된다.

본 발명에 따른 연마 입자들은 ANSI (American National Standard Institute; 미국 국립 표준 연구소), FEPA (Federation Europeenne des Fabricants de Produits Abrasifs) 및 JIS (Japanese Industrial Standard; 일본 공업 표준)와 같은 산업 인증 등급 표준을 이용하는 것을 포함하여, 당업계에 공지된 기술을 사용하여 스크리닝하고 등급화할 수 있다. 본 발명에 따른 연마 입자들의 입도 범위는 넓은 범위에서 사용될 수 있는데, 전형적으로는 약 0.1 내지 약 5000 μm , 더욱 전형적으로 약 1 내지 약 2000 μm , 바람직하게는 약 5 내지 약 1500 μm , 더욱 바람직하게는 약 100 내지 약 1500 μm 의 범위로 사용될 수 있다.

주어진 입도 분포에서, 입도들의 범위는 조립질 입자로부터 미립질 입자에 이른다. 연마 분야에서, 이 범위는 때때로 "조립자", "중간 크기의 입자 (control)" 및 "미립자" 분획으로 지칭된다. 산업상 인정되는 등급 표준에 따른 연마 입자 등급은 수치 한계내에서 각각의 규정 (nominal) 등급에 대한 입도 분포를 구체화한다. 이러한 산업상 인정되는 등급화 표준으로는 미국 국립 표준 연구소(ANSI) 표준, FEPA 표준 및 JIS 표준과 같이 공지된 것을 들 수 있다. ANSI 등급 명칭 (즉, 구체적인 규정 등급)은 하기와 같다: 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 600. 본 발명에 따른 연마 입자를 포함하는 바람직한 ANSI 등급은 ANSI 8 - 220이다. FEPA 등급 명칭은 P8, P 12, P 16, P24, P36, P40, P50, P60, P80, P100, P120, P150, P180, P220, P320, P400, P500, 600, P800, P1000 및 P1200이다. 본 발명에 따른 연마 입자를 포함하는 바람직한 FEPA 등급은 P12 - P220이다. JIS 등급 명칭은 JIS 8, JIS12, JIS16, JIS24, JIS36, JIS46, JIS54, JIS60, JIS80, JIS100, JIS150, JIS180, JIS220, JIS 240, JIS280, JIS320, JIS360, JIS400, JIS400, JIS600, JIS800, JIS 1000, JIS 1500, JIS2500, JIS4000, JIS6000, JIS8000 및 JIS10,000이다. 본 발명에 따른 연마 입자를 포함하는 바람직한 JIS 등급은 JIS8 - 220이다.

파쇄 및 스크리닝 후, 전형적으로 여러 개의 서로 다른 연마 입도 분포 또는 등급이 존재한다. 이렇게 다양한 등급들은 특정 시기에서는 제조 업자 또는 공급자의 수요에 맞지 않을 수 있다. 재고를 최소화하기 위하여, 수요가 없는 등급들을 다시 용융된 덩어리로 재생시킬 수 있다. 이러한 재생은 파쇄 단계 이후 발생할 수 있으며, 이때 입자들은 커다란 청크 또는 입자 분포에 대하여 스크리닝하지 않았던 보다 작은 조각들 (때때로, "미립자"라 지칭됨)로 존재한다. 본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 제조하기 위해서 재생된 융합된 연마 입자 0 내지 100 중량%, 전형적으로는 0 내지 50 중량%를 노에 채울 수 있다.

전형적으로, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자의 실제 밀도 (때때로 비중이라 지칭되기도 함)는 전형적으로 이론상 밀도의 80% 이상이지만, 실제 밀도가 더 낮은 연마 입자는 연마용으로 유용할 수도 있다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자들의 실제 밀도는 이론상 밀도의 85% 이상, 더욱 바람직하게는 이론상 밀도의 90% 이상, 훨씬 더욱 바람직하게는 이론상 밀도의 95% 이상이다.

전형적으로, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자의 평균 경도 (즉, 변형에 대한 저항성; "미세경도"라 지칭되기도 함)는 11 GPa 이상, 바람직하게는 12, 13 또는 14 GPa 이상, 더욱 바람직하게는 15 GPa 이상, 훨씬 더욱 바람직하게는 16 GPa 이상, 17 GPa 이상, 또는 심지어 18 GPa 이상일 수 있다. 다른 측면에서, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자의 평균 인성 (즉, 분열에 대한 저항성)은 2.0 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상, 바람직하게는 2.5 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상, 더욱 바람직하게는 3.0 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상 및 훨씬 더욱 바람직하게는 3.3 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상, 3.5 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상, 또는 심지어는 3.8 MPa $\text{m}^{1/2}$ 이상일 수 있다.

또한, 융합된 연마 입자 상의 표면 피복물을 제공하는 것도 본 발명의 범위에 속한다. 예를 들면, 연마 용품의 연마 입자들과 결합제 물질 사이의 접착을 개선시키는 표면 피복이 공지되어 있다. 이러한 표면 피복은 예를 들어 미국 특허 제1,910,444호 (Nicholson), 동 제3,041,156호 (Rowse et al.), 동 제4,997,461호 (Markhoff - Matheny et al.), 동 제5,009,675호 (Kunz et al.), 동 제5,042,991호 (Kunz et al.) 및 동 제5,085,671호 (Martin et al.)에 기술되어 있다. 또한, 몇몇 경우에, 피복의 첨가는 연마 입자의 연마 특성을 개선시킨다. 별법으로, 표면 피복은 본 발명의 연마 입자와 결합제 사이의 접착을 개선시킬 수 있다.

다른 측면에서, 본 발명에 따른 연마 입자는 제조된 후, 추가로 열처리되어 이들의 물리적 성질 및(또는) 연삭 성능을 개선시킬 수 있다. 이러한 열처리 공정은 산화 분위기에서 일어날 수 있다. 전형적으로 이 열처리 공정은 약 1100°C 내지 1600°C, 통상적으로 1200°C 내지 1400°C의 온도 범위에서 일어난다. 시간은 약 1분 내지 며칠, 통상적으로는 약 4분 내지 1시간의 범위일 수 있다.

본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 제조하는 다른 적합한 제조 기술은 당업자에게 명백하며, 예를 들면, 미국 출원 제09,495,978호, 동 제09,496,422호, 동 제09,496,638호 및 동 제09,496,713호 (이상, 각각은 2000년 2월 2일자로 출원), 및 미국 출원 제09/618,876호, 동 제09/618,879호, 동 제09/619,106호, 동 제09/619,192호, 동 제09/619,215호, 동 제09/619,289호, 동 제09/619,563호, 동 제09/619,729호, 동 제09/619,744호 및 동 제09/620,262호 (이상, 각각은 2000년 7월 19일자로 출원)에 기술되어 있으며, 상기 문헌들은 본원에서 전문을 고찰하였다.

본 발명에 따른 바람직한 연마 입자들은 승온에서 종래의 융합된 알루미늄 - 지르코니아 물질 (미국 매사추세츠주 워릭 세스터에 소재하는 노르톤 컴파니 (Norton Company)가 상표명 "NORZON" 으로 시판하는 알루미늄 - 지르코니아 연마 입자 포함)에 비해 열적으로 안정하다. 상표명 "NORZON" 으로 노르톤 컴파니에서 시판하는 알루미늄 - 지르코니아 공용 연마 입자는 공기 중에서, 예를 들면, 약 350°C 이상으로 가열되면, 전형적으로 지르코니아의 적어도 일부가 정방정계(正方晶系) 및(또는) 입방정계에서 단사정계(單斜晶系)로 상 변형된다. 이러한 상 변형은 지르코니아 결정질 상의 체적 변화와 연관되기 때문에 알루미늄 - 지르코니아 물질의 구조적 일체성 (integrity)을 손상시키는 것이 보통이다. 또한, 이러한 상 변형은 공용 콜로니의 경계선에서 우선적으로 발생하는 것으로 관찰되며, 그로 인해 경계선을 약화시키는 경향이 있고, 상기 물질의 기계적 성질 (즉, 경도, 강도 등)을 상당히 악화시키는 경향이 있다. 또한, 전형적으로, 용융물들을 공용 콜로니 경계선에서 고형화시키는 동안 분리된 다양한 불순물들이 체적 구조 변화 (예를 들면, 산화 등에 기인함)를 일으켜서 상기 물질들의 기계적 성질 (즉, 경도, 강도 등)을 더욱 악화시킨다.

이와는 대조적으로, 본 발명에 따른 바람직한 연마 입자는 전형적으로 공기 중에서 1000°C 이하 (몇몇 경우에는, 심지어 1400°C 이하)로 가열되는 경우에도 공용 상의 상 변형이 나타나지 않으며, 이로써 열적으로 안정하다. 어떠한 이론에도 얽매고 싶지는 않지만, 이러한 열안정성으로 인하여 상기 연마 입자가 유리화된 결합된 연마재로 혼입될 수 있다고 여겨진다.

본 연구에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 열안정성은 시차열분석법 (DTA), 열중량분석법 (TGA), X-선 회절분석법, 경도 측정법, 미세구조 미세구조 분석, 색상 변화 및 유리 결합들과의 상호작용 등과 같은 다양한 여러가지 기술을 사용하여 측정 또는 설명될 수 있다. 연마 입자들의 열안정성은 조성, 입자의 화학적 성질 및 가공 조건 등에 따라 달라질 수 있다.

본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자들의 열안정성을 시험하는 한 측정법에서, 연마 입자들의 평균 경도는 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전 및 후에 측정한다 (상기 시험에 대한 더욱 완벽한 설명을 위해서는 실시예 3 (하기)을 참조). 연마 입자를 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열한 후에는 평균 미세경도가 일부 악화될 수 있지만, 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 평균 경도는 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열한 후에 상기 가열

전의 연마 입자의 평균 미세경도의 85% 이상 (바람직하게는 90% 이상, 더욱 바람직하게는 95% 이상 및 훨씬 더욱 바람직하게는 약 100%)이다.

본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 열안정성은 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전과 후에 평균 미세구조 (예를 들면, 다공성, 결정 구조, 콜로니 크기 및 결정 크기 (공용 결정 및 1차 결정이 존재한다면, 공용 결정 및 1차 결정 포함)) 및 연마 입자들의 보존을 조사하는 주사 전자 현미경 (SEM)을 사용하여 관찰할 수도 있다. 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 미세구조는 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전과 후에 본질적으로 동일하다.

또한, 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 열안정성은 연마 입자를 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전과 후에 상기 연마 입자의 색상을 비교함으로써 설명될 수도 있다. 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 미세구조는 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전과 후에 본질적으로 동일하다.

또한, 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 열안정성은 연마 입자를 1000°C에서 공기 중에 4시간 동안 가열하기 전과 후에 상기 연마입자의 분말 XRD 결과를 비교함으로써 설명될 수도 있다. 상기에서 논의한 바와 같이, 알루미늄-지르코니아 공용 물질을 공기 중에서 가열하는 경우, 전형적으로 지르코니아의 적어도 일부가 정방정계 및(또는) 입방정계에서 단사정계로 상 변형된다. 이러한 상 변형의 효과는 전형적으로 분말 XRD를 통하여 상당히 충분하게 관찰된다. 반대로, 본 발명에 따른 특정 바람직한 연마 입자의 공용 상들은 공기 중에서 1000°C로 가열한 경우, 상기와 같은 상 변형을 나타내지 않으므로, 공용 상의 변형은 XRD 결과에서 관찰되지 않을 것이다.

본 발명에 따른 융합된 연마 입자들은 피복된 연마 생성물, 결합된 연마 생성물 (유리화된, 레지노이드 및 금속 결합된 연삭 휠, 컷오프 휠, 마운팅 (mounting) 포인트 및 호닝 스톤 (honing stones) 포함), 부직 연마 생성물 및 연마용 브러쉬 등과 같은 통상적인 연마 생성물에 사용된다. 전형적으로, 연마 생성물 (즉, 연마 용품)은 결합제 및 연마 입자를 포함하며, 이들 중 적어도 일부는 결합제에 의해 연마 생성물 내에 고정된 본 발명에 따른 융합된 연마 입자이다. 이러한 연마 생성물의 제조 방법 및 사용 방법은 당업자에게 공지되어 있다. 또한, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 연마 화합물 (예를 들면, 마멸 화합물), 밀링 매질, 샷 블라스트 (shot blast) 매질, 진동밀 매질 등의 슬러리와 같은 연마 입자들을 이용하는 연마 용도에 사용될 수 있다.

피복된 연마 생성물은 일반적으로 배킹 (backing), 연마 입자 및 배킹에 연마 입자를 고정시키는 1종 이상의 결합제를 포함한다. 상기 배킹은 임의의 적합한 물질일 수 있으며, 천, 중합성 필름, 섬유, 부직포, 종이, 이들의 조합물 및 이들을 처리한 변형물일 수 있다. 상기 결합제는 임의의 적합한 결합제일 수 있으며, 무기 또는 유기 결합제 (열경화성 수지 및 방사선 경화성 수지 포함)일 수 있다. 상기 연마 입자들은 1개 층 또는 2개층의 피복된 연마 생성물에 존재할 수 있다.

피복된 연마 생성물의 한 예가 도 1에 도시되어 있다. 상기 도를 참조하면, 피복된 연마 생성물 (1)은 배킹 (기판) (2) 및 연마층 (3)을 갖는다. 연마층 (3)은 메이크 코트 (make coat) (5)와 사이즈 코트 (size coat) (6)에 의해서 배킹 (2)의 주 표면에 고정된 본 발명에 따른 융합된 연마 입자 (4)를 포함한다. 몇몇의 경우, 슈퍼사이즈 코트 (supersize coat) (도시하지 않음)이 사용된다.

결합된 연마 생성물은 전형적으로 유기 결합제, 금속 결합제 또는 유리화 접착제를 함께 포함하는 연마 입자의 성형된 덩어리를 포함한다. 이러한 성형된 덩어리는 예를 들면, 연삭 휠 또는 컷오프 휠과 같은 휠 형태일 수 있다. 연삭 휠의 직경은 전형적으로 약 1 cm 내지 1 m 이상이며, 컷오프 휠의 직경은 약 1 cm 내지 80 cm 이상 (더욱 전형적으로 3

cm 내지 약 50 cm)이다. 컷오프 휠 두께는 전형적으로 약 0.5 mm 내지 약 5 cm, 더욱 전형적으로 약 0.5 mm 내지 약 2 cm이다. 또한, 상기 성형된 덩어리는 예를 들면, 호닝 스톤, 단편, 마운팅 포인트, 디스크(예를 들면, 이중 디스크 연삭기) 또는 기타의 통상적인 결합된 연마 형상의 형태일 수 있다. 전형적으로, 결합된 연마 생성물은 결합된 연마 생성물의 총 체적을 기준으로 결합 물질을 약 3 내지 50 체적%, 연마 입자 (또는 연마 입자 블렌드)를 약 30 내지 90 체적%, 첨가제 (연삭 보조제 포함)를 50 체적% 이하 및 세공을 70 체적% 이하로 포함한다.

바람직한 형태는 연삭 휠이다. 도 2를 참조하면, 연삭 휠 (10)이 도시되어 있으며, 이는 휠에서 성형되고 허브 (12)에 마운팅된 본 발명에 따른 융합된 연마 입자를 포함한다.

부직 연마 생성물은 전형적으로 유기 결합제에 의해서 본 발명에 따른 융합된 연마 입자들을 구조물에 골고루 분포시키고, 부착력있게 결합시킨 개구 다공성 우뚝 솟은 중합체 필라멘트 구조를 포함한다. 필라멘트의 예로는 폴리에스테르 섬유, 폴리아미드 섬유 및 폴리아라미드 섬유를 들 수 있다. 도 3은 전형적인 부직 연마 생성물을 약 100 배 확대시킨 개략도이다. 이러한 부직 연마 생성물은 기판 상에 결합제 (54)에 의해 본 발명에 따른 융합된 연마 입자 (52)를 점착시킨 기판으로서 섬유 매트 (50)을 포함한다.

유용한 연마용 브러쉬는 배킹 및 복수개의 강모 단위를 갖는 브러쉬를 포함한다 [예를 들어 미국 특허 제5,427,595호 (Pihl et al.), 동 제5,443,906호 (Pihl et al.), 동 제5,679,067호 (Johnson et al.) 및 동 제5,903,951호 (Ionta et al.) 참조]. 바람직하게는, 이러한 브러쉬는 중합체 및 연마 입자의 혼합물을 사출 성형함으로써 제조된다.

연마 생성물 제조에 적합한 유기 결합제는 열경화성 유기 중합체이다. 적합한 열경화성 유기 중합체의 예로는 페놀계 수지, 우레아 - 포름알데히드 수지, 멜라민 - 포름알데히드 수지, 우레탄 수지, 아크릴 수지, 폴리에스테르 수지, 펜단트 α, β - 불포화 카르보닐기를 갖는 아미노플라스트 수지, 에폭시 수지, 아크릴화 우레탄, 아크릴화 에폭시 및 이들의 조합물을 들 수 있다. 또한, 상기 결합제 및(또는) 연마 생성물은 섬유, 윤활제, 습윤제, 틱소트로픽 (thixotropic) 물질, 계면활성제, 안료, 염료, 정전기방지제 (예를 들면, 카본 블랙, 산화바나듐, 흑연 등), 커플링제 (예를 들면, 실란, 티타네이트, 지르코알루미네이트 등), 가소제, 현탁제 등을 들 수 있다. 이러한 임의의 첨가제들의 양은 원하는 성질을 제공할 수 있도록 선택된다. 커플링제는 연마 입자 및(또는) 충전제에 대한 접착을 개선시킬 수 있다. 결합제의 화학적 성질은 열경화성, 방사선 경화성 또는 이들의 조합일 수 있다. 이 결합제 화학적 성질에 관한 추가의 구체적인 사항들은 미국 특허 제4,588,419호 (Caul et al.), 동 제4,751,137호 (Tumey et al.) 및 동 제5,436,063호 (Follett et al.)에 서 찾을 수 있다.

무정형 구조를 나타내고, 전형적으로 경질인 유리화된 결합된 연마제, 유리질 결합 물질에 관한 더욱 구체적인 사항들은 당업계에 공지되어 있다. 몇몇 경우에, 상기 유리질 결합 물질은 결정질 상을 포함한다. 본 발명에 따른 결합된, 유리화된 연마 생성물은 휠 (컷오프 휠 포함), 호닝 스톤, 마운팅 포인트 또는 기타의 통상적인 결합된 연마 형상의 형상일 수 있다. 본 발명에 따른 바람직한 유리화된 결합된 연마 생성물은 연삭 휠이다.

유리질 결합 물질의 형성에 사용되는 산화 금속의 예로는 실리카, 규산염, 알루미늄, 소다, 칼시아, 포타시아, 티타니아, 산화철, 산화아연, 산화리튬, 고토, 보리아, 규산알루미늄, 붕규산염 유리, 규산리튬알루미늄, 이들의 조합물 등이 있다. 전형적으로, 유리질 결합 물질은 유리 프리트를 10 내지 100% 포함하는 조성으로 형성될 수 있지만, 더욱 전형적인 조성은 유리 프리트를 20% 내지 80% 또는 유리 프리트를 30% 내지 70% 포함한다. 유리질 결합 물질의 나머지 부분은 비 - 프리트 물질일 수 있다. 별법으로, 유리질 결합은 조성을 함유하는 비 - 프리트로부터 유도될 수 있다. 유리질 결합 물질들의 성숙 온도(들)은 전형적으로 약 700°C 내지 약 1500°C, 통상적으로는 약 800°C 내지 약 1300°C의 범위, 때때로 약 900°C 내지 약 1200°C의 범위, 또는 심지어 약 950°C 내지 약 1100°C의 범위이다. 결합이 성숙하는 실제 온도는 특정 결합 화학 등에 따라 달라진다.

바람직한 유리화된 결합 물질은 실리카, 알루미늄 (바람직하게는 알루미늄 10 중량% 이상) 및 보리아 (바람직하게는 보리아 10 중량% 이상)를 포함하는 물질을 포함할 수 있다. 대부분의 경우에서, 상기 유리화된 결합 물질은 알칼리 산화 금속(들) (예를 들면, Na_2O 및 K_2O) (몇몇 경우에는 10 중량% 이상의 알칼리 산화 금속(들))을 추가로 포함한다.

또한, 결합제 물질은 전형적으로 미립자 물질 형태인 충전제 물질 또는 연삭 보조제를 함유할 수 있다. 전형적으로, 상기 미립자 물질은 무기 물질이다. 본 발명에 유용한 충전제의 예로는 금속 탄산염 (예를 들면, 탄산칼슘 (예를 들면, 백악, 방해석, 이회토, 트래버틴, 대리석 및 석회암), 칼슘 탄산마그네슘, 탄산나트륨, 탄산마그네슘), 실리카 (예를 들면, 석영, 유리 비드, 유리 버블 및 유리 섬유) 규산염 (예를 들면, 활석, 점토, (몬모릴로나이트) 장석, 운모, 규산칼슘, 메타규산칼슘, 알루미늄규산나트륨, 규산나트륨), 금속 황산염 (예를 들면, 황산칼슘, 황산바륨, 황산나트륨, 알루미늄 나트륨 황산염, 황산알루미늄), 석고, 질석, 목분, 알루미늄 삼수화물, 카본 블랙, 금속 산화물 (예를 들면, 산화칼슘(석회), 산화알루미늄, 이산화티탄) 및 금속 아황산염 (예를 들면, 아황산칼슘)을 들 수 있다.

일반적으로, 연삭 보조제의 첨가는 연마 생성물을 사용할 수 있는 수명을 증가시킨다. 연삭 보조제는 연마의 화학적 및 물리적 공정에 대한 상당한 효과를 가지며, 이로써 성능을 개선시키는 물질이다. 이론에 얽매이고 싶지는 않지만, 연삭 보조제(들)이 (a) 연마 입자들과 연마된 작업편 사이의 마찰을 감소시키고, (b) 연마 입자들의 "캐핑"을 차단 (즉, 금속 입자들이 연마 입자의 상부에 용접되는 것을 차단)하거나, 또는 적어도 캐핑하는 연마 입자들의 경향을 감소시키고, (c) 연마 입자들과 작업편 사이의 계면 온도를 감소시키거나, 또는 (d) 연삭력을 감소시킨다고 여겨진다.

연삭 보조제는 광범위한 서로 다른 물질들을 포함하며, 무기 또는 유기 기재일 수 있다. 연삭 보조제의 화학종 군의 예로는 왁스, 유기 할로겐화 화합물, 할로겐화물 염 및 금속 및 그들의 합금을 들 수 있다. 상기 유기 할로겐화 화합물은 전형적으로 연마하는 동안에 파손되며, 할로겐 산 또는 가스 상태의 할로겐화 화합물을 방출한다. 상기 물질들의 예로는 테트라클로로나프탈렌, 펜타클로로나프탈렌 및 폴리염화비닐과 같은 염화 왁스가 있다. 할로겐화물 염의 예로는 염화나트륨, 칼륨 빙정석, 나트륨 빙정석, 암모늄 빙정석, 칼륨 테트라플루오로보레이트, 나트륨 테트라플루오로보레이트, 불화규소, 염화칼륨 및 염화마그네슘을 들 수 있다. 금속의 예로는 주석, 납, 비스무트, 코발트, 안티모늄, 카드뮴 및 철 티타늄이 있다. 기타의 여러 가지 연삭 보조제로는 황, 유기 황 화합물, 흑연 및 금속 황화물을 들 수 있다. 또한, 서로 다른 연삭 보조제의 조합물을 사용하는 것은 본 발명의 범주에 속하며, 몇몇 경우에 이들은 상승작용 효과를 일으킬 수 있다. 바람직한 연삭 보조제는 빙정석이며, 가장 바람직한 연삭 보조제는 칼륨 테트라플루오로보레이트이다.

연삭 보조제는 피복된 연마 및 결합된 연마 생성물에 특히 유용할 수 있다. 피복된 연마 생성물에서, 연삭 보조제는 전형적으로 슈퍼사이즈 피복에 사용되며, 이들은 연마 입자의 표면에 도포된다. 때때로, 그러나, 연삭 보조제는 사이즈 피복에 첨가된다. 전형적으로 피복된 연마 생성물에 혼입되는 연삭 보조제의 양은 약 50 내지 300 g/m^2 (바람직하게는 약 80 내지 160 g/m^2)이다. 유리화된 결합된 연마 생성물에서, 연삭 보조제는 전형적으로 생성물의 세공으로 함침된다.

연마 생성물은 본 발명에 따른 용융된 연마 입자를 100% 함유하거나, 또는 상기 연마 입자들 및 다른 연마 입자들 및 (또는) 희석 (diluent) 입자들의 블렌드를 함유할 수 있다. 그러나, 연마 생성물 내 연마 입자들의 약 2 중량% 이상, 바람직하게는 약 5 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 약 30 내지 100 중량% 이상은 본 발명에 따른 연마 입자이어야 한다. 몇몇 예에서, 본 발명에 따른 연마 입자는 다른 연마 입자 및 (또는) 희석 입자와 5 : 75 중량%, 약 25 : 75 중량%, 약 40 : 60 중량% 또는 약 50% : 50 중량% (즉, 중량%가 동일)의 비율로 블렌딩될 수 있다. 적합한 통상적인 연마 입자의 예로는 용융된 산화알루미늄 (백색 용융된 알루미늄, 열처리된 산화알루미늄 및 갈색 산화알루미늄), 탄화규소, 탄화붕소, 탄화티타늄, 다이아몬드, 입방형 질소화붕소, 가닛, 용융된 알루미늄 - 지르코니아 및 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자 등이 있다. 졸 - 겔유도된 연마 입자를 접종할 수도 있고 또는 접종하지 않을 수도 있다. 유사하게, 상기 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자는 무작위 형상화될 수 있고, 또는 막대 또는 삼각형 등과 같은 이와 관련한 형상일 수 있다. 졸 - 겔 연마

입자의 예로는 미국 특허 제4,314,827호 (Leitheiser et al.), 동 제4,518,397호 (Leitheiser et al.), 동 제4,623,364호 (Cottringer et al.), 동 제4,744,802호 (Schwabel), 동 제4,770,671호 (Monroe et al.), 동 제4,881,951호 (Wood et al.), 동 제5,011,508호 (Wald et al.), 동 제5,090,968호 (Pellow), 동 제5,139,978호 (Wood), 동 제5,201,916호 (Berg et al.), 동 제5,227,104호 (Bauer), 동 제5,366,523호 (Rowenhorst et al.), 동 제5,429,647호 (Larmie), 동 제5,498,269호 (Larmie) 및 동 제5,551,963호 (Larmie)에 기재된 입자 등이 있다. 또한, 원료 공급원으로서 알루미늄 분말을 사용하여 제조된 소결된 알루미늄이나 연마 입자와 관련된 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제5,259,147호 (Falz), 동 제5,593,467호 (Monroe) 및 동 제5,665,127호 (Moltgen) 등에서 찾을 수 있다. 몇몇 예에서, 연마 입자들의 블렌딩을 통해, 연삭 성능이 1가지 유형의 연마 입자만을 100% 포함하는 연마 용품에 비해 개선될 수 있다.

연마 입자들을 블렌딩하는 경우, 블렌드를 형성하는 연마 입자들의 유형은 동일한 크기의 입자들일 수 있다. 별법으로, 상기 연마 입자들의 유형은 입도가 상이할 수 있다. 예를 들면, 더욱 커다란 연마 입자가 본 발명에 따른 연마 입자이고, 더욱 작은 입자는 다른 연마 입자 유형일 수 있다. 반대로, 예를 들면, 더욱 작은 연마 입자가 본 발명에 따른 연마 입자이고, 더욱 커다란 입자는 다른 연마 입자 유형일 수 있다.

적합한 희석 입자의 예로는 대리석, 석고, 부싯돌, 실리카, 산화철, 규산알루미늄, 유리 (유리 버블 및 유리 비드 포함), 알루미늄 버블, 알루미늄 비드 및 희석 응집체 등이 있다. 또한, 본 발명에 따른 융합된 연마 입자는 연마 응집체 내에 혼합되거나 이와 혼합될 수 있다. 연마 응집 입자들은 전형적으로 복수개의 연마 입자, 결합제 및 임의의 첨가제를 포함한다. 상기 결합제는 유기 및(또는) 무기일 수 있다. 연마 응집체는 무작위 형상일 수 있고, 또는 이와 관련된 소정의 형상일 수도 있다. 형상은 블록형, 원통형, 피라미드형, 동전형, 사각형 등일 수 있다. 연마 응집 입자들의 입도는 전형적으로 약 100 내지 약 5000 μm , 전형적으로 약 250 내지 약 2500 μm 이다. 연마 응집 입자와 관련된 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제4,311,489호 (Kressner), 동 제4,652,275호 (Bloecher et al.), 동 제4,799,939호 (Bloecher et al.), 동 제5,549,962호 (Holmes et al.) 및 동 제5,975,988호 (Christianson) 등에서 찾을 수 있다.

상기 연마 입자는 연마 용품 중에 균일하게 분포할 수도 있고, 또는 연마 용품 중의 선택된 영역 또는 일부에 집중되어 분포할 수 있다. 예를 들면, 피복된 연마재에 2개의 연마 입자 층이 있을 수 있다. 제1 층은 본 발명에 따른 연마 입자가 아닌 연마 입자를 포함하고, 제2 (최외곽) 층은 본 발명에 따른 연마 입자를 포함한다. 유사하게, 결합된 연마재에 연삭 휠의 2개의 별개 단편이 있을 수 있다. 최외곽 단편은 본 발명에 따른 연마 입자를 포함하지만, 최내곽 단편은 그렇지 않을 수 있다. 별법으로, 본 발명에 따른 연마 입자는 결합된 연마 용품 전체에 걸쳐 균일하게 분포될 수 있다.

피복된 연마 생성물과 관련한 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제4,734,104호 (Broberg), 동 제4,737,163호 (Larkey), 동 제5,203,884호 (Buchanan et al.), 동 제5,152,917호 (Pieper et al.), 동 제5,378,251호 (Culler et al.), 동 제5,417,726호 (Stout et al.), 동 제5,436,063호 (Follett et al.), 동 제5,496,386호 (Broberg et al.), 동 제5,609,706호 (Benedict et al.), 동 제5,520,711호 (Helmin), 동 제5,954,844호 (Law et al.), 동 제5,961,674호 (Gagliardi et al.) 및 동 제5,975,988호 (Christianson) 등에서 찾을 수 있다. 결합된 연마 생성물과 관련한 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제4,543,107호 (Rue), 동 제4,741,743호 (Narayanan et al.), 동 제4,800,685호 (Haynes et al.), 동 제4,898,597호 (Hay et al.), 동 제4,997,461호 (Markhoff - Matheny et al.), 동 제5,038,453호 (Narayanan et al.), 동 제5,110,332호 (Narayanan et al.) 및 동 제5,863,308호 (Qi et al.) 등에서 찾을 수 있다. 또한, 유리질 결합된 연마재와 관련한 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제4,543,107호 (Rue), 동 제4,898,597호 (Hay), 동 제4,997,461호 (Markhoff - Matheny et al.), 동 제5,094,672호 (Giles et al.), 동 제5,118,326호 (Sheldon et al.), 동 제5,131,926호 (Sheldon et al.), 동 제5,203,886호 (Sheldon et al.), 동 제5,282,875호 (Wood et al.), 동 제5,738,696호 (Wu et al.) 및 동 제5,863,308호 (Qi) 등에서 찾을 수 있다. 부직 연마 생성물과 관련한 추가의 구체적인 사항들은 예를 들어 미국 특허 제2,958,593호 (Hoover et al.) 등에서 찾을 수 있다.

본 발명에 따른 연마 입자를 사용한 연마 방법은 스내깅 (snagging) (즉, 고압력 고스톡 (stock) 제거) 내지 마멸 (예를 들면, 피복된 마모 벨트를 사용한, 의료용 이식물의 마멸)이며, 마멸의 경우, 전형적으로 더욱 미세한 등급 (예를 들면, ANSI 220 미만 및 더욱 미세한 등급)의 연마 입자를 사용하여 수행된다. 또한, 연마 입자는 캐뎀 축을 유리화된 결합 휠로 연삭하는 것 등과 같이 정밀 연마 용도에 사용될 수 있다. 특정 연마 용도에 사용되는 연마 입자의 크기는 당업자에게 명백할 것이다.

본 발명에 따른 연마 입자를 사용한 연마는 건조 또는 습식 상태로 수행될 수 있다. 습식 연마의 경우, 약간 축축하게 하거나 다량의 액체를 쏟아내는 방식으로 공급되도록 액체를 도입할 수 있다. 통상적으로 사용되는 액체의 예로는 물, 수용성 오일, 유기 윤활제 및 에멀전 등이 있다. 상기 액체는 마모와 관련된 열을 감소시키고(거나) 윤활제로 작용할 수 있다. 상기 액체는 살충제 및 소포제 등과 같은 첨가제를 소량 함유할 수 있다.

본 발명에 따른 연마 입자를 사용하여 알루미늄 금속, 탄소강, 연강, 공구강, 스테인레스강, 경화강, 티타늄, 유리, 세라믹, 목재, 목재 유사 물질, 페인트, 페인팅된 표면, 유기 피복된 표면 등과 같은 작업편을 마모시킬 수 있다. 마모 동안에 가해지는 힘은 전형적으로 약 1 내지 약 100 kg의 범위이다.

실시예

본 발명은 하기의 실시예를 통해 추가로 설명되지만, 본 실시예에서 언급되는 특정 물질 및 이의 양 뿐 아니라, 기타의 조건 및 세부 사항이 본 발명을 부당하게 한정해서는 안된다. 당업자라면, 본 발명의 다양한 변형과 변경이 명백할 것이다. 달리 지시되지 않는다면, 모든 부 및 퍼센트(%)는 중량부 및 중량%이다.

실시예 1 실시예 1

폴리에틸렌 병에 알루미나 분말 (미국 아리조나주 투크손에 소재하는 콘데아 비스타 (Condea Vista)로부터 구입한 상표명 "APA - 0.5" 의 제품) 187.2 g, 산화이트륨 분말 (미국 매사추세츠주 뉴턴에 소재하는 에이치. 씨. 스타르크 (H. C. Starck) 제품) 112.9 g, 분산제 (미국 텍사스주 디어 파크에 소재하는 롬 앤드 하스 컴파니 (Rohm and Haas Company)로부터 구입한 상표명 "DURAMAX D30005" 의 제품) 0.6 g 및 증류수 100.4 g을 충전했다. 상기 분말은 Al_2O_3 78.6 몰% 및 Y_2O_3 21.4 몰%를 제공하는 양으로 존재했다. 알루미나 밀링 매질 (10 mm 직경; 알루미나 99.9%; 미국 오하이오주 아크론에 소재하는 유니온 프로세스 (Union Process)로부터 구입) 약 450 g을 상기 병에 넣고, 상기 혼합물을 4시간 동안 밀링하여 성분들을 철저히 혼합했다. 밀링 후에, 상기 밀링 매질을 제거하고 슬러리를 유리 ("PYREX") 팬에 붓고, 히트 - 건을 사용하여 상기 팬 위에서 대략 46 cm (18 인치)로 건조시켰다. 건조시키는 동안 상기 팬을 서서히 흔들어서 완전히 건조되기 전에 분말이 침강되는 것을 방지했다. 히트 - 건을 사용하여 건조시킨 후에, 상기 팬을 추가의 30분 동안 90°C의 드라이 오븐에 넣어 상기 물질을 더욱 완전하게 건조시켰다. 이어서, 건조된 분말 베드를 스페큘라로 떠내고 팬으로부터 긁어내어 작은 플레이크 물질을 형성했다. 각각의 플레이크의 무게는 약 0.5 내지 3 g이었다. 상기 플레이크를 공기 중에서 약 1°C/분의 속도로 670°C로 가열하여 소성시킨 다음, 670°C에서 1시간 동안 유지시킨 후에, 노 전원을 끄고 상기 노를 다시 실온으로 냉각시켰다.

여러가지 소성된 플레이크를 아크 방전 노 (모델 번호: 1 - VAMF - 20 - 22 - 45; 미국 매사추세츠주 에이어에 소재하는 어드밴스드 배큘 시스템스 (Advanced Vacuum Systems) 제품)에서 용융시켰다. 소성된 플레이크 약 15 g을 노 챔버 내부에 위치한 냉각된 구리 플레이트 상에서 놓았다. 상기 노 챔버를 비운 후에, 아르곤 기체를 260 torr 압력으로 재충전했다. 전극과 플레이트 사이에 아크를 가하였다. 아크 방전기에 의한 온도는 소성된 플레이크를 재빨리 용융시키기에 충분히 높았다. 용융이 완결된 후에, 상기 물질을 약 30 초 동안 용융 상태로 유지시켜, 용융물을 균질화했다. 상기 용융물을 아크에서 꺼내 원래 온도로 냉각시켜 생성된 용융물을 신속하게 냉각시켰다. 신속한 냉각은 샘플의 덩어리가 작고 및 냉각된 구리 플레이트의 히트 싱크 능력이 높아 더욱 확실히 수행되었다. 노의 전원을 끈 후 1분 이내에 용융된 물질을 노에서 꺼냈다. 어떠한 이론에도 얽매이고 싶지는 않지만, 물로 냉각시킨 구리 플레이트의 표면에서 용융물의

냉각 속도는 1500°C/분이었다고 추정된다. 융합된 물질의 색상은 녹색이었다.

도 8은 실시예 1의 융합된 물질의 마멸된 단편의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 마멸된 단편은 통상적인 마운팅 기술 및 마멸 기술을 사용하여 제조했다. 마멸은 마멸기 (미국 일리노이주 레이크 블러프에 소재하는 부엘러 (Buehler)로부터 구입한 상표명 "ECOMET 3 TYPE POLISHER - GRINDER" 의 제품)를 사용하여 수행했다. 상기 샘플을 다이아몬드 휠로 약 3분 동안 마멸시킨 후에, 각각 45, 30, 15, 9 및 3 μm 다이아몬드 슬러리를 사용하여 3분 동안 마멸시켰다. 마멸된 샘플을 금 - 팔라듐 박층으로 피복하였으며, JEOL SEM (모델 JSM 840A)를 사용하여 관찰했다. 도 8을 다시 참조하면, 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 10 내지 40 μm 이다. 실시예 1의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 이고 어두운 부분은 $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 1 μm 이하였다.

실시예 1의 융합된 물질을 "Chipmunk" 조우 (jaw) 파쇄기 (VD형, 미국 캘리포니아주 버뱅크에 소재하는 비코 인크. (BICO Inc.) 제품)을 사용하여 (마모) 입자로 파쇄시켰고, -25+30 및 -30+35 메쉬 분획 (미국 표준 시험 체)을 갖는 것으로 등급화하였다. 이들 2가지 메쉬 분획들을 합하여 50/50 블렌드를 제공했다. -25+30 및 -30+35 메쉬 분획들의 상기 50/50 블렌드 30 g을 피복된 마모 디스크로 혼입시켰다. 상기 피복된 연마 디스크는 통상적인 절차에 따라 제조했다. 융합된 연마 입자들은 통상적인 탄산칼슘 - 충전된 페놀계 메이크 코트 제조용 수지 (48% 레솔 페놀계 수지, 52% 탄산칼슘, 물 및 글리콜 에테르를 사용하여 81% 고체로 희석시킴) 및 통상적인 빙정석 - 충전된 페놀계 사이즈 코트 제조용 수지 (32% 레솔 페놀계 수지, 2% 산화철, 66% 빙정석, 물 및 글리콜 에테르를 사용하여 78% 고체로 희석시킴)를 사용하여 직경 17.8 cm, 두께 0.8 mm의 경화된 섬유 배킹 (2.2 cm 직경의 중앙 홀 (hole)을 가짐)에 결합시켰다. 습윤 메이크 수지의 중량은 약 185 g/m²였다. 상기 메이크 피복액을 적용한 직후, 융합된 연마 입자를 전기적으로 피복시켰다. 상기 메이크 수지를 88°C에서 120분 동안 예비경화시켰다. 이어서, 상기 빙정석 - 충전된 페놀계 사이즈 피복액을 사용하여 상기 메이크 피복물 및 연마 입자를 피복했다. 습윤 사이즈 중량은 약 850 g/m²였다. 사이즈 수지를 12시간 동안 99°C에서 경화시켰다. 피복된 연마 디스크를 시험하기 전에 구부렸다.

실시예 1의 연마 입자들의 평균 미세경도 (약 10 메쉬의 크기)를 마운팅 수지 (미국 일리노이주 레이크 블러프에 소재하는 부엘러 리미티드로부터 구입한 상표명 "ECOMET" 의 제품)에 산개(散開) 연마 입자를 마운팅하여 측정했다. 생성된 원통형 수지는 직경이 약 2.5 cm (1 인치)였고, 높이가 약 1.9 cm (0.75 인치)였다. 마운팅된 샘플을 통상적인 연삭기/마멸기 (부엘러 리미티드로부터 구입한 상표명 "ECOMET" 의 제품) 및 통상적인 다이아몬드 슬러리를 사용하여 마멸시켰고, 최종 마멸 단계에는 1 μm 다이아몬드 슬러리 (부엘러 리미티드로부터 구입한 상표명 "METADI" 의 제품)를 사용하여 샘플의 마멸된 단면을 얻었다.

미세경도 측정은 500 g의 압흔 하중 (indent load)을 사용한 빅커스 압자 (Vickers indenter)를 장착한 통상적인 미세경도 시험기 (일본 도쿄에 소재하는 미츠토요 코포레이션 (Mitutoyo Corporation)으로부터 구입한 상표명 "MITUTOYO MVK - VL" 의 제품)을 사용하여 수행했다. 미세경도 측정은 문헌 [ASTM Test Method E384 Test Methods for Microhardness of Materials (1991)]에 언급된 지침에 따라 수행했다. 미세경도 값은 20 회 측정치의 평균치였다. 평균 미세경도는 16.2 GPa였다.

여러가지 실시예 1의 연마 입자를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 녹색). 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 16.1 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

또한, 여러가지 실시예 1의 연마 입자를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 녹색). 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 16.0 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

비교예 A비교예 A

비교예 A의 피복된 연마 디스크는 열처리된 융합된 알루미나 연마 입자 (오스트리아 빌라치에 소재하는 트리에바처 (Triebacher)로부터 구입한 상표명 "ALODUR BFRPL" 의 제품)를 실시예 1의 융합된 연마 입자 대신 사용했다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다.

비교예 B비교예 B

비교예 B의 피복된 연마 디스크는 알루미나 - 지르코니아 연마 입자 (공용물 조성: Al_2O_3 53% 및 ZrO_2 47%; 미국 매사추세츠주 워르세스터에 소재하는 노르톤 컴파니로부터 구입한 상표명 "NORZON" 의 제품)를 실시예 1의 융합된 연마 입자 대신 사용했다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다.

비교예 B의 연마 입자들의 평균 미세경도를 실시예 1에 기재한 바와 같이 측정했을 때, 16.0 GPa였다. 비교예 B의 연마 입자들의 색상은 회청색이었다.

여러가지 비교예 B의 연마 입자를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 베이지색이었다. 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 12.9 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 전의 비교예 B의 연마 입자들의 SEM 현미경 사진은 도 11에 나타났다. 가열 후의 비교예 B의 연마 입자들의 SEM 현미경 사진은 도 12에 나타났다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 상이했다. 이러한 차이는 콜로니 경계선에서 가장 두드러지는 것으로 관찰되었다.

추가적 분말 X-선 회절분석법 (1.54050 Å의 구리 K α 1 방사선을 사용하는 필립스 (Phillips) XRG 3100 X-선 회절계 사용)을 사용하여 약 $2\theta = 30^\circ$ 에서 입방형 및(또는) 정방정계 반사의 111의 피크 강도를 약 $2\theta = 28^\circ$ 에서 단사정계 반사의 111의 피크 강도와 비교함으로써 비교예 B의 연마 입자에 존재하는 상을 상기 기재한 열처리 전과 후에 정량적으로 측정했다. 문헌 [Phase Analysis in Zirconia Systems, " Garvie, R. C. and Nicholson, P. S., Journal of the American Ceramic Society, vol 55 (6), pp. 303 - 305, 1972]를 참조한다. 상기 샘플을 연삭하고 -120 메쉬 분말을 사용하여 분석했다. 열처리하지 않은 비교예 B의 연마 입자는 단사정계 및 입방형 및(또는) 정방정계 지르코니아 상 모두를 함유했다. 열처리된 샘플의 경우, 입방형 및(또는) 정방정계 상 함량이 감소하고 단사정계의 상 함량은 이에 상응하게 증가하는 것으로 관찰되었다.

여러가지 비교예 B의 연마 입자를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 베이지색이었다. 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 12.8 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후의 비교예 B의 연마 입자들의 SEM 현미경 사진은 도 13에 나타났다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 상이했다. 이러한 차이는 1000°C에서 4시간 동안 열처리하여 관찰한 경우보다 컸으며, 역시 콜로니 경계선에서 가장 두드러지는 것으로 관찰되었다.

2종의 유리화된 결합 물질들의 비교예 B의 연마 입자에 대한 영향을 다음과 같이 평가했다. 제1 유리화된 결합 물질을 플라스틱 단지 (직경: 4 3/8 인치 (11.1 cm), 높이: 4 3/8 인치 (11.1 cm))에 유리 프릿 (SiO_2 37.9%, B_2O_3 28.5%, Al_2O_3 15.6%, Na_2O 13.9% 및 K_2O 4.1%; 미국 오하이오주 클레버랜드에 소재하는 페로 코포레이션 (Ferro Corporation)으로부터 구입한 상표명 "FERRO 프릿 3227"의 제품) 70 부, 켄터키 볼 클레이 (Kentucky Ball Clay) (제 6DC호; 미국 켄터키주 히코리에 소재하는 올드 히코리 클레이 컴파니 (Old Hickory Clay Company)로부터 구입) 27 부, Li_2CO_3 (미국 매사추세츠주 와르트 힐에 소재하는 알파 애사르 케미칼 컴파니 (Alfa Aesar Chemical Company)로부터 구입) 3.5 부, CaSiO_3 (알파 애사르 케미칼 컴파니로부터 구입) 3 부 및 1.3 cm (0.5 인치) 직경의 플라스틱 피복된 강철 매질 625 g을 충전한 후에, 상기 내용물을 90 rpm에서 7시간 동안 건조 밀링시켰다. 조성물을 제형화하여 SiO_2 약 45%, Al_2O_3 약 19%, B_2O_3 약 20%, Na_2O 약 10%, K_2O 약 3%, Li_2O 약 1.5% 및 CaO 약 1.5%를 포함하는 유리화된 결합 물질을 생성했다. 건조 밀링된 물질 및 비교예 B의 연마 입자를 3.2 cm $\times$ 0.6 cm (1.25 인치 $\times$ 0.25 인치) 펠렛으로 압축했다. 상기 펠렛을 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 상기 펠렛은 비교예 B의 연마 입자 (-20+30 메쉬) 20 부, 가수분해된 전분 (미국 위스콘신주 밀워키에 소재하는 알드리치 케미칼 컴파니 (Aldrich Chemical Company)로부터 구입한 상표명 "DEXTRIN"의 제품) 0.24 부, 글리세린 (알드리치 케미칼 컴파니로부터 구입) 0.02 부, 물 0.72 부, 건조 밀링된 물질 3.14 부 및 가수분해된 전분 ("DEXTRIN") 0.4 부를 순서대로 혼합하여 제조했다. 상기 펠렛을 2273 kg (5000 lbs)의 하중으로 압축했다. 유리화된 결합 물질 중 연마 입자의 가열 후 평균 미세경도는 13.6 GPa였지만, 비교예 B의 연마 입자 중 일부는 미세경도를 효과적으로 측정할 수 없을 만큼 심하게 손상되었다 (상기 입자들의 일부가 너무 약했음). 열처리된 연마 입자들의 색상은 다양했으나, 대부분이 베이지색이었다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후의 비교예 B의 연마 입자들의 SEM 현미경 사진은 도 14에 나타났다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 상이했다. 이러한 차이는 1000°C에서 4시간 동안 열처리하여 관찰한 경우보다 컸으며, 역시 콜로니 경계선에서 가장 두드러지는 것으로 관찰되었다.

제2 유리화된 결합 물질은 플라스틱 단지 (직경: 4 3/8 인치 (11.1 cm), 높이: 4 3/8 인치 (11.1 cm))에 켄터키 볼 클레이 (제6DC호; 올드 히코리 클레이 컴파니로부터 구입) 45 부, 무수 테트라붕산 나트륨 (알파 애사르 케미칼 컴파니로부터 구입) 28 부, 장석 (미국 조지아주 아틀란타에 소재하는 펠트스파 코포레이션 (Feldspar Corporation)으로부터 구입한 상표명 "G-200 Feldspar"의 제품) 25 부, Li_2CO_3 (알파 애사르 케미칼 컴파니로부터 구입) 3.5 부, CaSiO_3 (알파 애사르 케미칼 컴파니로부터 구입) 2.5 부 및 1.3 cm (0.5 인치) 직경의 플라스틱 피복된 강철 매질 625 g을 충전한 후에, 상기 내용물을 90 rpm에서 7시간 동안 건조 밀링시켰다. 조성물을 제형화하여 SiO_2 약 45%, Al_2O_3 약 19%, B_2O_3 약 20%, Na_2O 약 10%, K_2O 약 3%, Li_2O 약 1.5% 및 CaO 약 1.5%를 포함하는 유리화된 결합 물질을 생성했다. 건조 밀링된 물질 및 비교예 B의 연마 입자를 3.2 cm $\times$ 0.6 cm (1.25 인치 $\times$ 0.25 인치) 펠렛으로 압축했다. 상기 펠렛을 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 상기 펠렛은 비교예 B의 연마 입자 (-20+30 메쉬) 20 부, 가수분해된 전분 ("DEXTRIN") 0.24 부, 글리세린 (알드리치 케미칼 컴파니로부터 구입) 0.02 부, 물 0.72 부, 건조 밀링된 물질 3.14 부 및 가수분해된 전분 ("DEXTRIN") 0.4 부를 순서대로 혼합하여 제조했다. 상기 펠렛을 2273 kg (5000 lbs)의 하중으로 압축했다. 유리화된 결합 물질 중 연마 입자의 가열 후 평균 미세경도는 13.4 GPa였지만, 비교예 B의 연마 입자 중 일부는 미세경도를 효과적으로 측정할 수 없을 만큼 심하게 손상되었다 (상기 입자들의 일부가 너무 약했음). 열처리된 연마 입자들의 색상은 다양했으나, 대부분이 베이지색이었다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 상이했다. 이러한 차이는 1000°C에서 4시간 동안 열처리하여 관찰한 경우보다 컸으며, 역시 콜로니 경계선에서 가장 두드러지는 것으로 관찰되었다.

비교예 C비교예 C

비교예 C의 피복된 연마 디스크는 졸 - 겔 - 유도된 연마 입자 ("321 CUBITRON"이라는 상표명으로 시판됨, 미국 미네소타주 세인트 파울에 소재하는 3M 컴파니 (3M Company) 제품)를 실시예 1의 융합된 연마 입자 대신 사용했다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다.

실시에 1 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능 실시예 1 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능

실시에 1 및 비교예 A 내지 비교예 C의 피복된 연마 디스크들의 연삭 성능을 다음과 같이 평가했다. 각각의 피복된 연마 디스크를 경사진 알루미늄 백업 패드에 마운팅하고, 이를 사용하여 미리 무게를 측정해 둔 $1.25\text{ cm} \times 18\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 1018 연강 작업편의 면을 연삭하였다. 상기 디스크를 5,000 rpm으로 구동시켰고, 이 동안 상기 백업 패드의 경사진 가장자리에 놓인 디스크의 일부는 8.6 kg의 하중으로 상기 작업편과 접촉했다. 각각의 디스크를 사용하여 개개의 작업편을 1분 간격으로 차례로 연삭했다. 총 절단량은 시험 기간 전체에 걸쳐 작업편으로부터 제거된 물질의 양의 합이다. 연삭한 지 12분 후에, 각각의 샘플에 의한 총 절단물 및 12분째의 절단물 (즉, 최종 절단물)을 하기 표 1에 나타냈다.

[표 1]

실시에	총 절단물 (g)	최종 절단물 (g)
비교예 A	418	23
비교예 B	621	48
비교예 C	859	75
4	732	76

실시에 2 실시예 2

실시에 2의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 ("APA - 0.5") 173 g, 산화 마그네슘 분말 (미국 매릴랜드주 헌트 밸리에 소재하는 마틴 마리에타 마그네시아 스페셜티스 (Martin Marietta Magnesia Specialties)로부터 구입한 상표명 "MAGCHEM 10 - 325"의 제품) 19.3 g, 산화이트륨 분말 (미국 매사추세츠주 뉴턴에 소재하는 에이치. 씨. 스타르크 제품) 107.8 g, 분산제 ("DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 137.4 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 64 몰%, MgO 18 몰% 및 Y_2O_3 18 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 백색이었다.

도 9는 실시예 2의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 10 내지 40 μm 이다. 실시예 2의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 이고 어두운 부분은 결정성 Al_2O_3 가 풍부한 스피넬 고체 용액상이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 2 μm 이하였다.

비교예 D 비교예 D

비교예 D의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 ("APA - 0.5") 149.5 g, 산화이트륨 - 안정화된 산화지르코니아 분말 (ZrO_2 (+ HfO_2) 94 중량% 및 Y_2O_3 5.4 중량%의 규정된 조성; 미국 조지아주 마리에타에 소재하는 지르코니아 세일즈, 인크. (Zirconia Sales, Inc.)로부터 구입한 상표명 "HSY 3.0"의 제품) 149.4 g, 분산제 ("DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 136.5 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 54.8 몰% 및 ZrO_2 45.2 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 백색이었다.

도 10은 비교예 D의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 40 μm 이다. 비교예 D의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 ZrO_2 이고 어두운 부분은 α - Al_2O_3 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.5 μm 이하였다.

비교예 D의 평균 미세경도를 실시예 1에 기재한 바와 같이 측정했을 때, 15.3 GPa였다.

여러가지 비교예 D의 입자들을 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 백색이었다. 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 15.0 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 전의 비교예 D의 물질의 SEM 현미경 사진은 도 15에 나타났다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

비교예 B에 기재한 바와 같이, 추가의 분말 X-선 회절분석법을 사용하여 약 $2\theta = 30^\circ$ 에서 입방형 및(또는) 정방정계 반사의 111의 피크 강도를 약 $2\theta = 28^\circ$ 에서 단사정계 반사의 111의 피크 강도와 비교함으로써 비교예 D의 물질에 존재하는 상을 상기 기재한 열처리 전과 후에 정량적으로 측정했다. 열처리하지 않은 비교예 D의 물질은 열처리 전과 후에 입방형 및(또는) 정방정계 지르코니아를 우세하게 함유했다 (즉, X-선 회절분석 결과와 별다른 차이가 없음).

또한, 여러가지 비교예 D의 입자들을 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 연마 입자들의 색상은 백색이었다. 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 15.0 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 단지 조금만 상이했다. 비교예 D의 가열 후 SEM 현미경 사진을 도 16에 나타났다. 열처리된 물질에서 몇개의 균열이 관찰되었으며, 보통 ZrO_2 의 1차 결정 주변이었다.

실시예 1 및 비교예 B 및 비교예 D의 연마 입자/물질들의 시차열분석 (DTA) 및 열중량분석 (TGA) 실시예 1 및 비교예 B 및 비교예 D의 연마 입자/물질들의 시차열분석 (DTA) 및 열중량분석 (TGA)

실시예 1 및 비교예 B 및 비교예 D의 연마 입자/물질 각각에 대해 시차열분석 (DTA) 및 열중량분석 (TGA)을 수행했다. 각각의 물질을 막자사발 및 공이를 사용하여 파쇄하고 스크리닝하여 입도가 400 내지 500 μm 범위 내에 있도록 했다.

DTA/TGA 운행은 스크리닝된 샘플 각각에 대해 수행했다 (독일 쉘브에 소재하는 닷취 인스트루먼트 (Netzsch Instruments)로부터 구입한 상표명 "NETZSCH STA 409 DTA/TGA" 의 기기를 사용). 100 μl Al_2O_3 샘플 홀더에 넣은 스크리닝된 샘플의 양은 각각 129.5 μg (실시예 1), 125.8 μg (비교예 D), 127.3 μg (비교예 B)였다. 각각의 샘플을 정적 공기 중에서 10°C/분의 속도로 실온 (약 25°C)에서 1300°C로 가열했다.

도 5를 참조하면, 선 (157)은 실시예 1의 물질에 대해 플롯한 DTA 데이타이고, 선 (159)는 플롯한 TGA 데이타이다. 도 6을 참조하면, 선 (177)은 비교예 D의 물질에 대해 플롯한 DTA 데이타이며, 선 (179)는 플롯한 TGA 데이타이다. 도 7를 참조하면, 선 (187)은 비교예 B의 물질에 대해 플롯한 DTA 데이타이고, 선 (189)는 플롯한 TGA 데이타이다. TGA 운행을 통한 샘플의 중량 변화는 실시예 1의 경우, 0.22%였고, 비교예 D의 경우가 0.73%, 비교예 B의 경우가 1.16%였다.

실시예 3 실시예 3

실시예 3의 융합된 물질은 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 ("APA - 0.5") 201.9 g 및 산화이트륨 분말 (미국 매사추세츠주 뉴톤에 소재하는 에이치. 씨. 스타르크 제품) 98.1 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 82 몰% 및 Y_2O_3 18 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다.

도 27은 실시예 3의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 10 내지 40 μm 이다. 실시예 3의 물질 일부의 분말 X-선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $Y_3Al_5O_{12}$ 이고 어두운 부분은 $\alpha - Al_2O_3$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 1 μm 이하였다.

실시에 3 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능 실시예 3 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능

실시에 3 및 비교예 A 내지 비교예 C의 피복된 연마 디스크들의 연삭 성능을 실시예 1 및 비교예 A 내지 비교예 C에 대해 기재한 바와 같이 평가했다. 이 결과를 하기 표 2에 나타냈다.

[표 2]

실시예	총 절단물 (g)	최종 절단물 (g)
비교예 A	431	25
비교예 B	674	50
비교예 C	933	78
3	787	56

실시에 4 실시예 4

실시에 4의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 242.5 g, 산화가돌리늄 분말 (미국 캘리포니아주 브레아에 소재하는 몰리코르프, 인크. (Molycorp, Inc.)로부터 구입) 257.5 g, 분산제 (" D URAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 150.6 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 77 몰% 및 Gd_2O_3 23 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 황백색이었다.

도 17은 실시예 4의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 20 μm 이다. 실시예 4의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $GdAlO_3$ 이고 어두운 부분은 $\alpha - Al_2O_3$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.7 μm 이하였다. 또한, 상기 융합된 물질에서는 많은 세공들이 관찰되었음이 주목된다.

실시에 5 실시예 5

실시에 5의 융합된 물질, 연마 입자 및 디스크는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 145.6 g, 산화란탄 분말 (미국 캘리포니아주 브레아에 소재하는 몰리코르프, 인크.로부터 구입) 151.2 g, 분산제 (" DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 129.5 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 75 몰% 및 La_2O_3 25 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 적백색이었으나, 상기 연마 입자 중 일부는 다른 입자들보다 더 붉은 색이었다.

도 18은 실시예 5의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 30 μm 이다. 실시예 5의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $LaAlO_3$ 이고 어두운 부분은 결정성 $LaAl_{11}O_{18}$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.5 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 ($LaAlO_3$ 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단편의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공융 조성이 La_2O_3 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다.

실시에 5의 연마 입자들의 평균 미세경도를 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼입하였다는 점을 제외하고는 실시예 1에 기재한 바와 같이 측정했다. 실시예 5의 연마 입자들의 평균 미세경도는 15.0 GPa였다.

실시에 1 및 비교예 B 및 비교예 D의 연마 입자/물질에 대해 기재한 바와 같이, 시차열분석 (DTA) 및 열중량분석 (TGA)을 실시예 5의 물질에 대해 수행하였다. 도 19를 참조하면, 선 (167)은 실시예 5의 물질에 대해 플롯한 DTA 데이터이고, 선 (169)는 플롯한 TGA 데이터이다. TGA 운행 동안의 샘플의 중량 변화는 0.22%였다. 여러가지 실시예 5의 연마 입자 (및 실시예 6 및 실시예 7의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 5의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 적백색). 실시예 5의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 14.1 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 5의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

또한, 여러가지 실시예 5의 연마 입자 (및 실시예 6 및 실시예 7의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 5의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 적백색). 실시예 5의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 14.3 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 5의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

2종의 유리화된 결합 물질들의 실시예 5의 연마 입자에 대한 영향을 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼입하였다는 점을 제외하고는 비교예 B에 기재한 바와 같이 평가했다. 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 마멸된 단면을 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다. 실시예 5의 연마 입자들은 유리화된 결합 물질과 함께 가열한 후의 색상이 가열 전과 동일했다 (즉, 적백색).

실시예 6 실시예 6

실시예 6의 융합된 물질, 연마 입자 및 디스크는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 ("APA - 0.5") 143.6 g, 산화네오디뮴 분말 (미국 캘리포니아주 브레아에 소재하는 폴리코르프, 인크.로부터 구입) 147.6 g, 분산제 ("DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 138.5 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 75 몰% 및 Nd_2O_3 25 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 청백색이었으나, 상기 연마 입자 중 일부는 다른 입자들보다 더 푸른 색이었다.

도 20은 실시예 6의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 10 내지 40 μm 이다. 실시예 6의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $NdAlO_3$ 이고 어두운 부분은 결정성 $NdAl_{11}O_{18}$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.5 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 ($NdAlO_3$ 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단면의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공융 조성이 Nd_2O_3 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다.

실시예 6의 평균 미세경도를 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼입하였다는 점을 제외하고는 실시예 1에 기재한 바와 같이 측정했다. 실시예 6의 연마 입자들의 평균 미세경도는 14.5 GPa였다.

여러가지 실시예 6의 연마 입자 (및 실시예 5 및 실시예 7의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 6의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 청백색). 실시예 6의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는

14.1 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 6의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

또한, 여러가지 실시예 6의 연마 입자 (및 실시예 5 및 실시예 7의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 6의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 청백색). 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 14.5 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 6의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

2종의 유리화된 결합 물질들의 실시예 6의 연마 입자에 대한 영향을 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼입하였다는 점을 제외하고는 비교예 B에 기재한 바와 같이 평가했다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다. 가열 후에 실시예 6의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 청백색).

실시예 7 실시예 7

탄산란탄 분말 (미국 텍사스주 휴스턴에 소재하는 아프테크 서비시스, 엘엘씨 (Aptech Services, LLC)로부터 구입, 제품번호: SH99 - 5 - 7)을 900°C로 가열하여 산화란탄 및 몇몇 세륨(IV)산화물로 전환 (제조업자의 전환 설명에 따르면, La_2O_3 95% 및 CeO_2 4.19% 및 탄산염의 산화물로의 수율, 산화 금속의 49.85 중량%)시켰다. 실시예 7의 융합된 물질, 연마 입자 및 디스크는 (a) 폴리에틸렌 병에 산화 란탄/산화세륨 분말 148.6 g, 알루미늄 분말 ("APA - 0.5") 146.4 g, 분산제 ("DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 141.3 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 75 몰% 및 $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Ce}_2\text{O}_3$ 25 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 상기 슬러리는 실시예 5의 슬러리에 비해 상당히 더 점성이 있는 것으로 관찰되었다. 융합된 물질의 색상은 밝은 오렌지색이었다.

도 21은 실시예 7의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 25 μm 이다. 실시예 7의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 LaAlO_3 이고 어두운 부분은 결정성 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 내지 약 0.5 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 (LaAlO_3 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단면의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공융 조성이 La_2O_3 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다

실시예 7의 연마 입자들의 평균 미세경도를 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼입하였다는 점을 제외하고는 실시예 1에 기재한 바와 같이 측정했다. 실시예 7의 연마 입자들의 평균 미세경도는 14.8 GPa였다.

여러가지 실시예 7의 연마 입자 (및 실시예 5 및 실시예 6의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 4시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 7의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 밝은 오렌지색). 실시예 7의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 14.7 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 7의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

또한, 여러가지 실시예 7의 연마 입자 (및 실시예 5 및 실시예 6의 연마 입자)를 백금 도가니에 넣고, 50°C/시간으로 1000°C로 가열하고 1000°C에서 8시간 동안 (공기 중에) 유지한 후에, 실온으로 약 100°C/시간으로 냉각시켰다. 가열 후에 실시예 7의 연마 입자들의 색상은 가열 전과 동일했다 (즉, 밝은 오렌지색). 실시예 7의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 14.1 GPa였다. 미세경도 측정을 위해 제조된 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 실시예 7의 연마 입자들의 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다.

2종의 유리화된 결합 물질들의 실시예 7의 연마 입자에 대한 영향을 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들 (즉, 실시예 5, 6 및 7의 연마 입자들을 함께 혼합했으나, 이들은 SEM을 이용하여 관찰한 조성에서 색상에 따라 가시적으로 서로와 구별됨)을 펠렛으로 혼합하였다는 점을 제외하고는 비교예 B에 기재한 바와 같이 평가했다. 상기 마멸된 단면들을 2차 전자 모드를 이용한 SEM을 통해 조사했다. 가열 후에 관찰된 미세구조는 가열 전에 관찰된 미세구조와 실질적으로 동일했다. 실시예 7의 연마 입자들의 가열 후 평균 미세경도는 2종의 유리화된 결합 물질에서 각각 14.2 GPa 및 14.3 GPa였다. 실시예 7의 연마 입자들은 2종의 유리화된 결합 물질 각각과 가열한 후의 색상이 가열 전과 동일했다 (즉, 밝은 오렌지색).

실시예 4 내지 실시예 7 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능 실시예 4 내지 실시예 7 및 비교예 A 내지 비교예 C의 연삭 성능

실시예 4 내지 실시예 7 및 비교예 A 내지 비교예 C의 피복된 연마 디스크들의 연삭 성능을 실시예 1 및 비교예 A 내지 비교예 C에 대해 기재한 바와 같이 평가했다. 이 결과를 하기 표 3에 나타냈다.

[표 3]

실시예	총 절단물 (g)	최종 절단물 (g)
비교예 A	418	23
비교예 B	621	48
비교예 C	859	75
4	732	56
5	585	41
6	603	37
7	564	34

실시예 8 실시예 8

실시예 8의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 144.5 g, 세륨(IV)산화물 (CeO₂) 분말 (미국 위스콘신주 밀워키에 소재하는 알드리치 케미칼 컴파니, 인크로부터 구입) 147.4 g, 분산제 (" DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 137.5 g를 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al₂O₃ 75 몰% 및 Ce₂O₃ 25 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 녹색이었다.

도 22는 실시예 8의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 30 μm 이다. 실시예 8의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 CeAlO_3 및 결정성 CeO_2 이고 어두운 부분은 결정성 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.5 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 (CeAlO_3 및(또는) CeO_2 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단면의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공융 조성이 CeAlO_3 및(또는) CeO_2 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다

실시예 9 실시예 9

실시예 9의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 146.5 g, 산화디스프로슘 분말 (미국 위스콘신주 밀워키에 소재하는 알드리치 케미칼 컴파니, 인크로부터 구입) 147.4 g, 분산제 (" DURAM AX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 136.3 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 78 몰% 및 Dy_2O_3 22 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 백색이었다.

도 23은 실시예 9의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 20 μm 이다. 실시예 9의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 이고 어두운 부분은 $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 1 μm 이하였다. 1차 결정들은 관찰되지 않았다.

실시예 10 실시예 10

실시예 10의 융합된 물질 및 연마 입자는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 146.3 g, 산화이테르븀 분말 (미국 위스콘신주 밀워키에 소재하는 알드리치 케미칼 컴파니, 인크로부터 구입) 148.4 g, 분산제 (" DURAMA X D - 30005") 0.6 g 및 증류수 139.6 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 78.6 몰% 및 Yb_2O_3 21.4 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 회색이었다.

도 24는 실시예 10의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공융 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 25 μm 이다. 실시예 10의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 이고 어두운 부분은 $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 1 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 ($\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$ 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단면의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공융 조성이 Al_2O_3 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다.

실시예 11 실시예 11

실시예 11의 융합된 물질, 연마 입자 및 디스크는 (a) 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 155.6 g, 산화란탄 분말 (미국 캘리포니아주 브레아에 소재하는 몰리코르프, 인크.로부터 구입) 144.3 g, 분산제 (" DURAMAX D - 30005") 0.6 g 및 증류수 130 g을 충전했다는 점과, (b) 상기 분말이 Al_2O_3 77.5 몰% 및 La_2O_3 22.5 몰%를 제공하는 양으로 존재한다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다. 융합된 물질의 색상은 적백색이었으나, 상기 연마 입자 중 일부는 다른 입자들보다 더 붉은 색이었다.

도 25는 실시예 11의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 주사 전자 현미경 (SEM) 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 30 μm 이다. 실시예 1의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 LaAlO_3 이고 어두운 부분은 결정성 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 이라고 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 이들 상의 폭은 약 0.5 μm 이하였다. 또한, 수초 형태로 존재하는 대형 1차 결정들 (LaAlO_3 라고 여겨짐)이 상기 마멸된 단면의 몇몇 영역에서 관찰되었으며, 이는 정확한 공용 조성이 La_2O_3 가 풍부한 조성으로 변이되었을 수 있음을 지시한다

실시예 11 및 비교예 A 내지 비교예 C의 피복된 연마 디스크들의 연삭 성능을 실시예 1 및 비교예 A 내지 비교예 C에 대해 기재한 바와 같이 평가했다. 이 결과를 하기 표 4에 나타냈다.

[표 4]

실시예	총 절단물 (g)	최종 절단물 (g)
비교예 A	404	21
비교예 B	647	51
비교예 C	952	79
11	690	52

실시예 12 실시예 12

실시예 12의 융합된 물질은 폴리에틸렌 병에 알루미늄 분말 (" APA - 0.5") 132.3 g, 산화란탄 분말 (미국 캘리포니아주 브레아에 소재하는 토크야마 분말, 인크.로부터 구입) 122.7 g, 질화 알루미늄 분말 45 g (F형, 도꾸야마 소다 코포레이션 (Tokuyama Soda Co.)으로부터 구입) 및 이소프로필 알콜 150 g을 충전했다는 점을 제외하고는, 실시예 1에 기재한 바에 따라 제조했다.

도 26은 실시예 12의 융합된 물질의 마멸된 단편 (실시예 1에 기재한 바와 같이 제조함)의 SEM 현미경 사진이다. 상기 현미경 사진은 복수개의 콜로니를 포함하는 공용 - 유도된 미세구조를 나타낸다. 상기 콜로니의 크기는 약 5 내지 30 μm 이다. 상기 콜로니를 구성하는 결정들의 배향 및 모양은 콜로니마다 달랐다. 실시예 12의 물질 일부의 분말 X - 선 회절분석법 및 후방산란 방식의 SEM을 사용한 마멸된 샘플 조사를 바탕으로, 현미경 사진의 백색 부분은 결정성 LaAlO_3 이고 어두운 부분은 결정성 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 이라고 여겨진다. 또한, 도 26은 대형 구형 함유물 형태의 제3의 상의 존재를 나타낸다. 이들 함유물은 AIN 상이라 여겨진다. 마멸된 단편에서 관찰된 LaAlO_3 및 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ 상의 결정들의 폭은 약 1 μm 이하였다.

당업자라면, 본 발명의 범위와 사상을 벗어나지 않는 본 발명의 다양한 변형과 변경이 명백할 것이며, 본 발명은 본원에 기술된 예시적인 실시양태에 부당하게 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용(共融) (eutectic) 콜로니를 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 2.

제1항에 있어서, 공용 콜로니를 상기 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 50 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 3.

제2항에 있어서, 이론상 산화물 기재의 Al_2O_3 를 상기 입자 중의 산화 금속의 총 함량을 기준으로 40 중량% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 4.

제3항에 있어서, 제1상의 결정성 산화 금속 상이 결정성 Al_2O_3 인 융합된 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 5.

제3항에 있어서, 제1상의 결정성 산화 금속 상이 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 6.

제3항에 있어서, 제1상의 결정성 산화 금속 상이 결정성 Al_2O_3 이고, 제2상의 결정성 산화 금속 상이 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 7.

제3항에 있어서, 제1상의 결정성 산화 금속 상이 결정성 Al_2O_3 이고, 제2상의 결정성 산화 금속 상이 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, GdAlO_3 및 $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 로 구성된 군에서 선택되는 것인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 8.

제3항에 있어서, 제1상의 결정성 산화 금속 상이 결정성 CeAlO_3 , EuAlO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , PrAlO_3 및 SmAlO_3 로 구성된 군에서 선택되고, 제2상의 결정성 산화 금속 상이 결정성 $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{NdAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{PrAl}_{11}\text{O}_{18}$ 및 $\text{SmAl}_{11}\text{O}_{18}$ 로 구성된 군에서 선택된 것인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 9.

제3항에 있어서, 공용 콜로니의 평균 크기가 100 μm 미만인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 10.

제3항에 있어서, 공용 콜로니의 평균 크기가 50 μm 미만인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 11.

제3항에 있어서, 융합된 결정성 연마 입자의 평균 미세경도가 13 GPa 이상인 융합된 결정성 연마 입자.

청구항 12.

입도 분포가 미립자 내지 조립자 범위이며, 적어도 일부가 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용 콜로니를 각각의 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자인 복수개의 입자.

청구항 13.

입도 분포가 미립자 내지 조립자 범위이며, 적어도 일부가 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용 콜로니를 각각의 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자인, 특정한 규정 (nominal) 등급을 갖는 복수개의 연마 입자.

청구항 14.

1종 이상의 Al_2O_3 공급원 및 1종 이상의 반응성 Al_2O_3 산화 금속 공급원을 용융시켜 용융물을 제공하는 단계; 및 상기 용융물을 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용 콜로니를 각각의 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자로 전환시키는 단계를 포함하는, 상기와 같은 융합된 결정성 연마 입자의 제조 방법.

청구항 15.

제14항에 있어서, 전환 단계가 용융물을 냉각시켜 고형화된 물질을 생성하는 단계; 및 고형화된 물질을 파쇄하여 상기 융합된 결정성 연마 입자를 생성하는 단계를 포함하는 것인 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 용융물 냉각 단계가 용융물을 금속성 플레이트를 사용하여 냉각시키는 단계를 포함하는 것인 방법.

청구항 17.

제15항에 있어서, 용융물 냉각 단계가 용융물을 금속성 볼 (ball)을 사용하여 냉각시키는 단계를 포함하는 것인 방법.

청구항 18.

결합제, 및 적어도 일부가 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $Al_2O_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공용 콜로니를 각각의 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자인 복수개의 연마 입자를 포함하는 연마 용품.

청구항 19.

제18항에 있어서, 피복된 연마 용품이고 배킹 (backing)을 추가로 포함하는 것인 연마 용품.

청구항 20.

제18항에 있어서, 결합된 연마 용품인 연마 용품.

청구항 21.

제18항에 있어서, 부직 연마 용품이고 부직 웹을 추가로 포함하는 것인 연마 용품.

청구항 22.

적어도 일부가 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제2의 상이한 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ 산화 금속을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공유 콜로니를 각각의 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자인 복수개의 연마 입자가 유리화된 결합 물질을 통해 결합되어 있음을 포함하는 유리화된 결합된 연마 용품.

청구항 23.

제22항에 있어서, 유리화된 결합 물질이 실리카, 알루미나 및 보리아를 포함하는 것인 유리화된 결합된 연마 용품.

청구항 24.

제23항에 있어서, 유리화된 결합 물질이 알루미늄을 10 중량% 이상 포함하는 것인, 유리화된 결합된 연마 용품.

청구항 25.

제24항에 있어서, 유리화된 결합 물질이 보리아를 10 중량% 이상 포함하는 것인, 유리화된 결합된 연마 용품.

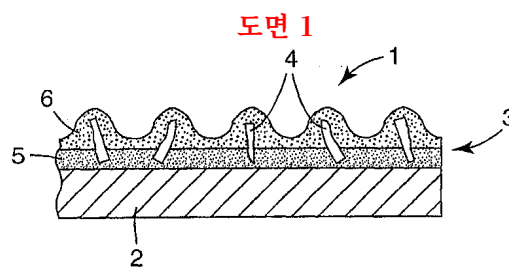
청구항 26.

1종 이상의 융합된 연마 입자가 1종 이상의 결정성 Al_2O_3 를 포함하거나 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제1상의 결정성 산화 금속 상 및 제1의 결정성 복합 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{산화 금속}$ 을 포함하는 제2상의 결정성 산화 금속 상의 3차원적 상호침투성 네트워크를 포함하는 공유 콜로니를 각각의 융합된 결정성 연마 입자 중의 산화 금속의 총 체적을 기준으로 20 체적% 이상 포함하는 융합된 결정성 연마 입자인 복수개의 연마 입자와 작업편의 표면을 접촉시키는 단계; 및

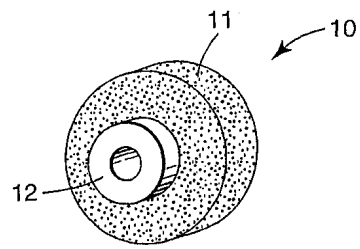
상기 복수개의 연마 입자 또는 상기 표면 중 하나 이상을 서로에 대해 이동시켜 융합된 연마 입자로 표면의 적어도 일부를 연마시키는 단계

를 포함하는, 표면 연마 방법.

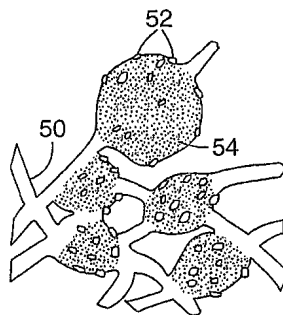
도면



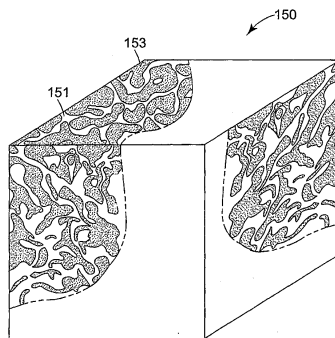
도면 2



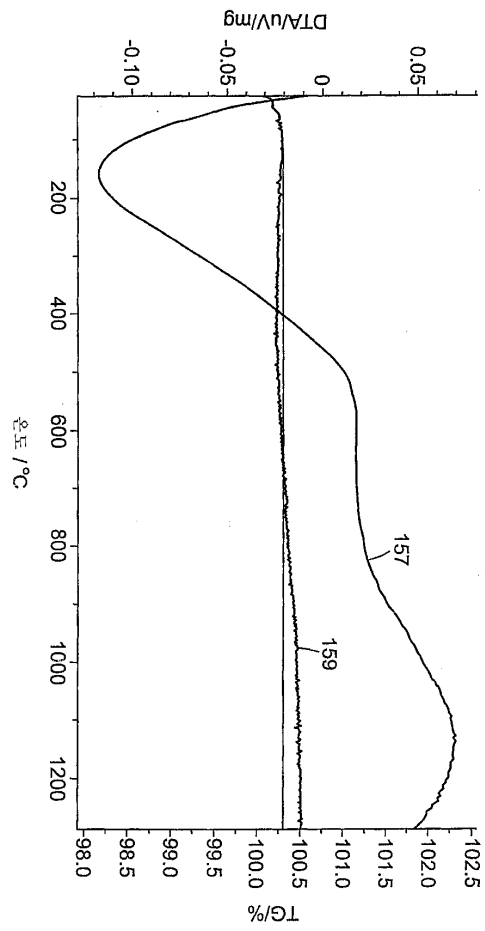
도면 3



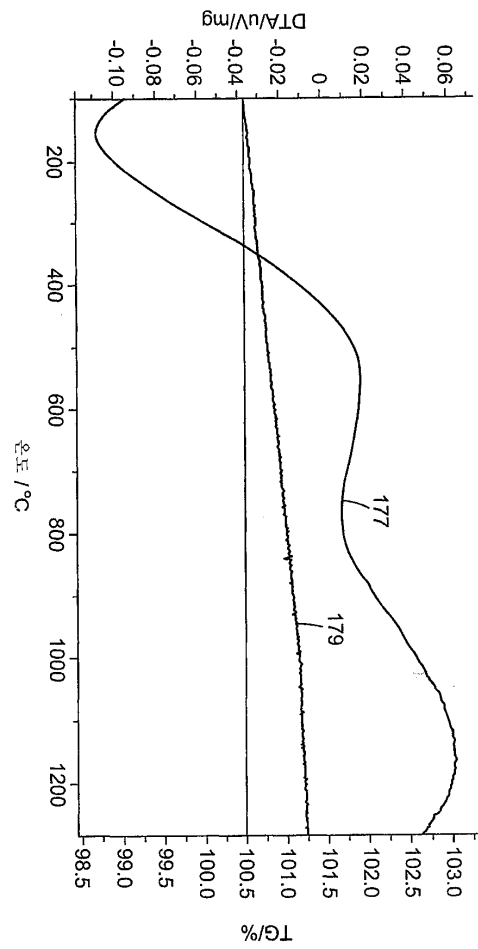
도면 4



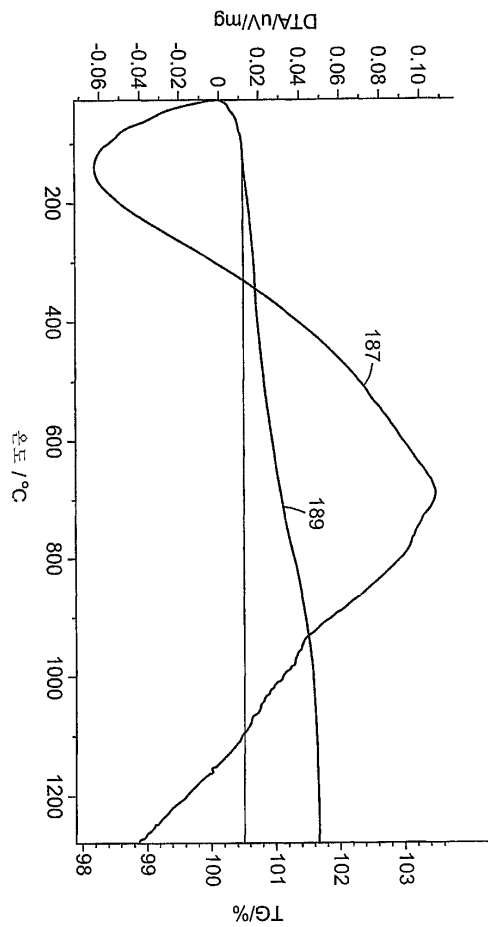
도면 5



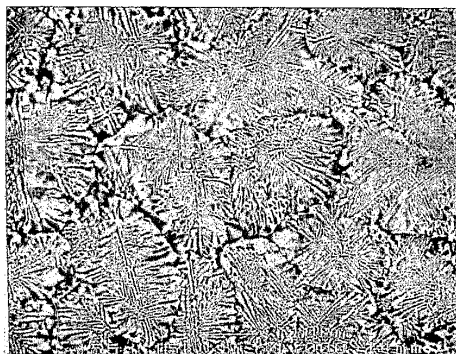
도면 6



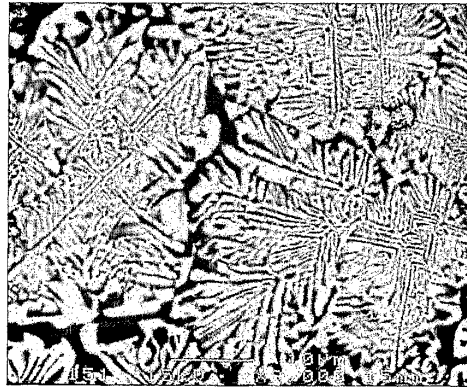
도면 7



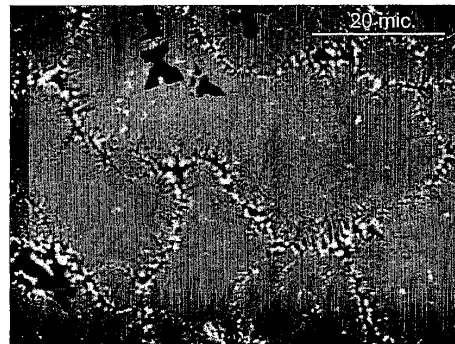
도면 8



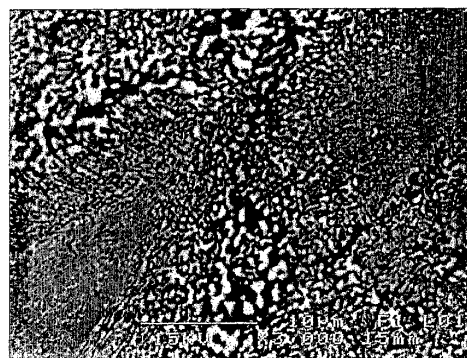
도면 9



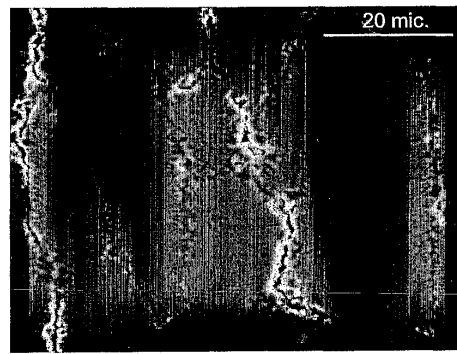
도면 10



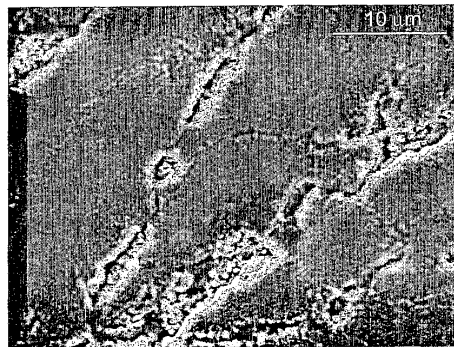
도면 11



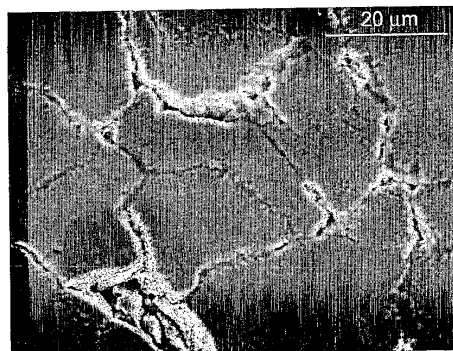
도면 12



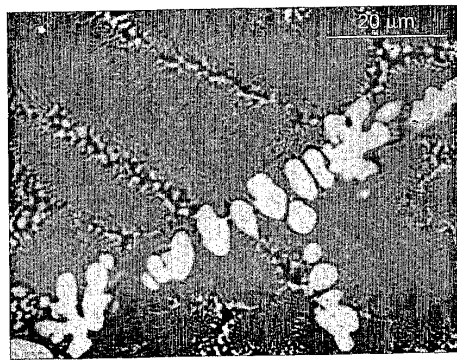
도면 13



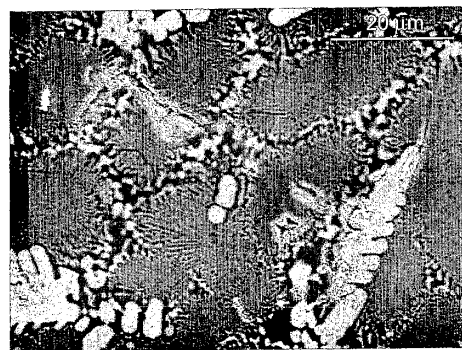
도면 14



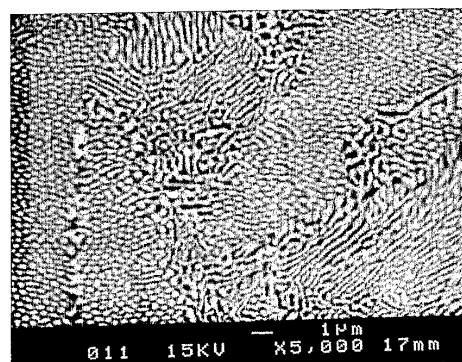
도면 15



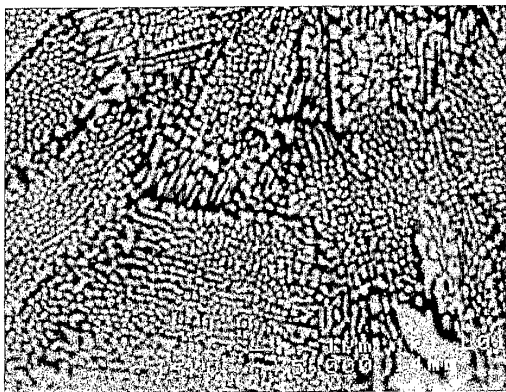
도면 16



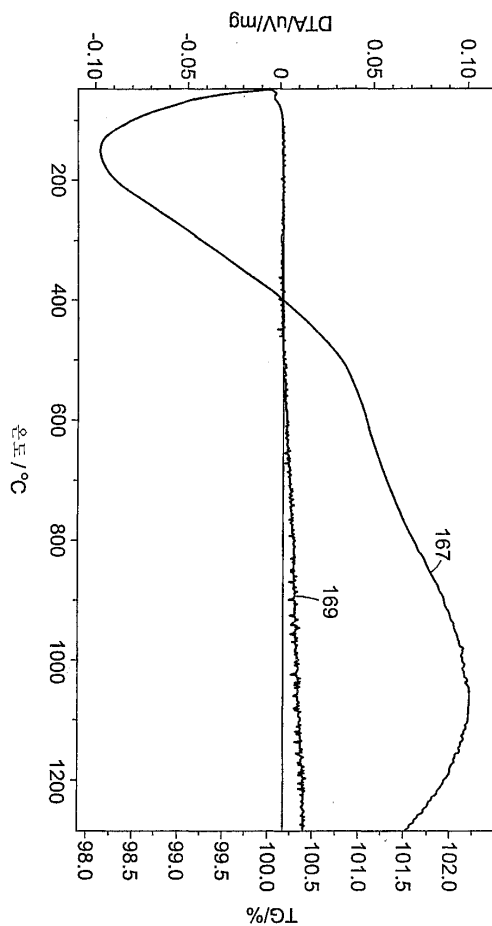
도면 17



도면 18



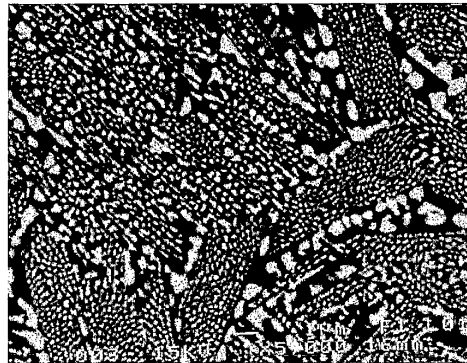
도면 19



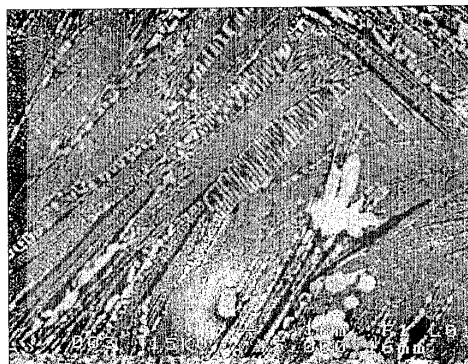
도면 20



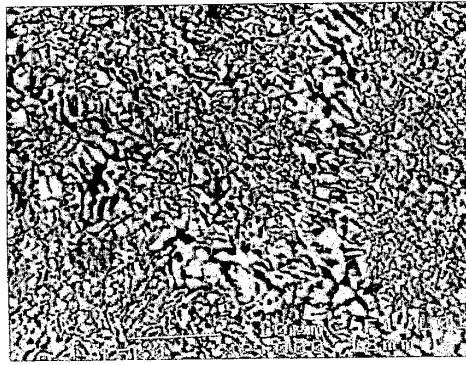
도면 21



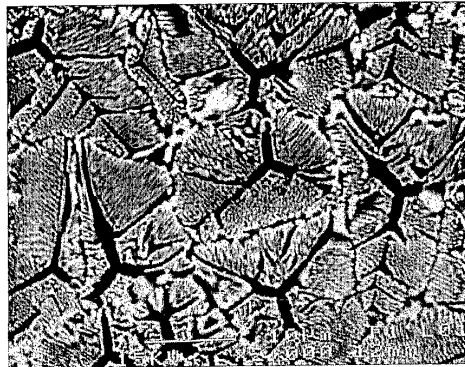
도면 22



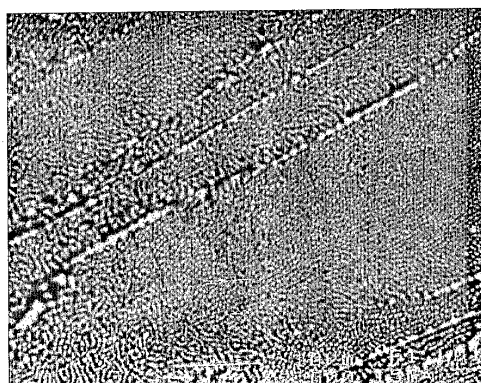
도면 23



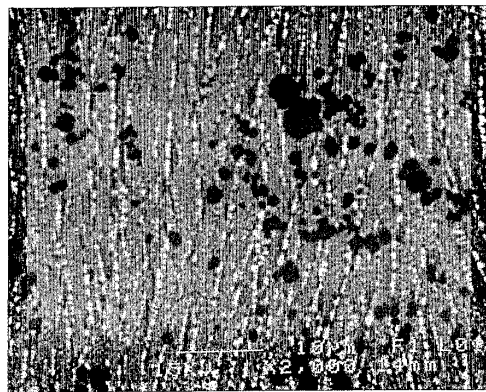
도면 24



도면 25



도면 26



도면 27

