



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월23일  
(11) 등록번호 10-1166405  
(24) 등록일자 2012년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)  
*B22F 3/12* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2004-0002045  
(22) 출원일자 2004년01월12일  
심사청구일자 2008년12월30일  
(65) 공개번호 10-2004-0069263  
(43) 공개일자 2004년08월05일  
(30) 우선권주장  
03001757.8 2003년01월28일  
유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문현  
JP04315507 A  
JP06182731 A  
US04543345 A1

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 오준철

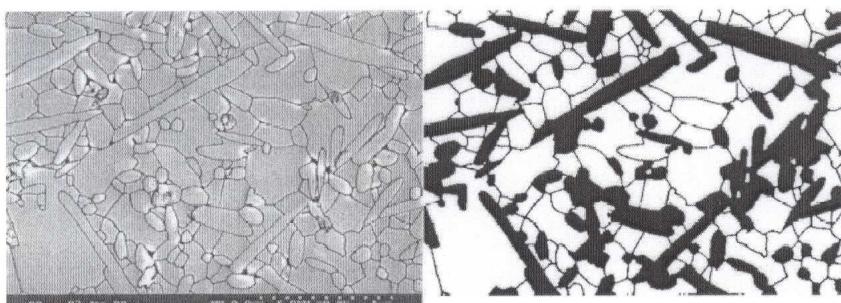
(54) 발명의 명칭 절삭 공구 인서트 및 그 제조 방법

### (57) 요 약

본 발명은 소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 갖는 개선된 절삭 공구 인서트 및 그러한 절삭 공구 인서트의 제조 방법으로서, 이 방법은 상기 복합 재료의 분말형 시작 재료를 분쇄 및 혼합하여 상기 재료를 예비성형품으로 형성하는 단계, 상기 제품을 20 내지 60°C/분의 가열 속도로 1600 내지 2300°C의 소결 온도까지 가열하는 단계, 및 상기 소결 온도를 20 내지 100 MPa의 압력으로 5 내지 60 분의 유지 시간동안 유지하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1

본발명



(a)

(b)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 갖는 절삭 공구 인서트의 제조 방법으로서, 상기 복합 재료의 분말형 시작 재료를 분쇄 및 혼합하여 상기 재료를 예비성형품으로 형성하는 단계, 상기 예비성형품을 20 내지 60°C/분의 가열 속도로 1800 내지 2300°C의 소결 온도까지 가열하는 단계, 및 상기 소결 온도를 20 내지 100 MPa의 압력으로 5 내지 60 분의 유지 시간동안 유지하는 단계를 포함하고, 상기 복합 재료내의 알루미나는 2.0  $\mu\text{m}$  이하의 평균 직경을 갖고, 2.5  $\mu\text{m}$  이하의 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)를 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 예비성형품을 적어도 부분적으로 통과하는 직류 전류의 전기 에너지를 가하여 상기 예비성형품을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 직류 전류는 비펄스성인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 직류 전류는 펄스성인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 한정된 영역내에 전기 전도성이고 유동성인 입자의 베드 재료를 포함하는 베드를 제공하는 단계, 상기 예비성형품을 상기 베드에 위치시키는 단계, 상기 베드에 압력을 가하는 단계, 및 상기 베드를 상기 가열 속도로 예비성형품의 상기 소결 온도까지 가열시키기에 충분한 양으로 상기 베드의 전기 전도성의 유동성 입자에 전기 에너지를 가하여 상기 예비성형품을 가열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 전기 전도성이고 유동성인 입자의 베드 재료는 흑연 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 소결 온도는 1800 내지 2100°C 인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 8

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 가열 속도는 20 내지 40°C/분인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 9

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 유지 시간은 5 내지 30 분인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 10

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 압력은 30 내지 100 MPa 인 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 11

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합 재료는 적어도 90 부피%의 총계 비율로 알루미나 및 탄화 규소 휘스커를 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 12

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합 재료는 5 내지 70 부피%의 비율로 탄화 규소 휘스커를 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 13

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합 재료내의 알루미나는 1.5  $\mu\text{m}$  이하의 평균 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 14

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합 재료내의 알루미나는 2.0  $\mu\text{m}$  이하의 80<sup>th</sup> 백분위수 (P80)를 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 15

제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합 재료는 0.01 내지 5 중량%의 비율로 산화 마그네슘 및/또는 산화 이트륨을 추가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트의 제조 방법.

### 청구항 16

소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 가지며, 제 1 항 내지 제 4 항중 어느 한 항에 따라 제조되는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트.

### 청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 복합 재료내의 알루미나는 1.5  $\mu\text{m}$  이하의 평균 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 복합 재료내의 알루미나는 2.0  $\mu\text{m}$  이하의 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)를 갖는 것을 특징으로 하는 절삭 공구 인서트.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0005] 본 발명은 개선된 세라믹 재료의 절삭 공구 인서트 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

[0006] 절삭 공구용 세라믹 재료는, 알루미나(alumina), 알루미나-지르코니아, 알루미나-탄화 티타늄(TiC)-질화 티타늄(TiN), 질화 규소, 사이알론(sialon), 및 탄화 규소 휘스커 강화 알루미나(SiC-whisker reinforced alumina)를 포함한다. 절삭 공구 환경은 높은 내마모성에 대한 명백한 요구 이외에 강도, 인성 및 내열충격성에 대한 높은 요구를 동시에 필요로 하고 있다.

[0007] 세라믹 재료의 기계적 특성은, 이물질, 기공, 큰 입자 및 크랙과 같은 내외부적 결함에 의해 크게 영향을 받는다. 세라믹 재료로 제조된 절삭 공구의 신뢰성 및 성능을 개선하기 위해, 제품의 유해한 결함을 확인하

고 처리 루트를 설정하여 바람직하지 않은 특성을 최소화하는 것이 필요하다. 세라믹 재료가 약 1000°C 까지 완전한 탄성 특성을 갖기 때문에, 결합에 의해 형성된 응력 집중은 탄성 변형으로 인한 이완에 의해 제거될 수 없다.

[0008] 금속 절삭 공구용 세라믹 재료는 액체내에서 성분을 분쇄하여 그 후에 슬러리를 건조시킴으로써 제조된다. 스프레이 건조 방법은 열간 프레싱(hot pressing)을 필요로 하지 않는 바람직한 건조 방법이다. 스프레이 건조 방법은 50 내지 200 미크론(micron) 크기의 미립을 제조한다. 큰 미립은 매우 양호한 분말 유동 특성을 제공하는데, 이것은 단축 냉간 프레싱(uniaxial cold pressing)에 의한 소재의 대량 생산에 있어서 필수적이다.

[0009] 소결체내의 결합은 압분체(green compact)에서의 기공의 크기 및 분포와 관련될 수 있다는 것이 현재 잘 알려져 있다. 큰 기공은 제거되지 않을 것이기 때문에, 이것은 가압 없이 또는 저압으로(가스 압력 소결) 소결되는 재료에 있어서 특별히 중요하다. 미립 특징, 특별히 그 변형 특성은 미가공 상태의 결합 구조를 결정하는 주요 변수이다. 압축후에도 조밀하고 단단한 미립이 그 형태를 유지하기 때문에, 소결 재료의 강도의 상당한 증가는 미립 압축 강도를 감소시킴으로써 달성되었다.

[0010] 기공의 크기 및 분포 외에도, 입도(grain size) 또한 세라믹 재료의 기계적 특성에 있어서 중요하다. 미세하고 균일한 입도는 높은 강도 및 강도의 작은 변화를 제공한다. 세라믹 재료의 입도는 소결 조건에 밀접하게 관련되어 있다.

[0011] 알루미나 및 알루미나-지르코니아 재료는 적절한 환경에서 무가압 소결(pressureless sintering)에 의해 제조되는 것이 바람직하다. 많은 경우에, 비교적 저비용의 공정이고 복잡한 형상의 부품을 제조할 수 있기 때문에, 이러한 소결은 세라믹 재료를 위한 바람직한 소결 기술이다.

[0012] 질화 규소 및 사이알론 재료는 일반적으로 가스 압력 소결에 의해 제조되는데, 이 소결법에 의하면 일단 재료에 폐기공이 생기면 약 0.1 내지 1 MPa의 가스 압력이 가해지게 된다. 이에 의하면, 특히 액상을 형성하기 위해 소량의 소결 첨가제를 사용하는 경우에 낮은 소결 온도에서 높은 밀도가 얻어질 수 있다.

[0013] 열간 등압 프레싱(hot isostatic pressing; HIP)은 외부 압력이 없이는 경화될 수 없는 재료에 사용되는 또 다른 소결 기술이다. 1 내지 10 MPa의 압력이 일반적으로 사용되지만, 이 방법은 가스 압력을 전달하기 위해 예를 들어 유리 캡슐화를 요구한다. 열간 등압 프레싱은 종래의 소결 또는 열간 프레싱을 행하여 폐기공을 얻은 후에 나머지 기공을 제거하는데 또한 사용될 수 있고, 고압으로 인해 소결 온도보다 더 낮은 온도에서 열간 등압 프레싱이 수행되고 이로써 더 미세한 입자 재료가 얻어진다는 장점이 있다.

[0014] 열간 프레싱(HP)은, 규소 휴스커 강화 알루미나와 같은 소결되기 어려운 재료, 및 알루미나-탄화 티타늄과 같은 혼합 세라믹에 바람직한 방법이다. 일반적으로 25 내지 35 MPa의 압력이 흑연 펀치(graphite punch)에 의해 재료에 일방향으로 전달된다. 다소 큰 원통형 디스크가 얻어지는데, 이 원통형 디스크는 다이아몬드 톱(diamond saw)에 의해 필요한 크기의 소재로 절단된다. 다이아몬드 톱 절단은 소재 제조 공정중에서 비용이 다소 많이 드는 부분으로, 제조 비용에서 소재당 약 30 내지 40%를 차지한다.

[0015] 미국특허 제 4,543,345 호에는, 5 내지 60 부피%의 탄화 규소 휴스커를 갖는 탄화 규소 휴스커 강화 알루미나를 99% 이상의 소결 밀도로 제조하는 방법이 개시되어 있다. 이 방법에서는, 28 내지 70 MPa의 압력, 1600 내지 1900°C의 온도, 및 45분 내지 2시간의 소결 온도 유지 시간이 필요하다. 휴스커 함량이 많은 경우에는 더 높은 범위의 압력 및 소결 온도가 요구된다. 이러한 열간 프레싱 소결법에 있어서 긴 소결 시간 및 높은 소결 온도의 결합에 의해, 탄화 규소 휴스커의 입자 성장 억제 효과에도 불구하고 알루미나 입자 성장이 발생한다. 가장 큰 결합이 재료의 강도를 결정하기 때문에, 큰 알루미나 입자는 절삭 공구 적용의 성능에 영향을 미칠 것이다.

[0016] 또 다른 방법인 스파크 플라즈마 소결법(SPS)은, 흑연 펀치 사이에 위치된 분말 입자 사이의 간극에 전기 에너지 펄스를 직접 가한다. 스파크 플라즈마 소결법은 스파크 방전에 의해 발생된 스파크 플라즈마의 에너지를 이용한다. 분말 베드상에 일방향으로 압력이 직접 가해진다.

[0017] 또 다른 방법은 압력 전달 매체로서 미립자 고형물(particulate solid)을 사용하는 것인데, 이 때문에 "의사-등압법(pseudo-isostatic)"이라고도 불린다. 이러한 방법은 더 복잡한 형상의 예비성형품을 강화하는데 사용될 수 있다.

[0018] 미국특허 제 5,348,694 호에 개시된 소결법에서는, 다이 챔버내의 예비성형품과 접촉하는 입상의 압력 전달 매체의 전기 저항 가열에 의해 예비성형 압분체 소재(green blank)가 가열된다. 압력 전달 매체는 전기

전도성이고, 예를 들어 흑연 탄소 미립자이다. 이러한 전기 저항 가열법에 의해 온도가 매우 높아지고 가열 시간이 신속해 질 수 있어, 이러한 방법은 높은 소결 온도를 필요로 하는 재료에 적합하다. 가해질 수 있는 압력은 램 및 다이내의 재료의 강도에 의해 제한되고, 이 재료는 고온인 경우에 일반적으로 흑연이다. 따라서, 압력은 일반적으로 약 100 MPa 보다 훨씬 더 높지 않다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0019] 본 발명의 목적은 소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 갖는 절삭 공구 인서트 및 그 제조 방법을 제공하는 것이고, 본 발명의 절삭 공구 인서트는 금속 절삭에서 개선된 내마모성 및 인성 특성을 갖게 된다.

### 발명의 구성 및 작용

[0020] 이러한 목적은 소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 갖는 절삭 공구 인서트의 제조 방법을 제공함으로써 해결되는데, 이 방법은,

[0021] - 상기 복합 재료의 분말형 시작 재료를 분쇄 및 혼합하여 상기 재료를 예비성형품으로 형성하는 단계,

[0022] - 상기 예비성형품을 20 내지 60°C/분의 가열 속도로 1600 내지 2300°C의 소결 온도까지 가열하는 단계, 및

[0023] - 상기 소결 온도를 20 내지 100 MPa의 압력으로 5 내지 60 분의 유지 시간동안 유지하는 단계를 포함한다.

[0024] 본 발명의 방법은 본원에서 "급속 소결법(rapid sintering)"으로 불릴 것이다. 본 방법은, 높은 소결 온도, 소결 온도로 상승된 높은 온도, 및 소결 온도와 고압에서의 짧은 유지 시간을 결합하여 사용한다. 이러한 파라미터를 결합하여 사용하는 본 발명의 방법으로, 입자 성장으로 인한 결함의 억제에 기인하는 개선된 성능을 갖는 절삭 공구용 휘스커 강화 세라믹 재료를 얻을 수 있다. 본 방법은 소결 온도의 급속한 가열 및 이 온도에서의 짧은 유지 시간으로 인한 미세하고 균일한 알루미나 입도를 유지하는 동시에 완전한 수축 및 조밀화를 유지한다. 본 발명의 방법에 따라 제조된 절삭 공구는, 동일한 조성을 갖지만 상이한 소결법에 의해 제조된 유사한 절삭 공구 재료에 비해서 우수한 내마모성 및 인성 특성을 보인다.

[0025] 매우 놀라운 효과가 본 발명의 발명자에 의해서 확인되었는데, 이는 이하에서 더 자세히 설명되고 증명될 것이다: 열간 프레싱 소결법 및 본 발명의 방법에 따라 동일한 조성의 2개의 재료가 각각 제조되었다. 이들 2개의 재료는 밀도, 경도, 파괴 인성, 및 강도에 있어서 매우 유사하거나 또는 거의 동일한 기계적 특성 및 미세구조 특성을 보였다. 그러나, 놀랍게도 본 발명의 방법에 따라 제조된 재료는 공구 수명 및 노치 마모에 있어 훨씬 더 우수한 절삭 공구 성능을 보였다.

[0026] 본 발명에 따라 제조된 재료의 공구 성능에 대한 상기 차이는 평균 알루미나 입도 및 다른 미세구조 재료 특성의 결합과 관련이 있는데, 이에 대해서는 아직 상세히 설명되지 않았지만 밀접하게 관련되어 있고 본 발명에서 명시된 소결 공정 조건의 결과인 것으로 보인다. 따라서, 본 발명의 방법에 의해 제조된 절삭 공구 인서트의 바람직한 실시형태에 있어서, 평균 알루미나 입도는 2.0  $\mu\text{m}$  이하, 바람직하게는 1.5  $\mu\text{m}$  이하, 더 바람직하게는 1.0  $\mu\text{m}$  이하, 가장 바람직하게는 0.9  $\mu\text{m}$  이하이다.

[0027] 본 발명의 절삭 공구 인서트의 개선된 성능은 작은 폭의 알루미나 입도 분포와 관련된다는 것이 또한 밝혀졌다. 본 발명의 재료의 알루미나 입도 분포가 이상적인 가우스 분포를 따르지 않고 다소 비대칭이기 때문에, 입도의 표준 편차는 알루미나 입도 분포를 위한 유용한 측정량이 아니다. 따라서, 알루미나 입도 분포는 알루미나 입도의 폭의 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)에 의해 결정된다. P80은 알루미나 입도(d)의 값이고, 모든 알루미나 입도 측정값의 80%는 그 값보다 작다.

[0028] 본 발명의 절삭 공구 인서트의 개선된 성능은, 복합 재료의 알루미나가 2.5  $\mu\text{m}$  이하, 바람직하게는 2.0  $\mu\text{m}$  이하, 더 바람직하게는 1.8  $\mu\text{m}$  이하, 가장 바람직하게는 1.3  $\mu\text{m}$  이하의 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)를 갖는 실시형태에서 발견된다.

[0029] 본 발명의 복합 재료의 알루미나의 P80 값 및 평균 직경이 본 발명에 따른 급속 소결법을 적용함으로써 얻어지는 반면에, 표준 열간 프레싱에서는 더 높은 평균 직경 및 더 높은 P80 값이 발생하여 절삭 공구 성능이 불량하다는 것이 밝혀졌다.

[0030] 본 발명의 바람직한 실시형태에 있어서, 급속 소결법은 작업물을 적어도 부분적으로 통과하는 직류 전류의 전기 에너지를 가함으로써 제품을 가열하여 소결하는 단계를 포함한다. 또 다른 바람직한 실시형태에 있어서, 상기 전류는 비펄스성 직류 전류 또는 펄스성 직류 전류일 수 있다.

- [0031] 또 다른 바람직한 실시형태에 있어서, 본 발명의 방법은 미국특허 제 5,348,694 호에 개시된 바와 같은 급속 소결법을 포함한다. 따라서, 본 발명의 방법은, 한정된 영역내에 전기 전도성이고 유동성인 입자의 베드 재료를 포함하는 베드를 제공하는 단계, 예비성형품을 베드에 위치시키는 단계, 상기 베드에 압력을 가하는 단계, 및, 상기 베드를 가열 속도로 예비성형품의 상기 소결 온도까지 가열시키기전에 충분한 양으로 상기 베드의 전기 전도성의 유동성 입자에 전기 에너지를 가하여 상기 예비성형품을 가열하는 단계를 포함한다. 이러한 방법에 의해, 100 MPa 까지의 바람직한 압력에서 급경사 가열 기울기에서 소결 온도까지 급속 가열이 가능하다. 이러한 방법에 의해, 높은 가열 속도로 다른 공지된 소결법과 비교하여 높은 소결 온도를 얻을 수 있다. 또한 본 방법에 의해, 동시에 흑연 공구의 강도에 따라 100 MPa 까지의 높은 소결 압력이 가능하다. 본 발명의 방법에 유용한 전기 전도성이고 유동성인 입자의 베드 재료는 흑연, 바람직하게는 구상 흑연 또는 탄화 흑연 재료를 포함한다.
- [0032] 본 발명에 따른 급속 소결법은 높은 가열 속도 또는 급경사 가열 기울기, 높은 소결 온도, 및 짧은 소결 시간을 각각 포함한다. 이들 모든 파라미터는 작은 알루미나 입도, 작은 P80 값 및 우수한 공구 성능에 기여 한다는 것이 밝혀졌고, 공구 성능은 작은 알루미나 입도, 작은 P80 값 및 급속 소결법과 관련된 하나 이상의 다른 파라미터의 결합의 결과로 얻어짐이 밝혀졌다.
- [0033] 따라서, 본 발명의 방법의 또 다른 바람직한 실시형태에 있어서, 소결 온도는 1800 내지 2100°C, 더 바람직하게는 1900 내지 2000°C이다. 가열 속도는 바람직하게는 20 내지 40°C/분, 가장 바람직하게는 약 25°C/분이다.
- [0034] 재료의 조성에 따라 60분 동안의 유지 시간이 적용될 수 있지만, 알루미나 입자 성장을 피하기 위해 더 짧은 유지 시간이 바람직하다. 바람직한 실시형태에 있어서, 유지 시간은 5 내지 30 분, 더 바람직하게는 10 내지 20 분, 가장 바람직하게는 약 15 분이다.
- [0035] 본 발명의 방법에 유용한 압력은 20 내지 100 MPa의 범위내이다. 더 바람직한 실시형태에서 압력은 30 내지 100 MPa이고, 가장 바람직하게는 40 내지 100 MPa이다. 대부분의 경우 약 50 MPa의 압력이 적당하다.
- [0036] 또 다른 바람직한 실시형태에 있어서, 본 발명의 방법에 따라 제조된 복합 재료는 적어도 90 부피%의 총계 비율, 더 바람직하게는 적어도 95 부피%의 총계 비율로 알루미나 및 탄화 규소 휘스커를 포함한다. 상기 복합 재료내의 탄화 규소 휘스커의 함량은 바람직하게는 5 내지 70 부피%의 비율, 더 바람직하게는 15 내지 50 부피%의 비율, 가장 바람직하게는 20 내지 45 부피%의 비율이다.
- [0037] 본 발명의 방법에 따라 제조된 복합 재료는 추가적으로 산화 마그네슘(magnesia) 또는 산화 이트륨(yttria)과 같은 특정한 양의 소결 첨가제를 포함할 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시형태에 있어서, 산화 마그네슘 및/또는 산화 이트륨은 0.01 내지 5 중량%, 바람직하게는 0.02 내지 1 중량%, 가장 바람직하게는 0.03 내지 0.5 중량%으로 복합 재료에 각각 포함될 수 있다.
- [0038] 실시예 1
- [0039] 비교를 위해, 소결된 예비성형품이 들어 있는 직류 가열 분말 베드를 이용하여, 종래의 열간 프레싱과 본 발명에 따른 급속 소결 알루미나-탄화 규소 휘스커 복합 재료의 절삭 공구 인서트를 제조하였다. 본 실시예 및 이하의 실시예에서, 본 발명의 방법은 간단히 "급속 소결법"으로 표시된다.
- [0040] 71 부피%의 알루미나(Ceralox APA, ~0.3  $\mu\text{m}$  입도) 및 29 부피%의 탄화 규소 휘스커(Advanced Composite Materials Corp. SC-9, 평균 직경 ~0.6  $\mu\text{m}$ )의 혼합물이 함께 준비되었다. 각각 0.04 중량%의 산화 마그네슘(Magnesium Electron Ltd.) 및 산화 이트륨(A.C. Starck, 등급 표준)이 소결 첨가제로서 첨가되었고, 1.25 중량%의 PVA(Mowiol 4-88), 1.5 중량%의 PEG300(Pluriol E-300), 및 1.5 중량%의 PEG1500(Pluriol E-1500)이 단축 냉간 프레싱을 위해 프레싱 보조제로서 첨가되었으며, 균질 혼합물을 얻기 위해 합성물은 습식으로 분쇄되었다.
- [0041] 열간 프레싱(HP)에 의한 종래의 제조에 있어서, 혼합물은, 미립을 얻기 위해 냉동 건조되었고, 냉간 프레싱되어 디스크로 되었으며, 또한 프레싱 보조제를 제거하기 위해 공기중에서 1시간 동안 600°C에서 예비소결되었다. 그 후에, 재료는 1875°C와 25 MPa에서 1시간동안 열간 프레싱되었다. 소결 디스크는 다이아몬드 톱으로 절단되어 소재로 되었고, 그리고 나서 ISO-지정 RGN 120700 T01020에 의해 인서트로 연마되었다.
- [0042] 본 발명에 따른 급속 소결법에 의한 제조에 있어서, 혼합물은, 미립을 얻기 위해 냉동 건조되었고, 냉간 프레싱되어 소재로 되었으며, 그리고 나서 이 소재는 프레싱 보조제를 제거하기 위해 공기중에서 1시간 동안 600

℃에서 예비소결되었다. 그리고 나서 전기 가열된 분말 베드의 흑연과의 반응을 방지하기 위해 소재는 BN-층으로 피복되었다. 디스크의 열간 프레싱의 상술한 재료에도 동일한 BN-층의 피복이 가해졌다. 그리고 나서 소재는 전기 전도성인 흑연 탄소로 채워진 다이 캠버내에 위치되었고, 이에 의해 회전 타원형의 다공성 흑연 탄소(Superior Graphite Co., grade 9400)가 사용되었다. 매체에 전류를 통과시킴으로써 가열이 실시되었다. 온도는 25℃/분으로 상승되었고, 소결 온도는 1925℃ 였으며, 이 소결 온도는 50 MPa의 압력으로 15분동안 유지되었다. 소재 온도는 컴퓨터 모델링을 이용하여 다이에서의 위치와 시간의 함수로서 계산되었다. 그리고 나서 소재는 노(furnace)내에서 냉각되었고, 어떠한 추가적인 열 처리도 수행되지 않았다. 소결 후에, 소재는 ISO-지정 RGN 120700 T01020에 의해 인서트로 연마되었다.

[0043] 실시예 2

[0044] 실시예 1의 샘플(소재)(각각 열간 프레싱 및 급속 소결에 의해 제조됨)은 Inconel 718 형의 내열 합금의 홈파기 작업(grooving operation)으로 시험되었다. 홈은 2개의 절삭에서 전체 약 30%로 넓어졌다. 플랭크 또는 레이크 면에서 최대 손상 크기가 1 mm를 초과하는 경우에 공구 수명에 도달했다.

[0045] 이하의 절삭 조건이 이용되었다:

[0046] 절삭 유체 : 있음

[0047] 절삭 속도 : 250 m/분

[0048] 이송 : 0.15 와 0.25 mm/rev

[0049] 절삭 깊이 : 6 mm

[0050] [표 1] 공구 수명에 대한 사이클 수

이송	소결법	사이클 수					평균	상대
		실험1	실험2	실험3	실험4	실험5		
0.15 mm/rev	열간 프레싱	5	4	3	4	4	4	100
	급속 소결	6	7	5	7	5	6	150
0.25 mm/rev	열간 프레싱	3	3	2	3	4	3	100
	급속 소결	3	5	3	3	5	3.8	128

[0052] 0.15 mm/rev의 이송 속도에서 공구 수명은 50% 증가하고, 0.25 mm/rev의 이송 속도에서 공구 수명은 28% 증가 한다.

[0053] 실시예 3

[0054] 실시예 1의 샘플(소재)를 이용하여, 노치 마모는 Inconel 718 형의 내열 합금의 면삭 작업으로 측정되었다.

[0055] 이하의 절삭 조건이 이용되었다:

[0056] 절삭 유체 : 있음

[0057] 절삭 속도 : 220 m/분

[0058] 절삭 깊이 : 1.5 mm

[0059] 이송 : 0.11 mm/rev

[0060] 노치 마모는 2개의 절삭 후에 측정되었다.

[0061] [표 2] 2개의 절삭 후의 노치 마모(mm)

소결법	노치 마모(mm)						평균	상대
	실험1	실험2	실험3	실험4	실험5	실험6		
열간 프레싱	0.59	0.58	0.31	0.71	0.61	0.72	0.60	100
급속 소결	0.43	0.21	0.27	0.58	0.46	0.66	0.45	75

[0063] 본 발명의 급속 소결법에 따라 제조된 절삭 공구 인서트에 의해, 노치 마모가 약 75%로 감소되었고, 다시 말해, 노치 내마모성이 약 25% 증가하였다.

[0064] 실시예 4

[0065] 실시예 1의 방법에 따라 제조된 샘플에 대하여 물리적 특성 및 기계적 특성 및 미세구조적 특성을 평가했다. 측정된 기계적 특성은 밀도, 경도, 파괴 인성, 및 강도였고, 이러한 특성은 이하의 표 3에 표시되어 있다.

## [0066] [표 3] 기계적 특성

소결법	밀도 g/cm <sup>3</sup>	경도 HV10 GPa	파괴 인성 Mpa <sup>1/2*</sup>	강도 MPa <sup>**</sup>
열간 프레싱	3.73	2080 $\pm$ 80	6.9 $\pm$ 0.6	995
급속 소결	3.73	2110 $\pm$ 21	6.5 $\pm$ 0.2	1050

[0068] \* 압입(HV10) 파괴 인성

[0069] \*\* 2축 굽힘 시험, 오직 2개의 값

[0070] 절삭 성능, 즉 공구 수명과 노치 마모 사이의 큰 차이를 고려한다면, 물리적 특성 및 기계적 특성에 있어 2개의 재료 사이에 놀랍게도 아주 작은 차이만이 존재한다. 표준 시험에서 거의 동일한 기계적 특성을 보이는 2개의 재료가 절삭 성능에서 큰 차이를 보였다는 사실에 매우 놀라웠다. 다시 생각해보면, 명백한 온도의 차이에 의해 설명될 수 있는데, 기계적 특성은 실온에서 결정되는 반면에 절삭 성능 시험중에 절삭날이 1000°C 이상의 온도를 받기 때문이다. 당업자라면 이러한 온도 차이로 인해 기계적 특성과 절삭 공구 성능이 자주 차이가 있다는 것을 이해할 것이지만, 절삭 공구 성능이 개선되는지 또는 악화되는지를 전혀 예상할 수는 없다.

[0071] 실시예 5

[0072] 상술한 실시예 1에 따른 샘플의 더 상세한 미세구조적 특성은, 주사 전자 현미경(SEM)에 의해 생성된 입자 구조의 이미지를 이용하여 자동 이미지 분석의 도움으로 이루어졌다. 프레싱 방향에 수직인 샘플의 연마 표면은 1000°C에서 수소로 에칭되어 알루미나 입자 경계가 나타났고, 그 후에 이 연마 표면은 산으로 에칭되어 산화물층 또는 유리질층이 제거되었다. 이를 층은 열 처리중에 산화할 수 있는 탄화 규소 휴스커 때문에 형성된다. 그리고 나서 8000배로 확대된 주사 전자 현미경 사진이 기록되었다(도 1a 및 도 2a를 참고). 이미지는, 손으로 검정색 선을 입자 경계에 그려 컴퓨터 이미지 분석 시스템을 이용하여 더 처리되었다. 탄화 규소 휴스커 입자로 덮인 영역은 또한 손으로 검정 색깔을 칠하였다. 휴스커가 바람직하게도 열간 프레싱 방향에 수직인 평면에 배향되기 때문에, 이들 휴스커는 높은 가로세로비로 인해 쉽게 확인된다. 이미지 분석기에서의 추가적인 이미지 처리로 흑백의 사진을 얻었고, 측정을 용이하게 하기 위해 알루미나 입자 경계 및 탄화 규소 휴스커 입자 만이 보였다(도 1b 및 도 2b).

[0073] 평균 입도의 결정은 시험 영역 경계내에 완전히 포함된 각 입자의 개별 면적의 측정에 기초하였다. 적절한 측정 수를 얻기 위해 측정은 상이한 지점에 대해 8번 반복되었다. 면적 측정이  $\mu\text{m}^2$ 로 이루어 지도록 장치가 보정되었다. 현미경장(microscopic field)당 약 50 내지 150 입자인 입도에 따라 각 경우에 대해 450과 1150 사이의 입자가 측정되었다. 화소 밀도는 1280 x 960 이었다.

[0074] 등가 입자 직경(미크론)이 계산되었고, 각 입자는 이하의 식을 이용하여 완전 구형으로 가정한다

$$A_i = \pi d_i^2 / 4$$

[0076] 상기 식에서  $A_i =$  입자(i)의 면적,  $d_i =$  입자(i)의 등가 직경.

[0077] 분포의 평균 직경( $d_{\text{평균}}$ )은 이하의 식을 이용하여 계산되었다

$$d_{\text{평균}} = \sum d_i / n$$

[0079] 상기 식에서 n은 측정 수이다.

[0080] 입도 분포의 폭을 나타내는 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)는 알루미나 입도(d)의 값이므로, 측정의 80%는 그 값 이하이다. 실시예 1의 2개의 재료에 대한 평균 직경 및 80<sup>th</sup> 백분위수(P80)의 계산값은 이하의 표 4에 표

시되어 있다:

[0081] [표 4] 알루미나 입도 및 P80

소결법	평균 직경(미크론)	P80(미크론)
열간 프레싱	1.26	1.93
급속 소결(15분)	0.77	1.12

표 4는, 본 발명에 따른 급속 소결법에 의해 제조된 재료가 절삭 성능에 중요한 더 작은 알루미나 평균 직경 및 더 작은 알루미나 입도 분포를 갖는다는 것을 보여준다. 비교적 조대한 입자의 부피 점유율의 증가를 의미하는 파라미터가 증가하면 절삭 성능이 떨어진다.

[0084] 실시예 6

알루미나 및 규소 휘스커에 기초한 다수의 상업용 재료에 대해 알루미나 입도 및 분포를 조사하였다. 모든 주요 공급원이 이 조사에 포함된다. 실시예 5에서 개시된 방법과 동일한 방법으로 측정이 실시되었고, 결과는 표 5에 표시되어 있다. 본 발명에 따른 샘플은 실시예 1에 따라 제조되었다. 모든 상업용 재료는 대략 동일한 성분을 가졌고, 즉 25 중량%의 탄화 규소 휘스커, 소량의 소결 첨가제, 및 나머지 주요 성분으로서의 알루미나를 가졌다.

[0085] [표 5] 알루미나 입도 및 P80

등급	평균 직경(미크론)	P80(미크론)
상업 등급 A	1.31	1.97
상업 등급 B	1.04	1.48
상업 등급 C	1.58	2.50
상업 등급 D	1.34	2.07
급속 소결(15분)	0.77	1.12

[0086] 모든 상업용 재료는 본 발명에 따른 재료보다 더 큰 평균 입도 및 더 큰 P80을 보였다.

[0087] 실시예 7

처리 조건의 영향을 연구하기 위해, 소결중에 3개의 상이한 유지 시간이 평가되었다. 샘플은 변동하는 소결 시간을 제외하고는 실시예 1의 신규한 방법에 따라 제조되었고, 즉, 온도 증가는 25°C/분이었고, 소결 온도는 1925°C였고(10분의 유지 시간의 경우, 소결 온도는 약간 더 높았다: 1950°C), 압력은 모든 경우에 대해 50 MPa 였다. 소결 시간은 10분, 15분, 및 22분이었다. 소결 후에, 소재는 ISO-지정 RNGN 120700 T01020에 의해 인서트로 연마되었다.

[0088] 상술한 실시예에서 설명한 바와 동일한 방법을 이용하여 평균 알루미나 입자 직경 및 P80이 평가되었다. 결과는 표 6에 표시되어 있다.

[0089] [표 6]

소결 시간(분)	소결 온도(°C)	평균 직경(미크론)	P80(미크론)
10	1950	0.88	1.26
15	1925	0.77	1.12
22	1925	1.20	1.73

[0090] 처리 조건에 대하여 경도, 파괴 인성 및 밀도 또한 평가되었다. 결과는 표 7에 표시되어 있다.

[0091] [표 7]

소결 시간(분)	소결 온도(°C)	밀도(g/cm <sup>3</sup> )	경도(GPa)	파괴 인성(MPa m <sup>1/2*</sup> )
10	1950	3.72	2043 ± 16	5.8 ± 0.1
15	1925	3.73	2110 ± 21	6.5 ± 0.2
22	1925	3.70-3.73	2088 ± 33	5.6 ± 0.6

[0097] \*암입(HV10) 과괴 인성

[0098] 실시예 8

[0099] 실시예 7의 처리 조건 변화의 노치 마모는 Inconel 718 형의 내열 합금의 면삭 작업으로 측정되었다. 상술한 상업용 재료중 2개의 재료가 기준으로 사용되었다. 상업 등급(A)은 대부분의 조사된 상업 등급에 대해 일반적인 평균 입도를 갖고, 등급(B)은 측정된 상업용 재료의 최소 평균 입도를 갖는다.

[0100] 이하의 절삭 조건이 사용되었다:

[0101] 절삭 유체 : 있음

[0102] 절삭 속도 : 220 m/분

[0103] 절삭 깊이 : 1.5 mm

[0104] 이송 : 0.11 mm/rev

[0105] 노치 마모는 4개의 절삭 후에 측정되었다.

[0106] [표 8] 4개의 절삭 후의 노치 마모(mm)

등급	노치 마모(mm; 중간)	상대
상업 등급 A	0.84	311
상업 등급 B	0.59	219
급속 소결 10분	0.61	226
급속 소결 15분	0.27	100
급속 소결 22분	0.77	285

[0108] 노치 내마모성은 소결 시간에 민감하다. 가장 양호한 노치 내마모성은 15분 동안의 소결 시간에서 얻어졌다. 알루미나 입도는 노치 내마모성을 결정하는 하나의 요인으로, 그 단독으로는 결과를 설명할 수 없다.

[0109] 실시예 9

[0110] 상술한 실시예 8의 샘플은 또한 Inconel 718 형의 내열 합금의 홈파기 작업으로 또한 시험되었다. 홈은 2개의 절삭에서 전체 약 30%로 넓어졌다. 플랭크 또는 레이크 면에서 최대 손상 크기가 1 mm를 초과하는 경우에 공구 수명에 도달했다.

[0111] 이하의 절삭 조건이 이용되었다:

[0112] 절삭 유체 : 있음

[0113] 절삭 속도 : 250 m/분

[0114] 이송 : 0.25 mm/rev

[0115] 절삭 깊이 : 6 mm

[0116] [표 9] 공구 수명에 대한 사이클 수

등급	사이클 수		평균	상대
	실험1	실험2		
상업 등급 A(종래 기술)	8	10	11	183
상업 등급 B(종래 기술)	7	5	6	100
급속 소결 10분	14	13	13.5	225
급속 소결 15분	13	11	12	200
급속 소결 22분	8	5	6.5	108

### 발명의 효과

[0118] 본 발명에 따르면, 소결 알루미나 및 탄화 규소 휘스커 복합 재료를 가지며 개선된 내마모성 및 인성 특성을

갖는 절삭 공구 인서트 및 그 제조 방법이 제공된다.

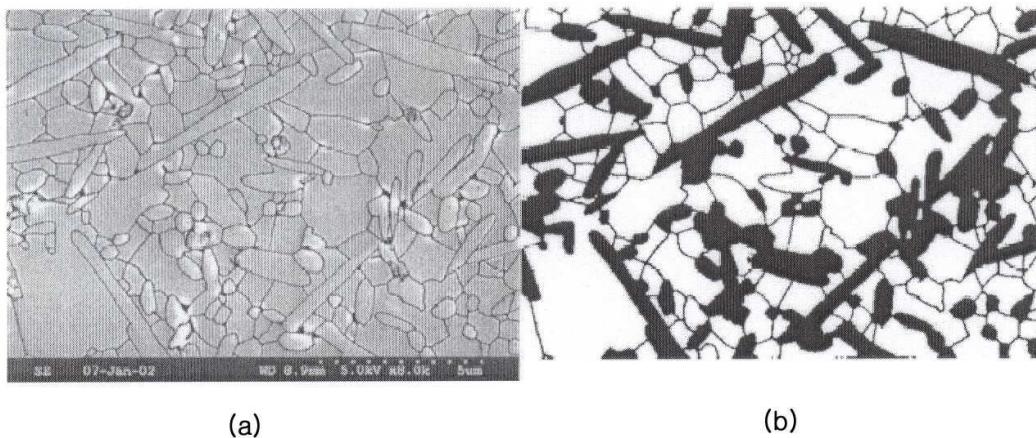
### 도면의 간단한 설명

- [0001] 도 1a는, 이하의 실시예 1에 개시되고 이하의 실시예 5에 따라 처리된 본 발명의 방법에 따라 제조된 샘플을 8000배 확대한 주사 전자 현미경 사진의 실시예.
- [0002] 도 1b는 이하의 실시예 5에 개시된 바와 같은 이미지 처리 후의 도 1a의 현미경 사진.
- [0003] 도 2a는, 실시예 5에 따라 처리되고 상업적으로 입수 가능한 등급(상업 등급 A, 이하의 실시예 6 참조)을 8000배 확대한 주사 전자 현미경 사진의 실시예.
- [0004] 도 2b는 이하의 실시예 5에 개시된 바와 같은 이미지 처리 후의 도 2a의 현미경 사진.

### 도면

#### 도면1

##### 본발명



#### 도면2

##### 상업등급 A

