(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
B24D 3/18

(45) 공고일자 2002년02월19일
(11) 등록번호 10-0323789
(24) 등록일자 2002년01월25일

(21) 출원번호 10-1999-7000655
(22) 출원일자 1999년01월26일
번역문 제출일자 1999년01월26일
(86) 국제출원번호 PCT/US1997/08304
(86) 국제출원출원일자 1997년05월19일

(65) 공개번호 특2000-0029592
(43) 공개일자 2000년05월25일
(87) 국제공개번호 WO 1998/04385
(87) 국제공개일자 1998년02월05일

(81) 지정국 국내특허 : 오스트레일리아, 브라질, 캐나다, 중국, 일본, 대한민국, 멕시코, 러시아,
EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀랜드,

(30) 우선권주장 08/687,816 1996년07월26일 미국(US)

(73) 특허권자 생-고뱅 어브레이시브즈, 인코포레이티드
볼스트 스테판 엘.
미국 매사추세츠 01615-0138 워체스터 박스 15138 뉴 본드 스트리트 1

(72) 발명자 우미안수
미국매사추세츠주01606우스터콜린스스트리트29

(74) 대리인 이병호

심사관 : 박윤호

# (54) 고투과성 연마 제품의 제조방법

요약

본 발명은 길이 대 횡단면 너비 종횡비가 5:1 이상인 연신된 연마 입자를 사용하여 유체의 통로에 대해 고투과성인 연마 제품을 수득함을 포함하는 결합된 연마 제품을 제조하는데 효율적인 방법에 관한 것이다. 투과도의 측정방법이 제공된다. 연마 제품은 연성 연마 및 심절단 연마 공정을 수행하는데 사용된다. 투과성 연마 제품은 유체를 연마 제품을 통해 통과시켜 연마 작업 동안에 가공물로부터 절삭 부스러기를 제거하도록 하는 기공 및 채널의 개방 구조를 제공한다.

색인어
고투과성 연삭 휠

명세서

## 기술분야

본 발명은 고성능 연마 용도로 유용한 고투과성 연마 제품을 수득하기 위하여, 연신된 연마 입자(elongated abrasive grain)를 사용하여 연마 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다. 당해 연마 제품의 통기공(상호 연결된 기공, interconnected porosity), 개방성 및 연마 성능은 전례 없는 것이다.

기공, 특히 연마 공구의 통기공은 두가지 측면에서 결정적인 역할을 한다. 기공은 연마 유체, 예를 들면, 연마하는 동안 발생된 열을 이동시켜 연마 환경을 일정하게 차갑게 유지하는 냉각액 및 이동하는 연마 입자와 가공물 표면 사이의 마찰을 감소시키고, 윤활학적 효과로 절삭비를 증가시키는 윤활제에의 접근을 허용한다. 유체 및 윤활제는 금속학적 손상(예: 연소)을 최소화시키고 연마 공구 수명을 최대화시킨다. 이는 대량의 물질이 가공물 치수의 정확도를 손실하지 않고도 1회의 심연마(deep grinding) 통과로 제거되는, 매우 효율적으로 연마하기 위한 심절단 및 현대의 정밀 공정[예: 크립(creep) 공급 연마]에서 특히 중요하다. 연마 성능은 연마 공구의 용적%로서의 기공률에 기초해서는 예측할 수는 없다는 것이 밝혀졌다. 그 대신, 유체(공기, 냉각액, 윤활제 등)에 대한 이의 투과도에 의해 정량화되는 휠(wheel)의 구조적 개방성(즉, 기공 상호 연결)이 연마 공구 성능을 결정한다.

투과성은 또한 연삭되는 물체로부터 이동된 물질[예: 금속 칩(chip) 또는 절삭 부스러기]이 제거되도록 한다. 파편 제거(debris clearance)는 연삭되는 가공 물질이 기계가공하기 어렵거나 검상(gummy)(예: 알루미늄 또는 일부 합금)이어서 긴 금속 칩을 생성하는 경우 필수적이다. 휠 투과성의 부재시 휠의 연마 표면의 눈메움(loading)이 신속하게 발생하여 연마 작업이 어렵게 된다.

연마 공구를 다공성 필요조건에 만족시키기 위해서, 다수의 방법이 수년에 걸쳐 시도되었다.

카먼(Carman) 등에게 허여된 미국 특허 제5,221,294호에는 유기 기공 형성 구조를 경화시키는 동안에 연소시켜 망상 연마 구조를 수득하는 1단계 공정을 이용함으로써 수득되는, 공극(void) 용적 5 내지 65%의 연삭 휠이 기재되어 있다.

고토(Gotoh) 등에게 허여된 일본 특허공보 제91-161273호에는 직경이 연마 제품에 사용되는 연마 입자의 평균 직경의 1 내지 10배인 큰 용적의 기공을 갖는 연마 제품이 기재되어 있다. 기공은 경화시키는 동안 연소되는 물질을 사용하여 생성된다.

사토(Satoh) 등에게 허여된 일본 특허공보 제91-281174호에는 직경이 연마 제품에 사용된 연마 입자의 평균 직경의 10배 이상인 큰 용적의 기공을 갖는 연마 제품이 기재되어 있다. 경화시키는 동안 유기 기공 유도 물질을 연소시킴으로써 50용적%의 기공률이 수득된다.

개리(Gary) 등에게 허여된 미국 특허 제5,037,452호에는 고다공성인 휠을 형성하는데 필요한 구조적 강도를 정의하는데 유용한 지수가 기재되어 있다.

셸던(Sheldon) 등에게 허여된 미국 특허 제5,203,886호에는 고다공성 유리화 결합제 연삭 휠을 제조하는데 유용한 유기 기공 유도제(예: 호두 껍질)와 독립 기포 기공 유도제(예: 버블 알루미나)의 혼합물이 기재되어 있다. '자연적 또는 잔여 기공률'(약 28 내지 53%로 계산됨)은 연삭 휠의 총 기공률의 일부로서 기재되어 있다.

루(Rue) 등에게 허여된 미국 특허 제5,244,477호에는 기공 유도제와의 결합에 사용되어 0 내지 73용적의 기공을 함유하는 연마 제품을 생성하는 필라멘트성 연마 입자가 기재되어 있다.

넬슨(Nelson)에게 허여된 미국 특허 제3,273,984호에는 유기 또는 수지성 결합제 및 30용적% 이상의 연마 입자를 함유하고 기공률이 68용적% 이하인 연마 제품이 기재되어 있다.

우(Wu)에게 허여된 미국 특허 제5,429,648호에는 연소시켜 기공률이 35 내지 65용적%인 연마 제품을 형성시키는 유기 기공 유도제를 함유하는 유리화 연삭 휠이 기재되어 있다.

이들 및 기타의 유사한 노력이 2개의 큰 범주에 들지만, 이들중 어느것도 고투과성 연마 공구에 대한 필요조건을 정확하게 만족시키지는 않는다.

제1 범주는 연소 방법이다. 기공 구조는 휠 혼합 단계에서 유기 기공 유도 매체(예: 호두 껍질)를 첨가시킴으로써 생성된다. 이러한 매체는 연마 공구의 미소성체를 연소시키면 열적으로 분해하여, 경화된 연마 공구에 공극 또는 기공을 남긴다. 이러한 방법의 단점은 다음을 포함한다: 기공 유도제를 저장하는 동안의 수분 흡수; 부분적으로는 수분, 또 부분적으로는 연마 입자와 기공 유도제 사이의 밀도차로 인한, 혼합 불균일성(mixing inconsistency) 및 혼합 분리성; 금형을 언로딩(unloading)할 때 기공 유도제의 시간 의존적 변형 이형(strain release)에 기인하여 연마 공구의 치수를 제어할 수 없게 만드는 성형 두께 증가 또는 '스프링백(springback)'; 가열 속도가 충분히 느리지 않거나 유리화 결합제의 연화점이 충분히 높지 않은 경우 기공 유도제의 연소의 불완전성 또는 연소된 연마 제품의 '코어화(coring)'/흑화(blackening)'; 및 기공 유도제를 열적으로 분해하는 경우, 종종 부정적인 환경 영향을 유발하는 공중 방출 및 취기(臭氣).

제2 범주는 독립 기포법 또는 버블법이다. 버블 알루미나와 같은 물질을 연마 공구 속에 도입하여 연소 단계 없이 다공성을 유도한다. 그러나, 버블에 의하여 생성된 기공은 내부적이고 폐쇄되어, 기공 구조는 냉각액 및 윤활제의 통로로 투과성이 아니고, 기공 크기는 전형적으로 금속 칩을 제거하기에 충분히 크지 않다.

이러한 단점을 극복하고, 각각의 기공 유도 방법의 개별적인 혜택을 보존하고 최대화하기 위하여, 본 발명은 연신되거나 섬유형인, 길이 대 직경 종횡비(L/D)가 5:1 이상인 연마 입자의 불량한 충전 특성을 이용하여 다공성 뿐만 아니라 휠 투과성을 증가시킨다. 유사한 필라멘트성 형태를 갖는 선택된 충전제를 필라멘트성 연마 입자와 혼합하여 사용할 수 있다.

연신된 연마 입자를 연마 제품 조성물에 사용하는 경우, 연소 방법 및 기공 유도 방법의 단점 없이, 연소시키거나 경화시킨 후 고다공성, 고투과성 및 고성능의 연마 공구를 수득할 수 있다.

## 발명의 요약

본 발명은 길이 대 횡단면 너비 종횡비가 5:1 이상인 연신된 연마 입자와 유리화 결합제(vitrified bond)를 포함하는 혼합물을 블렌딩(blending)하여 연마 혼합물을 형성하는 단계(a); 연마 혼합물을 금형 속에서 가압하여 미소성 연마 제품을 형성하는 단계(b); 및 미소성 연마 제품을 경화시켜 연마 제품을 형성하기에 효과적인 조건하에 600 내지 1250℃에서 미소성 연마 제품을 연소시키는 단계(c)를 포함하며, 여기서 상기 연소 단계는 동일한 조건하에서 종횡비가 4:1 초과인 연마 입자 또는 충전제를 전혀 함유하지 않은 등가의 미소성 연마 제품을 연소시키는데 필요한 시간의 ½ 이상인 시간에 걸쳐 수행되고, $cm^3$/sec · KPa(공기 cc/sec/물 in)로 측정한 연마 제품의 공기 투과도는 연마 입자의 횡단면 너비(㎛)의 0.44배 이상인, 통기공률이 약 55 내지 80용적%이고 연마하기에 효과적인 양의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 연마 제품의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은 길이 대 횡단면 너비 종횡비가 5:1 이상인 연신된 연마 입자와 유리화 결합제를 포함하는 혼합물을 블렌딩하여 연마 혼합물을 형성하는 단계(a); 연마 혼합물을 금형 속에서 가압하여 미소성 연마 제품을 형성하는 단계(b); 및 미소성 연마 제품을 경화시켜 연마 제품을 형성하기에 효과적인 조건하에 600 내지 1250℃에서 미소성 연마 제품을 연소시키는 단계(c)를 포함하며, 여기서 상기 연소 단계는 동일한 조건하에서 종횡비가 4:1 초과인 연마 입자 또는 충전제를 전혀 함유하지 않은 등가의 미소성 연마 제품을 연소시키는데 필요한 시간의 ½ 이상인 시간에 걸쳐 수행되고, $cm^3$/sec · KPa(공기 cc/sec/물 in)로 측정된 연마 제품의 공기 투과도는 연마 입자의 횡단면 너비(㎛)의 0.22배 이상인, 통기공률이 약 40용적% 이상 55용적% 미만이고 연마하기에 효과적인 양의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 연마 제품의 제조방법을 포함한다.

당해 방법을 사용함으로써, 경화시킨 후의 연마 제품은 미소성 연마 제품에 대한 크기 변화가 3용적% 미만이고, 미소성 연마 제품은 사실상 가압 후의 스프링백을 나타내지 않는다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명에 따라 제조된 연마 제품은 연마 작업에 필요한 연마 입자 및 결합제의 유효량 및, 임의로 충전제, 윤활제 또는 기타 성분을 포함한다. 연마 제품은 바람직하게는 연마력에 견디는 충분한 구조적 강도를 보유하면서 수득할 수 있는 최대 용적의 투과성 기공을 함유한다. 연마 제품은 연삭 휠, 혼(hone) 및 휠 세그먼트(wheel segment)와 같은 공구뿐만 아니라 가공물을 연마할 수 있도록 설계된 기타 형태의 결합된 연마 입자도 포함한다.

연마 제품은 통기공을 약 40 내지 80용적%, 바람직하게는 45 내지 75용적%, 가장 바람직하게는 50 내지 70용적% 포함할 수 있다. 통기공은 유체의 흐름에 대해 개방성인 결합된 연마 입자의 입자들 사이의 공극으로 이루어진 연마 제품의 기공이다.

용적의 잔여량인 20 내지 60%는 입자 대 결합제의 용적비가 약 20:1 내지 1:1인 연마 입자와 결합제이다. 이러한 양은 더 큰 연삭 휠에 대해 및 유리화 결합제보다는 유기 결합제를 함유하는 제제에 대해 요구되는 더 많은 양의 결합제와 입자로 연마하기에 효과적이다. 바람직한 양태에서, 당해 연마 제품은 유리화 결합제로 형성되고 연마 입자 15 내지 40% 및 결합제 3 내지 15%를 포함한다.

휠 수명, 연마 성능 및 가공물 표면 품질의 관찰되는 현저한 개선을 나타내기 위해서는, 본 발명에 따라 제조된 연마 제품은 연마 제품을 통하여 유체의 자유 유동을 허용하는 최소 투과 용량을 가져야 한다. 본원에서 사용된 용어인, 연마 공구의 투과도는 Q/P(여기서, Q는 기류의 cc로서 나타내는 유량을 의미하고, P는 차압을 의미한다)이다. Q/P는 유체(예: 공기)의 소정의 유속에서의 연마 공구 구조와 대기 사이에서 측정된 압력차이다. 이러한 상대적인 투과도 Q/P는 생성물 기공 용적와 기공 크기의 제곱의 곱에 비례한다. 더 큰 기공 크기가 바람직하다. 기공 기하 및 연마 입자 크기 또는 그릿(grit)은 Q/P에 영향을 미치는 다른 인자로, 더 큰 그릿 크기는 더 높은 상대적 투과도를 수득하게 한다. Q/P는 하기의 실시예 6에 기술된 장치 및 방법을 사용하여 측정한다.

따라서, 횡단면 너비가 80 내지 120그릿(132 내지 194㎛)인 연마 입자 그릿 크기를 사용한, 유리화 결합제의 기공률이 약 55 내지 80%인 결합제 공구에 대하여, 160.6cm $^3$/sec · KPa(40cc/sec/물 in) 이상의 공기 투과도가 본 발명의 이점을 수득하는데 필요하다. 80그릿(194㎛) 초과의 연마 입자 그릿 크기에 대해서는 200.8cm $^3$/sec · KPa(50cc/sec/물 in) 이상의 공기 투과도가 필요하다.

기공률 55 내지 80%에 대한 투과도와 그릿 크기 사이의 관계는 다음 수학식으로 나타낼 수 있다: 최소 투과도 = 0.44 × 연마 입자의 횡단면 너비(㎛). 220그릿(70㎛) 이상의 횡단면 너비가 바람직하다.

80 내지 120그릿(132 내지 194㎛)의 연마 입자 크기를 사용한, 유리화 결합제의 기공률이 약 40% 이상 약 55% 미만인 연마 공구에 대하여, 116.5cm $^3$/sec · KPa(29cc/sec/물 in) 이상의 공기 투과도가 본 발명의 이점을 수득하는데 필요하다. 80그릿(194㎛) 초과의 연마 그릿 크기에 대해서는, 168.7cm $^3$/sec · KPa(42cc/sec/물 in) 이상의 투과도가 필요하다.

약 40 내지 55% 미만의 기공률에 대한 투과도와 그릿 크기 사이의 관계는 다음 수학식으로 나타낼 수 있다: 최소 투과도 = 0.22 × 연마 입자의 횡단면 너비(㎛).

기타 그릿 크기, 결합제 유형 및 기공률 수준에 대한 유사한 상대적 투과도 제한은 이러한 관계 및 연마 제품의 제공된 유형에 관한 경험적 데이터에 대한 다시의 법칙(D'Arcy's Law)을 적용함으로써 당업자에 의해 결정될 수 있다.

더 작은 횡단면 너비 입자는 필라멘트 스페이서(spacer)(예: 버블 알루미나)를 사용하여 성형하고 연소시키는 단계 동안 투과성을 유지할 필요가 있다. 더 큰 그릿 크기를 사용할 수 있다. 그릿 크기를 증가시키는데 있어서 유일한 제한은 크기가 가공물, 연삭기, 휠 조성 및 기하, 표면 마무리, 및 특정 연마 작업의 필요조건에 따라 당업자에 의해 선택되고 실행되는 기타의 다양한 요소에 적합해야 한다는 것이다.

본 발명의 강화된 투과성 및 개선된 연마 성능은 섬유상 입자['섬유(the fibers)']의 매트릭스에 의하여 한정되는, 유일하고 안정한 통기공의 형성에 기인한다. 섬유는 연마 입자 또는 연신된 연마 입자와 섬유상 충전제와의 혼합물로 이루어질 수 있다. 섬유를 결합제 성분 및 기타 연마 공구 성분과 혼합시킨 다음, 가압시키고 경화시키거나 연소시켜 공구를 형성한다.

입자가 또 다른 방법에 의하여, 예를 들면 소량의 기공 유도제를 추가의 개별적인 섬유 입자에 첨가함으로써, 더더욱 느슨하게 배열되는 경우, 더더욱 높은 기공률을 수득할 수 있다. 연소시, 유기 기공 유도제 입자를 포함하는 제품은 입자가 제품의 결합성(integrity)을 위해 상호 연결되어야 하기 때문에 기공 유도제가 열적으로 분해되는 경우 다시 수축하여 더 작은 치수를 갖는 제품을 수득할 수 있다. 따라서, 유기 기공 유도제는 가장 바람직하게는 사용하지 않고, 사용하는 경우에는 휠의 5용적% 미만으로 제한한다. 연마 공구를 연소시킨 후의 최종 수축 치수 및 수득한 생성된 투과도는 섬유 입자의 종횡비의 함수이다. L/D가 높을수록, 섬유의 충전된 배열의 투과도는 높아진다.

연신된 입자는 연삭 휠의 구조적 이방성을 생성하고, 이는 입상 연마 입자와 비교하여 휠의 절삭점의 실제 수를 증가시킨다. 그러므로, 휠은 더욱 날카롭게 된다. 또한, 연신된 입자로 입자당 생성된 결합 부위가 더 많아진다. 그 결과, 결합제는 더욱 강해지고 입자의 유용 수명은 더욱 길어진다. 이러한 효과는 L/D가 짧은 동일한 입자 유형과 비교하여, 연신된 입자로 동일하거나 더 높은 구조적 강도를 갖는, 더 높은 다공도, 더 높은 투과도의 휠을 제조하도록 한다.

어떠한 연마 혼합 제제도, 혼합물이 종횡비가 5:1 이상인 연마 입자를 함유하고, 제품을 형성하고 이를 연소시킨 후, 본원에서 상술한 최소의 투과도 및 통기공률 특성을 갖는 제품을 수득하는 경우, 본원에서 연마 제품을 제조하기 위한 본 발명의 방법에 사용할 수 있다.

바람직한 양태에서, 연마 제품은 바람직하게는 크기가 1 내지 2μ 이하, 더욱 바람직하게는 0.4μ 미만인 미결정을 갖는 다결정성 연마 물질을 기재로 한 소결된 졸 겔 알파 알루미나를 혼입한 필라멘트성 연마 입자를 포함한다. 적합한 필라멘트성 입자는 루 등에게 허여된 미국 특허 제5,244,477호; 칼리노우스키(Kalinowski) 등에게 허여된 미국 특허 제5,129,919호; 칼리노우스키 등에게 허여된 미국 특허 제5,035,723호; 및 루 등에게 허여된 미국 특허 제5,009,676호에 기재되어 있으며, 당해 문헌들은 본원에서 참조 문헌으로 인용하고 있다. 필라멘트성 연마 입자를 본원에서 수득하고 사용할 수 있도록 하는 더 큰 미결정을 갖는 다결정성 알루미나 연마 입자의 기타 유형은, 예를 들면, 라이타이저(Leitheiser) 등에게 허여된 미국 특허 제4,314,705호; 및 우드(Wood)에게 허여된 미국 특허 제5,431,705호에 기재되어 있으며, 당해 문헌들은 본원에서 참조 문헌로 인용하고 있다. 바람직하게는 이들 원료로부터 수득된 필라멘트성 입자의 L/D 종횡비는 5:1 이상, 바람직하게는 6:1이다. 예를 들면, 직선, 곡선, 나선 및 만곡 섬유를 포함하는 다양한 필라멘트성 형상이 사용될 수 있다. 바람직한 양태에서, 알루미나 섬유는 중공(中空) 형상이다.

대량의 필라멘트성 입자와의 혼합물의 필라멘트성 형태이든 아니든, 어떠한 연마 입자도 본 발명의 제품에 사용할 수 있다. 산화알루미늄, 탄화규소, 지르코니아-알루미나, 석류석(garnet) 및 금강사(emery)를 포함하지만, 이에 한정되지는 않는 통상적인 연마제는 약 0.5 내지 5,000㎛, 바람직하게는 약 2 내지 200㎛의 그릿 크기로 사용할 수 있다. 이러한 연마제 및 초연마제는 통상적인 그릿 입자 또는 종횡비가 5:1 이상인 연신된 입자의 형태로 사용할 수 있다. (본원에서 참조로 인용된 미국 특허 제5,135,892호에 기재되어 있는 바와 같이) 다이아몬드, 입방체 질화붕소, 및 아산화붕소를 포함하지만, 이에 한정되지는 않는 초연마제를 통상적인 연마 입자와 동일한 그릿 크기로 사용할 수 있다.

연마 제품에 통상적으로 사용되는 어떠한 결합제도 섬유상 입자와 함께 사용하여 결합된 연마 제품을 형성할 수 있지만, 유리화 결합제가 구조적 강도 및 정밀 연마 목적에 바람직하다. 적합한 경화제와 함께, 유기, 금속성 및 수지성 결합제와 같은 기타 당해 기술분야에 공지된 결합제를 예를 들면, 통기공률이 약 40 내지 70%인 제품에 사용할 수 있다.

연마 제품은 충전제를 포함하지만 이에 한정되지는 않는 기타 첨가제, 예를 들면, 필라멘트성 입자 또는 광택소거되거나 응집된 필라멘트성 입자와 같은 충전제(바람직하게는 비구형 형상), 윤활제 및 가공 첨가제(예: 대전방지제 및 제품을 성형하고 가압하기 위한 일시적 결합 물질)를 포함할 수 있다. 본원에서 사용된, 용어 '충전제'는 독립 기포 및 유기 물질 유형의 기공 유도제를 제외한 것이다. 이러한 임의의 연마 혼합 성분의 적합한 양은 당해 기술분야의 숙련가에 의해 용이하게 결정될 수 있다.

적합한 충전제는 제2 연마제, 고형 윤활제, 금속 분말 또는 입자, 세라믹 분말(예: 탄화규소) 및 기타 당해 기술분야에 공지된 충전제를 포함한다.

필라멘트성 물질, 결합제 및 기타 성분을 포함하는 연마 혼합물은 통상적인 기술 및 장치를 사용하여 혼합하고 형성한다. 연마 제품은 냉간, 온간, 열간 압축공정에 의해서, 또는 당해 기술분야의 숙련자에게 공지된 어떠한 공정에 의해서도 형성할 수 있다. 연마 제품은, 일반적으로 기공 함량이 증가함에 따라, 연소 시간 및 온도가 감소하는 경우, 당해 기술분야에 공지되고 결합제 및 기타 성분의 유형 및 양에 대해 선택된 연소 공정에 의해 연소시킬 수 있다.

본 발명의 방법에서, 유리화 결합제에서의 종횡비가 5:1 이상인 연마 입자(예: 졸 겔 알루미나)를 포함하는 연삭 휠에 대하여, 연소 순환 시간은 유기 기공 유도제를 포함하고 L/D 종횡비가 4:1 초과인 입자 또는 충전제를 포함하지 않는 연삭 휠의 동일한 용적%의 통기공률에 대해 필요한 시간의 ½로 감소시킬 수 있다. 바람직한 양태에서, 용적%를 기준으로 하여, 입자(80 내지 120그릿, 6:1 L/D 졸 겔 알루미나) 30 내지 40%, 유리화 결합제 3 내지 15%, 충전제 0 내지 5% 및 가공 조제 0 내지 0.5%를 포함하는 연삭 휠 혼합물을 혼합기에서 블렌딩한 다음 휠 금형에 주입하고, 가압한 다음 상대습도 35%와 약 43℃에서 건조시킨다. 미소성 가압 휠은 1250℃에서 약 4시간 동안 가열함으로써 요(窯) 연소시킨다.

당해 방법으로 기공률이 동량의 입자 및 미소성 휠의 용적을 기준으로 하여 5 내지 25%의 유기 기공 유도제를 사용하여 수득한 것과 동일한 용적%이고, 투과도가 기공 유도제 휠의 2 내지 5배인 휠을 수득한다. 선행 기술의 이러한 휠은 미국 특허 제5,429,648호에 상세히 기술되어 있으며, 이는 본원에서 참조문헌으로 인용한다. 또한, 당해 방법은 (동일한 요, 금형 및 연소 온도를 사용하여) 연소 방법의 속도의 5배로 연소 시간의 ½ 시간만에 완료된다.

당해 방법에 의해 제조되는 연마 제품은 특히 크립 공급 정밀 연마 공정에서 개선된 연마 성능을 나타낸다. 이러한 연마 공구는 동일한 연마 혼합물로부터 제조되었지만 기공률 및 투과도가 더 낮고/낮거나 기공률이 동일하고 투과도가 더 낮은 유사한 공구보다 휠 수명이 더 길고, G 비율(휠 마모 속도에 대한 금속 제거 속도의 비율)이 더 높고, 연신력이 더 낮다. 본 발명의 연마 공구로 또한 통상적인 공구를 사용하는 경우보다 더 우수하고, 더 평활한 가공물 표면을 수득한다.

실시예 1

당해 실시예는 기공 유도제를 첨가하지 않고, 평균 L/D가 ~7.5인 긴 종횡비의, 씨딩된 졸-겔 알루미나(TARGA ™ ) 입자(제조원: Norton Company, Worcester, MA)를 사용하는 연삭 휠의 제조를 나타낸다. 다음 표 1에 혼합 제제를 열거하였다.

휠(1) 내지 (3)에 대한 원료 성분의 조성

| | 중량부 | | |
|---|---|---|---|
| 성분 | (1) | (2) | (3) |
| 연마 입자* | 100 | 100 | 100 |
| 기공 유도제 | 0 | 0 | 0 |
| 덱스트린 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 아로마 글루(Aroma Glue) | 4.3 | 2.8 | 1.8 |
| 에틸렌 글리콜 | 0.3 | 0.2 | 0.2 |
| 유리화 결합제 | 30.1 | 17.1 | 8.4 |
| *(120 그릿, ~ 132×132×990㎛) | | | |

각각의 연삭 휠에 대하여, 혼합물을 상기 제제 및 순서에 따라 호버트(Hobart) ⓡ 혼합기에서 제조한다. 각각의 성분을 순서대로 첨가하고 각각의 첨가 후 약 1 내지 2분 동안 이전에 첨가된 성분들과 혼합한다. 혼합 후, 혼합된 물질을 7.6㎝(3in) 또는 12.7㎝(5in) 직경의 강 금형 속에 넣고, 수압 성형 프레스에서 10 내지 20초 동안 냉간 압축하여 2.22㎝(7/8in)의 홀(hole)이 있는 1.59㎝(5/8in) 두께의 디스크형 휠을 수득한다. 성형된 휠의 총 용적(직경, 홀 및 두께) 및 성분의 총 중량을, 연소시 이러한 연삭 휠의 목적하고 계산된 최종 밀도 및 기공률에 의해 예비 결정한다. 압력을 가압된 휠로부터 제거한 후, 휠을 금형으로부터 수동으로 제거하여 배트(batt)에 놓고, 25℃에서 최대 900℃까지 50℃/hr의 가열 속도로, 요에서 연소시키기 전에 3 내지 4시간 동안 건조시키고, 요 속에서 실온으로 자연적으로 냉각시키기 전에 8시간 동안 유지한다.

연소 후의 휠의 밀도를 계산된 밀도로부터 어떠한 편차에 대해서도 검사한다. 기공률을, 배칭하기 전에 공지된 연마 입자 및 유리화 결합제의 밀도비로서의 밀도 측정치로부터 측정한다. 3개의 연마 제품의 다공도는 각각 51용적%, 58용적% 및 62용적%이다.

실시예 2

본 실시예는 극히 높은 기공률의 연삭 휠로서의, 어떠한 기공 유도제도 사용하지 않는, L/D가 ~ 30인 TARGA ™ 입자를 사용한 2개의 휠의 제조를 나타낸다.

다음 표 2에는 혼합 제제를 열거하였다. 실시예 1에서와 같이, 성형하고 연소시킨 후, 기공률이 77용적%(4) 및 80용적%(5)인 유리화 연삭 휠을 수득한다.

휠(4) 및 (5)에 대한 원료 성분의 조성

| | 중량부 | |
|---|---|---|
| 성분 | (4) | (5) |
| 연마 입자* | 100 | 100 |
| 기공 유도제 | 0 | 0 |
| 덱스트린 | 2.7 | 2.7 |
| 아로마 글루 | 3.9 | 3.4 |
| 에틸렌 글리콜 | 0.3 | 0.2 |
| 유리화 결합제 | 38.7 | 24.2 |
| * (120그릿, ~135×80×3600㎛) | | |

실시예 3

본 실시예는 당해 방법이 상업적 규모의 연마 공구, 즉 직경이 500mm(20in)인 공구를 제조할 수 있음을 나타낸다. 3개의 대형 휠(20×1×8in 또는 500×25×200mm)을, 기공 유도제를 첨가하지 않고, 평균 L/D가 각각 ~ 6.14, 5.85, 7.6인 긴 TARGA™ 입자를 사용하여 상업적 규모의 크립 공급 연삭 휠로서 제조한다.

다음 표 3에 혼합 제제를 열거하였다. 성형 단계에서, 최대 스프링백은 기공 유도제를 함유하는 동일한 사항의 연삭 휠보다 훨씬 낮은, 휠 두께의 0.2%(또는 194㎛의 입자 두께와 비교하여, 0.002in 또는 50㎛) 미만이다. 성형 두께는 위치마다 매우 균일하고, 최대 편차에 대하여 0.4%(또는 0.004in 또는 100㎛)를 초과하지 않는다. 성형 후, 각각의 연삭 휠을 휠 엣지로부터 에어링(air-ring)으로 들어올려 배트에 놓고, 습도 조절된 실내에서 밤새도록 건조시킨다. 각각의 휠을 50℃/hr보다 조금 느린 가열 속도로 요 속에서 연소시켜 900℃에서 8시간 동안 온도를 유지한 다음, 요에서 실온으로 냉각시키도록 프로그래밍(programming)한다.

연소 후, 이들 3개의 유리화 연삭 휠은 기공률이 54용적%(6), 54용적%(7) 및 58용적%(8)인 것으로 측정된다. 이들 휠에서는 크랙킹(cracking)이 전혀 발견되지 않았고 성형된 용적으로부터 연소된 용적으로의 수축은 구조에 다공성을 제공하는 버블 알루미나로 제조된 상업용 연삭 휠에서 관찰된 것 이하이다. 이들 3개의 연삭 휠의 최대 불균형은 각각 13.6g(0.48oz), 7.38g(0.26oz) 및 11.08g(0.39oz), 즉 총 휠 중량의 0.1 내지 0.2%에 불과하다. 불균형 데이터는 균형 조절을 필요로 하는 상한선 훨씬 미만이다. 이러한 결과는 통상적인 휠과 비교하여 제조시 고 다공도 휠 품질의 일관성 면에서 본 발명의 방법의 현저한 이점을 나타낸다.

휠(6) 내지 (8)에 대한 원료 성분의 조성

| | 중량부 | | |
|---|---|---|---|
| 성분 | (6) | (7) | (8) |
| 연마 입자* | 100 | 100 | 100 |
| 기공 유도제 | 0 | 0 | 0 |
| 덱스트린 | 4.0 | 4.5 | 4.5 |
| 아로마 글루 | 2.3 | 3.4 | 2.4 |
| 에틸렌 글리콜 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 유리화 결합제 | 11.5 | 20.4 | 12.7 |
| *(80 그릿, ~ 194×194×[194×6.14]㎛) | | | |

실시예 4

(I) 동일한 용적%의 개방 기공을 포함하는 연삭 휠을 상업적 규모의 장치에서 다음 혼합물로부터 제조하여 기공 유도제를 함유하는 혼합물을 사용한 자동 가압 및 성형 장치의 생산성을 기공 유도제를 함유하지 않는 본 발명의 혼합물의 생산성과 비교한다.

휠(9) 혼합물 제형

| | 중량부 | |
|---|---|---|
| 성분 | (A)본 발명 | (B)통상적인 제품 |
| 연마 입자* | 100 | 100 |
| 기공 유도제(호두 껍질) | 0 | 8.0 |
| 덱스트린 | 3.0 | 3.0 |
| 아로마 글루 | 0.77 | 5.97 |
| 에틸렌 글리콜 | 0 | 0.2 |
| 물 | 1.46 | 0 |
| 건조제 | 0.53 | 0 |
| 유리화 결합제 | 17.91 | 18.45 |
| * (A) 120그릿, 132×132×990㎛. (B) 50% 졸 겔 알루미나 80그릿/50% 38A 알루미나 80그릿, 연마 입자(제조원: Norton Company, Worcester, MA, U.S.A.) | | |

기공 유도제를 함유하는 통상적인 혼합물과 비교하여 본 발명의 혼합물에 있어서 생산성(단위 시간당 성형 공정에서의 휠 제조 속도)이 5배로 증가하는 것이 관찰되었다. 본 발명의 혼합물은 자동 가압 작업을 가능하게 하는 자유 유동 특성을 나타낸다. 기공 유도제의 부재시, 본 발명의 혼합물은 가압 후 스프링백을 전혀 나타내지 않고 연소시키는 동안 코어화도 전혀 나타내지 않는다. 본 발명의 휠의 투과도는 172.7$cm^3$/sec · KPa(43cc/sec/물 in)이다.

(II) 개방 기공의 동등한 용적%를 포함하는 연삭 휠을 다음 혼합물로부터 제조하여 기공 유도제를 함유하는 혼합물의 연소 특성을 본 발명의 혼합물의 연소 특성과 비교한다.

휠(10) 혼합물 제형

| | 중량부 | |
|---|---|---|
| 성분 | (A)본 발명 | (B)통상적인 제품 |
| 연마 입자* | 100 | 100 |
| 기공 유도제(호두 껍질) | 0 | 8.0 |
| 덱스트린 | 2.0 | 2.0 |
| 아로마 글루 | 1.83 | 2.7 |
| 애니멀 글루(Animal Glue) | 4.1 | 5.75 |
| 에틸렌 글리콜 | 0 | 0.1 |
| 증량제(bulking agent)(Vinsol ® powder) | 0 | 1.5 |
| 유리화 결합제 | 26.27 | 26.27 |
| * (A) 80그릿, 194×194×1360㎛. (B) 50% 졸 겔 알루미나 36그릿/50% 38A 알루미나 36그릿, 연마 입자(제조원: Norton Company, Worcester, MA, U.S.A.) | | |

본 발명의 휠은 연소 후 품질 저하(slumpage), 크랙킹 또는 코어화의 어떠한 표시도 나타내지 않는다. 연소시키기 전에, 본 발명의 미소성 가압 휠은 20.1$cm^3$/sec · KPa(5cc/sec/물 in)인 기공 유도제를 함유하는 통상적인 혼합물로부터 제조된 미소성, 가압 휠과 비교하여, 88.4$cm^3$/sec · KPa(22cc/sec/물 in)의 높은 투과도를 갖는다. 높은 미소성 투과도는 연소시키는 동안 높은 질량/열 이동률을 생성하여 통상적인 휠과 비교하여 본 발명의 휠에 대해 더 높은 가열 속도 능력(heat rate capability)을 수득하는 것으로 밝혀졌다. 본 발명의 휠을 연소시키는 공정은 동등한 열 순환을 사용한 통상적인 휠에 필요한 시간의 ½시간만에 완료된다. 본 발명의 연소된 휠의 투과도는 180.7$cm^3$/sec · KPa(45cc/sec/물 in)이다.

실시예 5

당해 실시예는 고다공성 연삭 휠을 예비 응집된 입자를 사용하여 제조할 수 있다는 것을 나타낸다. 예비 응집된 입자는 연신된 입자를 압출시키는 동안 압출 속도를 조절하여 감소시켜, 응집을 유발하여 압출된 입자를 건조시키기 전에 형성하여 제조한다.

고다공성 휠은 어떠한 기공 유도제도 사용하지 않고 응집되고 연신된 TARGA™ 입자[평균 응집물에는 연신된 입자가 ~ 5 내지 7개 있고, 각각의 평균 치수는 ~ 194×194×(194×5.96)㎛임]로부터 실시예 1에 기술된 바와 같이 제조한다. 공칭 종횡비는 5.96이고, LPD는 0.99g/cc이다. 다음 표 5에는 혼합 제제가 열거되어 있다. 성형하고 연소시킨 후, 유리화 연삭 휠은 54용적%의 기공률로 제조된다.

휠(11) 혼합물 제형

| | 중량부 |
|---|---|
| 연마 입자* | 100 |
| 기공 유도제 | 0 |
| 덱스트린 | 2.7 |
| 아로마 글루 | 3.2 |
| 에틸렌 글리콜 | 2.2 |
| 유리화 결합제 | 20.5 |
| * (80그릿, ~ 194×194×1160㎛의 응집물) | |

실시예 6

당해 실시예에는 투과도 측정 시험이 기술되어 있고 연마 입자의 투과도는 섬유상 입자 형태의 연마 입자를 사용함으로써 크게 증가시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

투과도 시험

유량과 다공성 매체상의 압력 사이의 관계를 나타내는 다시의 법칙을 기본으로 한 투과도 시험에 의해 다공성 매체의 개방도의 정량적 측정을 사용하여 휠을 평가한다. 비파괴적 시험 장치를 제작한다. 당해 장치는 공기 공급기, 유량계[입구 기류량(Q)를 측정하기 위함], 압력 게이지(다양한 휠 위치에서의 압력 변화를 측정하기 위함) 및 휠의 다양한 표면 위치에 대한 기류를 조절하기 위한 공기 공급기에 연결된 노즐로 이루어져 있다.

당해 시험에서는 공기 주입 압력($P_o$) 1.76kg/㎠(25psi), 입구 기류량($Q_o$) 14㎥/hr(500ft3/hr) 및 탐지 노즐 크기 2.2㎝를 사용한다. 데이터 포인트(연삭 휠당 8 내지 16)(즉, 면당 4 내지 8)를 취하여 정확한 평균을 수득한다.

휠 측정

표 6에는 다양한 연삭 휠의 투과도 값[Q/P, $cm^3/sec \cdot KPa$(cc/sec/물 in)]을 비교하여 나타내었다.

[표 7]

| 연삭 휠 샘플 | 기공률(용적%) | 투과도a[Q/P cm3/sec · KPa(cc/sec/H2O in)] | |
|---|---|---|---|
| | | 본 발명 | 대조표준 |
| 실시예 1 (1) (2) (3) | 51 58 62 | 180.7(45) 301.2(75) 393.6(98) | 92.4(23) 112.5(28) 124.5(31) |
| 실시예 2 (4) (5) | 77 80 | 903.6(225) 1124.5(280) | n/a n/a |
| 실시예 3 (6) (7) (8) | 54 54 58 | 285.1(71) 297.2(74) 425.7(106) | 12.5(30) 12.5(30) 136.6(34) |
| 실시예 4 (9) (10) | 50 47 | 180.7(45) 188.8(47) | 88.4(22) 112.5(28) |
| 실시예 5 (11) | 54 | 172.7(43) | 100.4(25) |

데이터는 두께 ½in(1.27㎝) 이상, 통상적으로는 1in(2.54㎝)의 휠을 사용하여 표준화한다. 혼합물을 본 발명의 고 기공률 휠(기타의 표준 연마 혼합물에 연신된 연마 입자를 사용하여 수득함)로 성형할 수 없기 때문에 실시예 2에 대한 대조표준으로서 기능하는 휠을 제조할 수는 없다. 대조용 휠은 4:1 종횡비의 졸 겔 알루미나 연마 입자와 1:1 종횡비의 졸 겔 또는 38A 알루미나 연마 입자와의 50/50 용적%의 혼합물을 사용하여 제조하며, 이 모두는 노턴 캄파니(Worc

ester, MA, U.S.A.) 제품이다.

휠(11)은 응집되고 연신된 연마 입자로 이루어져 있으므로, 데이터 그 자체를 이용하여 비응집되고 연신된 입자와 직접 비교하거나 다음 수학식,

투과도 = 0.44 × 연마 입자의 횡단면 너비(㎛)

로 투과도를 산출할 수 없다. 그러나, 본 발명의 휠의 투과도는 대조표준과 매우 양호하게 비교되고 기타의 동등한 유형의 비응집된, 연신된 입자를 함유하는 휠에 대한 예측되는 투과도와 거의 동등하다.

데이터는 본 발명의 공정에 의해 제조된 휠이 기공률이 동일한 통상적인 연삭 휠보다 약 2 내지 3배 더 높은 투과도를 갖는다는 것을 나타낸다.

실시예 7

당해 실시예는 연마 입자의 L/D 종횡비가 어떻게 크립 공급 연마 방식에서 연마 성능을 변화시키는가를 나타낸다. 노턴 캄파니 제조공정에서 직경 50.8×2.54×20.32㎝(20×1×8in)로 제조한, 기공률이 54%이고 동량의 연마제 및 결합제를 포함하는 연삭 휠 세트를 다음 표 7에 나타낸 바와 같이 시험용으로 선택한다.

휠간의 특성 차이

| 입자[a] | 대조용 입자 혼합물 | 대조용 입자 | 연신된 입자(1) | 연신된 입자(2) |
|---|---|---|---|---|
| (L/D) | 504.2:1 501:1 (vol) | 4.2:1 | 5.8:1 | 7.6:1 |
| 유도제 유형 | 버블 알루미나 +호두 껍질 | 픽코탁(Piccot ac)® 수지 | 없음 | 없음 |
| 공기 투과도[$cm^3$/sec · KPa(cc/sec/$H_2O$ in)] | 78.3(19.5) | 151.0(37.6) | 202.0(50.3) | 221.3(55.1) |
| a. 모든 입자는 노턴 캄파니(Worcester, MA, U.S.A.)로부터 구입한 120 그릿 씨딩된 졸 겔 알루미나 입자이다. | | | | |

이들 휠을 연삭 성능에 대하여 시험한다. 블록의 가장 긴 치수를 따라 블롬 기계(Blohm machine)에서 하향 절단된, 비연속적 드레스 크립 공급 작동에 의해 4340 강(Rc 48-52) 20.32×10.66×5.33㎝(8×4×2in)의 블록에서 연삭을 수행한다. 휠 속도는 30.5m/sec(6000 S.F.P.M)이고, 절단 심도는 0.318㎝(0.125in)이며, 테이블 속도는 가공품이 연소될때까지 19.05㎝/min(7.5in/min)로부터 6.35㎝/min(2.5in/min)의 증분으로 증가된다. 연마 성능은 연신된 TARGA 입자를 사용함으로써 크게 향상되어 기공률이 54%이고 공기 투과도가 약 200.8$cm^3$/sec · KPa(50cc/sec/물 in)인 연마 휠을 제조한다. 표 8에는 다양한 연마 양태의 결과를 요약하였다. 통기공률의 이점 이외에도, 연마 생산성(금속 제거율을 특징으로 함) 및 연마 지수(특정 에너지로 나눈 G 비율)는 둘 다 연마 입자의 종횡비의 함수이다: 성능은 L/D가 증가함에 따라 증가한다.

4개의 휠간의 연마 차이

| 연마 파라미터 | 대조용 입자 혼합물 | 대조용 입자 | 연신된 입자(1) | 연신된 입자(2) |
|---|---|---|---|---|
| 연소가 없는 최대 테이블 속도 | 17.5 | 22.5 | 25 | 32.5 |
| G 비율 @ 속도 15in/min | 25.2 | 23.4 | 32.7 | 37.2 |
| G 비율 @ 속도 25in/min | 연소됨 | 연소됨 | 24.2 | 31.6 |
| 동력 @ 속도 15in/min(HP/in) | 22 | 20.8 | 18.8 | 15.7 |
| 동력 @ 속도 25in/min(HP/in) | 연소됨 | 연소됨 | 30.6 | 24.4 |
| 힘(Fv) @ 속도 15in/min(lbf/in) | 250 | 233 | 209 | 176 |
| 힘(Fv) @ 속도 25in/min(lbf/in) | 연소됨 | 연소됨 | 338 | 258 |
| 연마 지수 @ 속도 15in/min | 2.12 | 2.08 | 3.23 | 4.42 |
| 연마 지수 @ 속도 25in/min | 연소됨 | 연소됨 | 2.43 | 4.00 |

㎝/min의 속도는 in/min으로는 2.54×속도 값과 동일하다. Kg/㎝의 힘은 lbf/in으로는 5.59×힘 값과 동일하다.

80 내지 120그릿 연마 입자를 함유한 휠에 대하여 유사한 연마 성능 결과를 수득한다. 더 작은 그릿 크기에 대하여, 투과도가 약 160.6$cm^3$/sec · KPa(40cc/sec/물 in) 이상인 휠에 있어서 연마 성능이 현저하게 개선되는 것으로 나타났다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

연마하기에 효과적인 양의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 고투과성 연마 제품의 제조방법에 있어서,

길이 대 횡단면 너비 종횡비가 5:1 이상인 연신된 연마 입자(elongated abrasive grain) 다량으로 이루어진 연마 입자 및 유리화 결합제(vitrified bond)를 포함하는 혼합물을 블렌딩(blending)하여 연마 혼합물을 형성하는 단계(a),

연마 혼합물을 금형 속에서 가압하여 55 내지 80용적%의 기공률을 갖는 미소성 연마 제품을 형성하는 단계(b) 및

미소성 연마 제품을 경화시켜 연마 제품을 형성하기에 효과적인 연소 시간과 연소 조건하에 600 내지 1250℃에서 미소성 연마 제품을 연소시키는 단계(c)를 포함하며, 여기서 미소성 연마 제품을 경화시키기에 효과적인 연소 시간은, 단계(c)의 연소 조건하에서 연신된 연마 입자를 전혀 함유하지 않는 등가의 미소성 연마 제품을 경화시키기에 효과적인 연소 시간에 비해 1/2 이상 감소되고, 연마 제품이, $cm^3$/sec · KPa(공기 cc/sec/물 in)로 측정한 연마 제품의 공기 투과도가 연마 입자의 횡단면 너비(㎛)의 0.44배 이상이 되도록 하기에 충분한 통기공률(interconnected porosity)을 갖는 고투과성 연마 제품의 제조방법.

### 청구항 2.

제1항에 있어서, 경화시킨 후의 연마 제품의 크기 변형률이 미소성 연마 제품에 비하여 3용적% 미만이고, 미소성 연마 제품이 가압 후의 스프링백(springback)을 나타내지 않는 방법.

### 청구항 8.

제1항에 있어서, 연마 혼합물이 연마 입자, 충전제, 가공 조제, 이들의 혼합물 및 이들의 응집물로 이루어진 그룹으로부터 선택된 물질을 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 9.

제1항에 있어서, 연신된 연마 입자가 소결된(sintered) 졸 겔 알파 알루미나 연마 입자인 방법.

청구항 10.

제8항에 있어서, 충전제가 제2 연마제, 고형 윤활제, 금속 분말 또는 입자 및 세라믹 분말로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.

청구항 11.

제1항에 있어서, 연마 제품의 투과도가 80그릿(grit) 초과의 연마 입자에 대하여 200.8$cm^3$/sec · KPa(50cc/sec/물 in) 이상인 방법.

청구항 15.

연마하기에 효과적인 양의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 고투과성 연마 제품의 제조방법에 있어서,

길이 대 횡단면 너비 종횡비가 5:1 이상인 연신된 연마 입자 다량으로 이루어진 연마 입자 및 유리화 결합제를 포함하는 혼합물을 블렌딩하여 연마 혼합물을 형성하는 단계(a),

연마 혼합물을 금형 속에서 가압하여 40 내지 55용적% 미만의 기공률을 갖는 미소성 연마 제품을 형성하는 단계(b) 및

미소성 연마 제품을 경화시켜 연마 제품을 형성하기에 효과적인 연소 시간과 연소 조건하에 600 내지 1250℃에서 미소성 연마 제품을 연소시키는 단계(c)를 포함하며, 여기서 미소성 연마 제품을 경화시키기에 효과적인 연소 시간은, 단계(c)의 연소 조건하에서 연신된 연마 입자를 전혀 함유하지 않는 등가의 미소성 연마 제품을 경화시키기에 효과적인 연소 시간에 비해 1/2 이상 감소되고, 연마 제품이, $cm^3$/sec · KPa(공기 cc/sec/물 in)로 측정한 연마 제품의 공기 투과도가 연마 입자의 횡단면 너비(㎛)의 0.22배 이상이 되도록 하기에 충분한 통기공률을 갖는 고투과성 연마 제품의 제조방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 경화시킨 후의 연마 제품의 크기 변형률이 미소성 연마 제품에 비하여 3용적% 미만이고, 미소성 연마 제품이 가압 후의 스프링백을 나타내지 않는 방법.

청구항 21.

제15항에 있어서, 연마 혼합물이 연마 입자, 충전제, 가공 조제(processing aids), 이들의 혼합물 및 이들의 응집물로 이루어진 그룹으로부터 선택된 물질을 추가로 포함하는 방법.

청구항 22.

제15항에 있어서, 연신된 연마 입자가 소결된(sintered) 졸 겔 알파 알루미나 연마 입자인 방법.

청구항 23.

제21항에 있어서, 충전제가 제2 연마제, 고형 윤활제, 금속 분말 또는 입자 및 세라믹 분말로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.