



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0108457  
(43) 공개일자 2017년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C01B 21/064 (2006.01) B01J 6/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C01B 21/0648 (2013.01)  
B01J 6/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0032372  
(22) 출원일자 2016년03월17일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
일진다이아몬드(주)  
충청북도 음성군 대소면 대금로 157  
(72) 발명자  
신동균  
충청북도 음성군 대소면 대금로 157(오류리)  
박희섭  
충청북도 음성군 대소면 대금로 157(오류리)  
(74) 대리인  
최훈식, 이동우, 양한나, 한태근

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구

(57) 요약

본 발명은 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 열전도도 및 전기전도도가 우수하여 열에 의한 마모 및 충격에 강하고, EDM 작업시 인선부의 영향을 최소화 할 수 있는 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

*C01P 2004/38* (2013.01)

*C01P 2004/62* (2013.01)

*C01P 2006/40* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

입방정 질화붕소와 결합제를 포함하는 복합 소결체에 있어서,  
상기 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  이며,  
상기 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK 인 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
상기 복합 소결체 내 상기 입방정 질화붕소의 체적은 65~85vol%인 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,  
상기 복합 소결체의 입방정 질화붕소 입자 사이즈는 0.01~1.5 $\mu\text{m}$ 인 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,  
상기 복합 소결체의 입방정 질화붕소 입자 사이즈는 0.1~1.0 $\mu\text{m}$ 인 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 5

제 1항에 있어서,  
상기 결합제는 3족, 4족, 5족 및 Al 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하며, 상기 결합제 내의 W 및 Co의 복합 혼합물은 0.1~8.0wt% 포함되어 있는 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서,  
상기 입방정 질화붕소 소결체는 볼밀(Ball mill), 어트리터밀(Attritor mill), 플레너터리밀(Planetary mill) 법 중 어느 하나의 방법으로 혼합하여 제조되는 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 7

제 1항에 있어서,  
상기 결합제는 티타늄 다이보라이드( $\text{TiB}_2$ )가 포함된 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 8

제 1항에 있어서,  
상기 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합제는 연속연결되어 있는 절삭공구용 복합 소결체.

#### 청구항 9

가공을 위한 인선부가 형성되고, 입방정 질화붕소와 결합제를 포함하는 복합 소결체로서 형성되는 절삭공구에 있어서,  
상기 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  이며,

상기 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK 인 절삭공구.

#### 청구항 10

제 9항에 있어서,

초경기관;을 더 포함하고,

상기 복합 소결체는 상기 초경기관의 일측에 구비되는 복합 소결체를 이용한 절삭공구.

#### 청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 절삭공구는 전체가 소결체로 이루어진 복합 소결체를 이용한 절삭공구.

#### 청구항 12

제 9항에 있어서,

상기 결합체는 3족, 4족, 5족 및 Al 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하며, 상기 결합체 내의 W 및 Co의 복합 혼합물은 0.1~8.0wt% 포함되어 있는 복합 소결체를 이용한 절삭공구.

#### 청구항 13

제 9항에 있어서,

상기 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합체는 연속연결되어 있는 복합 소결체를 이용한 절삭공구.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 열전도도 및 전기전도도가 우수하여 열에 의한 마모 및 충격에 강하고, EDM(Electrical Discharge Machine) 작업시 인선부의 영향을 최소화 할 수 있는 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 산업 발전에 따라 경제적 기계 가공을 가능하게 하는 정밀 절삭공구의 수요가 증대하고 그 공구 가공 기술도 급속히 발전하고 있다. 정밀 절삭 공구중에는 최선의 소재로 수명이 가장 긴 인조 다이아몬드와 CBN(Cubic Boron Nitride, 입방정 질화붕소) 소결체가 있는데, 이것은 Extreme hard material로 가공이 가장 힘든 것이 사실이다.

[0003] 미국의 GE사가 개발한 초연마재(Super abrasive)인 다이아몬드와 CBN(Cubic Boron Nitride, 입방정 질화붕소)의 사용은 경제발전에 따른 기계가공의 고정밀화 추세와 가공재료의 다양성 증대로 인하여 급속도로 보편화되어지고 있는 추세이다. 특히 연마입자의 경도가 매우 높기 때문에 종래의  $Al_2O_3$  및 SiC 연삭입자에 의한 연삭가공을 위시하여 여타의 기계가공으로는 가공의 거의 불가능한 경화열처리강, 초경합금 및 세라믹 등 고경도 재료 정밀가공에 있어서는 독점적인 위치를 차지하고 있다.

[0004] 초연마재 중 다이아몬드는 철계재료 가공시 흑연화 현상에 따른 입자마모가 심하기 때문에 철계재료의 연삭에는 사용이 제한되고 있으나, CBN(Cubic Boron Nitride, 입방정 질화붕소)의 경우에는 다이아몬드와는 달리 철계 금속과의 낮은 화학반응 친화력을 가지고 있으므로, 철계재료 연삭시 화학적 안정성이 우수하고 열전달률이 높아 연삭열에 의해 쉽게 마모되지 않고, 연삭날이 잘 유지되므로 고경도의 열처리강, 공구강, 주철 등의 철계 금속의 가공에 널리 사용되고 있다.

[0005] 입방정 질화붕소(Cubic Boron Nitride, CBN)는 자연계에는 존재하지 않으며, 인공적인 초고온고압의 합성법으로

만 생성 가능한 물질로, 다이아몬드에 버금가는 경도를 가져 연삭, 연마, 절삭재용의 지립(砥粒)으로 사용된다. 입방정 질화붕소(Cubic Boron Nitride, CBN)의 원료는 육방정 질화붕소(HBN: hexagonal boron nitride)이며, 육방정 질화붕소는 다이아몬드의 원료인 흑연과 비교하면 전기전도도를 제외하고 유사한 결정구조를 가지고 있으나, 합성 조건과 촉매의 선택에서 차이를 보인다.

[0006] 한편, 다결정 입방정 질화붕소(Polycrystalline Cubic Boron Nitride, PCBN)는 바인더로서 특별한 세라믹재료와 함께 입방정 질화붕소를 혼합하여 소결하여 제조될 수 있다. 최근 다결정 입방정 질화붕소 공구는 고경도 열처리강, 초내열 합금, 소결금속 등의 난삭제 가공제품에도 또한 폭넓게 적용되어가고 있으며, 고경도 소재를 고정밀 가공할 수 있는 다결정 입방정 질화붕소 공구는 일반적인 연삭가공 공정의 대안이 될 수 있다.

[0007] 그러나, 종래의 다결정 입방정 질화붕소(Polycrystalline Cubic Boron Nitride, PCBN)는 절삭공정 시 공구의 마모 또는 고온에서의 내열성 저하로 인하여 공구의 파괴가 일어난다는 문제가 발생되고 있으며, 이로 인하여 공구의 수명이 단축되는 문제가 있다.

[0008] 따라서, 다결정 입방정 질화붕소를 포함하는 절삭 공구의 수명을 우수하게 하기 위하여 열에 의한 마모 및 충격에 의한 파손을 최소화 할 수 있도록 우수한 열적 안정성 및 전기전도도를 갖는 절삭공구 개발이 필요하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 없고, 이중접합층이 없는 단일 복합체로 이루어져 있어 열적안정성이 우수한 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구를 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한, 본 발명은 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 없고, 이중접합층이 없는 단일 복합체로 이루어져 있어 EDM(Electrical Discharge Machine) 작업시 인선부의 영향을 최소화 할 수 있는 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구를 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 입방정 질화붕소와 결합제를 포함하는 복합 소결체에 있어서, 상기 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  이며, 상기 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK 인 절삭공구용 복합 소결체를 제공한다.

[0012] 또한, 상기 복합 소결체의 체적은 65~85vol%이다.

[0013] 또한, 상기 복합 소결체의 입방정 질화붕소 입자 사이즈는 0.01~1.5 $\mu\text{m}$ 이다.

[0014] 또한, 상기 복합 소결체의 입방정 질화붕소 입자 사이즈는 0.1~1.0 $\mu\text{m}$ 이다.

[0015] 또한, 상기 결합제는 3족, 4족, 5족 및 Al 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하며, 상기 결합제 내의 W 및 Co의 복합 혼합물은 0.1~8.0wt% 포함되어 있다.

[0016] 또한, 상기 입방정 질화붕소 소결체는 볼밀(Ball mill), 어트리터밀(Attritor mill), 플레너터리밀(Planetary mill)법 중 어느 하나의 방법으로 혼합하여 제조된다.

[0017] 또한, 상기 결합제는 티타늄 다이보라이드( $\text{TiB}_2$ )이다.

[0018] 또한, 상기 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합제는 연속연결되어 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 가공을 위한 인선부가 형성되고, 입방정 질화붕소와 결합제를 포함하는 복합 소결체로서 형성되는 절삭공구에 있어서, 상기 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  이며, 상기 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK인 절삭공구용 복합 소결체를 제공한다.

[0020] 또한, 초경기관을 더 포함하고, 상기 복합 소결체는 상기 초경기관의 일측에 구비될 수 있다.

[0021] 또한, 상기 절삭공구는 전체가 소결체로 이루어질 수 있다.

[0022] 또한, 상기 결합체는 3족, 4족, 5족 및 Al 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하며, 상기 결합체 내의 W 및 Co의 복합 혼합물은 0.1~8.0wt% 포함되어 있다.

[0023] 또한, 상기 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합체는 연속연결되어 있다.

### 발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 없고 이중접합층이 없는 단일 복합체를 제조함으로써 열에 의한 마모 및 충격에 의한 파손을 최소화 할 수 있는 우수한 열적안정성을 갖는 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구를 제조할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 따르면 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 없고 이중접합층이 없는 단일 복합체를 제조함으로써 입방정 질화붕소의 직접결합 및 뭉침현상을 최소화하여 EDM (Electrical Discharge Machine) 작업시 인선부의 영향을 최소화할 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

[0027] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 이하의 설명에서 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 다른 매체를 사이에 두고 연결되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 도면에서 본 발명과 관계없는 부분은 본 발명의 설명을 명확하게 하기 위하여 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 이하, 첨부된 도면들을 참고하여 본 발명에 대해 설명하도록 한다.

[0029] 다음은 본 발명의 일 실시예에 관한 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 대하여 더욱 상세히 설명한다.

### [0030] 1. 절삭공구용 복합 소결체

[0031] 본 발명은 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구에 관한 것으로서, 절삭 공구로서 이용가능한 입방정 질화붕소 소결체를 제공하는 것이다.

[0032] 본 발명의 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합체는 연속연결되어 있는 절삭공구용 복합 소결체인 것을 특징으로 한다.

[0033] 종래의 소결체는 금속판인 WC 기판 위에 PCBN층을 올려 함께 소결하는 것이 특징이나, 종래의 방법으로 제조된 소결체는 WC기판과 PCBN층 사이에 이중접합층이 존재하기 때문에 절삭공정시 이중접합층 분리에 의한 박리현상이 일어날 수 있다. 이러한 이중접합층 분리에 의한 박리현상이 일어나면 공구의 깨짐성이 높아지게 되어 공구의 수명을 단축시킬 수 있는 문제를 일으킬 수 있다. 본 발명에 따른 복합 소결체는 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어져 있어 열적안정성이 높고, 박리현상에 따른 공구의 깨짐성을 최소화하여, 우수한 수명을 나타내는 복합소결체 및 절삭공구를 제공한다.

[0034] 상기 결합체는 티타늄 다이보라이드( $TiB_2$ )를 사용하며, 상기 티타늄 다이보라이드( $TiB_2$ )는 티타늄 화합물에서 반응하여 생성된 2차 결합상으로서 입방정 질화붕소와 결합체간의 반응으로 생성된다. 티타늄 다이보라이드( $TiB_2$ )는 용융점이  $3200^{\circ}C$  이상이며 경도가 25~35GPa로 매우 높은 결정체이며 뛰어난 물성을 가지고 있다. 또한 열전도도가 60~120W/mK이며, 전기전도도가  $\sim 10^5 S/cm$ 로 공구용 복합 소결체의 소재로서 우수한 특성을 지니고 있는 물질이다. 본 발명에서 사용되는 결합체는 티타늄 다이보라이드( $TiB_2$ )를 사용하는 것이 바람직하나, 결합체의 종류는 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 통상적으로 당업계에 공지된 방법이라면 선택적으로 이용할 수 있다.

본 발명에서 결합체는 모두 연결되어 있으며 CBN은 기지상으로 CBN간 결합으로 이루어진 입자성장은 없다. 또한, 복합 소결체의 원료로 투입한 입방정 질화붕소는 혼합(Mixing)시 파쇄로 인하여 더 작아질 수 있으나, 입자의 크기는 더 커지지 않으며 투입시의 크기를 유지하여 변동이 없을 수 있다.

- [0035] 본 발명에서 공구로 사용 가능한 입방정 질화붕소 소결체는 입방정 질화붕소의 체적이 소결체 내에서 65~85vol%이다. 상기 입방정 질화붕소의 체적이 65vol% 미만일 경우 복합 소결체의 경도가 감소하여 공구 수명이 단축되는 문제점이 있으며, 상기 입방정 질화붕소의 체적이 85vol%를 초과할 경우 입방정 질화붕소 입자간의 직접결합 가능성이 높아져 바람직하지 않다.
- [0036] 또한, 이때 입방정 질화붕소의 평균 입자 사이즈는 0.01~1.5 $\mu$ m인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하기로는 0.1~1.0 $\mu$ m인 것이 더욱 바람직하다. 입방정 질화붕소의 사이즈가 0.01 $\mu$ m 미만일 경우에는 소결시 입방정 질화붕소와 결합체간의 결합력이 급격하게 낮아지게 된다. 결합력이 낮아지면 소결체의 경도가 저하되고 이것은 내마모성 감소로 이어져 결국 공구수명을 떨어뜨리게 되어 바람직하지 않다. 또한, 입방정 질화붕소의 사이즈가 1.5 $\mu$ m를 초과할 경우에는 입방정 질화붕소의 내결손 발생율이 증가하여 피삭재의 조도를 좋게 유지할 수 없는 문제가 발생한다.
- [0037] 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 상승하면 경도는 높아지지만 공구에 충격을 가했을 때 파손빈도가 높아져 공구수명이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 즉, 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 상승하면 인성을 부여하는 금속 결합체의 함량이 감소하고, 입방정 질화붕소의 입자간격이 좁아져 경도가 증가하는 것이다. 일반적으로 CBN의 함유량이 높아지면 CBN 입자간의 접촉부분이 많아지나, 상대적으로 내충격성에 취약하고 내열특성이 우수한 세라믹 바인더부분의 두께가 얇아지면서 소결체 전체적으로 경도가 높아지고 인성이 향상되지만 내열특성은 저하된다.
- [0038] 또한, 본 발명에 따른 입방정 질화붕소와 결합체를 포함하는 복합 소결체에 있어서, 상기 결합체는 3축, 4축, 5축 및 A1 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하며, 상기 결합체 내의 W 및 Co의 복합 혼합물은 0.1~8.0wt% 포함되어 있는 것을 특징으로 한다. 상기 결합체 성분이 복합 소결체 내에서 상호 고용체 및 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로써 존재하여 본 발명의 복합 소결체는 적절한 전기전도성을 띌 수 있게 된다. 적절한 전기전도성을 띠는 복합 소결체는 EDM 방전 가공성을 좋게 하여 절삭공정 시 절단을 용이하게 하는 효과가 있다.
- [0039] EDM에 의한 절삭은 도구 가공비용을 감소할 수 있으며, 미세한 구멍이나 홈 가공이 가능하여 절삭 시 정확한 구조가 형성되는 것을 가능하게 할 수 있어 매우 많은 제품에서 유리한 가공 방법이다.
- [0040] 또한, 본 발명의 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK인 것을 특징으로 한다.
- [0041] 일반적으로, 절삭공구용 복합 소결체에서 CBN 입자 함량이 증가하면 열전도도가 상승하고, 상승한 열전도도로 인하여 열적 마모가 공구 전체에 발생하게 되며 이것은 공구수명을 저하시키게 된다. 예를들면, CBN 함량이 85vol%를 초과할 경우 열전도도가 실온 25℃에서 80~150W/mK이며, 700℃에서 70~100W/mK로 열전도도가 높게 나타나며, 열전도도가 이처럼 높을 경우 공구는 열적마모에 취약하며 고속단속 가공시 파손이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 발명에 따른 복합 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK의 범위인 것이 바람직하며, 상온 열전도도가 40W/mK 미만일 경우 PCBN 소결체 절삭부의 열화로 인한 국부적인 CBN 탈락을 야기시켜 단속가공 시 파손이 증가할 수 있다. 또한, 상온 열전도도가 80W/mK를 초과할 경우에는 공구의 마모가 빨라져 고속단속 가공시 파손이 발생하는 문제가 발생할 수 있다.
- [0042] 또한, 본 발명에 따른 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  인 것을 특징으로 한다. 상기 복합 소결체의 면저항이  $1 \times 10^{-5} \Omega/\text{cm}^2$  미만일 경우 복합 소결체는 질화, 탄화, 붕화, 산화물의 비율이 낮고 금속 물질들을 많이 포함하고 있으며, 금속 화합물의 증가로 인하여 공구의 수명이 낮아지는 문제가 있다. 또한, 상기 복합 소결체의 면저항이  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$ 를 초과할 경우 질화, 탄화, 붕화, 산화물이 증가하고 CBN과 결합체 간 결합력이 증가하여 공구 성능은 좋아질 수 있으나, 높은 저항으로 인하여 전기방전 절단시 부하가 발생할 수 있다. 전기방전 절단 시 높은 저항으로 인하여 발생한 부하는 소결체 내에서 방전 시 부하를 가중시키게 되고, 이는 공구의 결함을 유발할 가능성이 높아져 바람직하지 않다.

[0043] 본 입방정 질화붕소 입자와 결합체의 혼합은 볼밀(Ball mill), 어트리터밀(Attritor mill), 플레너터리밀(Planetary mill)법 등 일반적인 분말혼합방법에 의해서 균일한 분말의 혼합을 진행한다. 입방정 질화붕소 입자와 결합체의 혼합은 상기 방법 중 어느 하나의 방법으로 혼합하여 제조하는 것이 바람직하나, 입방정 질화붕소 입자와 결합체의 혼합방법은 반드시 이에 한정되지 않으며, 통상적으로 당업계에 공지된 방법이라면 선택적으로 이용할 수 있다.

## [0044] 2. 복합 소결체를 이용한 절삭공구

[0045] 본 발명의 일 실시예에 관한 복합 소결체를 이용한 절삭공구는 가공을 위한 인선부를 형성하는 복합 소결체를 적어도 일부 포함하고, 입방정 질화붕소와 결합체를 포함하는 복합 소결체에 있어서, 상기 복합 소결체는 입방정 질화붕소간 직접결합이 없고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어지고, 상기 결합체는 연속연결되어 있으며, 상기 소결체의 열전도도는 25℃에서 40~80W/mK이며, 700℃에서 20~60W/mK의 범위인 것이 바람직하다. 열전도도가 40W/mK 미만일 경우 PCBN 소결체 절삭부의 열화로 인한 국부적인 CBN 탈락을 야기시켜 단속가공 시 파손이 증가할 수 있다. 또한, 열전도도가 80W/mK를 초과할 경우에는 공구의 마모가 빨라져 고속단속 가공시 파손이 발생하는 문제가 발생할 수 있다.

[0046] 본 발명에 따른 복합 소결체에서 입방정 질화붕소와 입방정 질화붕소 사이에 형성되어 있는 결합체는 3족, 4족, 5족 및 Al 중에서 적어도 2종 이상을 포함한 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로서 존재하는 것을 특징으로 한다. 이와 같이, 입방정 질화붕소와 입방정 질화붕소 사이에 형성되어 있는 결합체 성분이 탄화, 탄질화, 붕화, 산화물 및 고용체로 존재하므로써, 본 발명에 따른 복합 소결체는 전기전도성을 띄게 되며 전기전도성을 띄고 있는 복합 소결체는 EDM(와이어 전기 방전 절단) 작업 시 방전가공성을 좋게하여 절단이 용이하다.

[0047] EDM에 의한 절삭은 고경도 복합소결체의 가공비용을 감소할 수 있으며, 미세한 구멍이나 홈 가공이 가능하여 절삭 시 정확한 구조가 형성되는 것을 가능하게 할 수 있어 매우 많은 제품에서 사용되는 가공 방법이다.

[0048] 또한, 본 발명에 따른 복합 소결체의 면저항은  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  인 것이 바람직하다. 상기 복합 소결체의 면저항이  $1 \times 10^{-5} \Omega/\text{cm}^2$  미만일 경우 복합 소결체는 질화, 탄화, 붕화, 산화물의 비율이 낮고 금속 물질들을 많이 포함하고 있으며, 금속 화합물의 증가로 인하여 공구의 수명이 낮아지는 문제가 있다. 또한, 상기 복합 소결체의 면저항이  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$ 를 초과할 경우 질화, 탄화, 붕화, 산화물이 증가하고 CBN과 결합체 간 결합력이 증가하여 공구 성능은 좋아질 수 있으나, 높은 저항으로 인하여 전기방전 절단시 부하가 발생할 수 있다. 전기방전 절단 시 높은 저항으로 인하여 발생한 부하는 소결체 내에서 방전 시 부하를 가중시키게 되고, 이는 공구의 결합을 유발할 가능성이 높아져 바람직하지 않다. 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면 복합 소결체를 이용한 절삭공구는 초경기관 및 초경기관의 일측에 구비되는 복합 소결체를 이용한 절삭공구일 수 있으며, 혹은 절삭공구 전체가 소결체로 이루어진 복합소결체를 이용한 절삭공구일 수 있다.

[0049] 이하 본 발명에 대하여 실시예를 들어 보다 상세히 설명하기로 한다.

## [0050] (실시예 1) 복합 소결체의 면저항 및 열전도도에 따른 공구수명 평가

[0051] 본 발명의 실시예에 따른 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구의 열전도도 및 공구수명을 측정하기 위하여 하기와 같이 테스트하였다.

[0052] 평균 크기가 0.75 $\mu\text{m}$ 이고 소결체의 전체체적이 75vol%인 입방정 질화붕소 입자와 결합체 30vol%를 함께 일반적인 볼밀(Ball mill)공정을 이용하여 혼합하였다. 결합체의 혼합비율은 결합체 내에서 Ti 화합물 80wt%, Al 화합물 18wt%, Ni 2wt% 을 질량비율로 혼합하고 파라핀 왁스를 1wt% 내외로 첨가하여 성형이 가능하도록 하여 혼합하였다. 볼밀(Ball mill)공정 진행 시 볼(Ball)은 WC 볼(WC ball)을 이용하여 추가 혼입되는 비율이 전체의 4wt%를 넘지 않도록 혼합공정을 실시하였다.

[0053] 상기 혼합공정을 거쳐 혼합이 완료된 분말을 성형한 후, 잔류 왁스(wax)를 제거하기 위하여 500℃ 이상의 온도에서 왁스 제거(De-waxing) 작업을 진행하였다. 이후 열처리가 완료된 성형체를 Ta, Mo, Nb, Zr와 같은 금속 컵

에 밀봉하여 HPHT셀로 조립하였다. 소결은 1400~1600℃, 5.5 ~ 6.0GPa의 초고온고압 하에서 소결을 진행하였다.

[0054] 상기 소결이 완료된 복합소결체의 면저항 및 열전도도를 측정하였으며, 복합 소결체를 공구로 제작 후 절삭하여 공구수명 평가를 진행하였다. 절삭시험평가를 위한 피삭재는 형태가 원통형으로 길이 100mm, 지름 160mm이며 단속날 부분이 4개가 있고, 각각 90도 간격으로 단속부가 존재하는 형태의 피삭재를 사용하였다. 공구마모를 공구수명 패스(pass)로 한정하고 공구수명은 공구 인선부의 마모를 0.4mm 이상일 경우 중단하여 패스(pass)를 한정하였다. 패스(pass)는 피삭재를 전체 한번 절삭한 다음 공구인선의 마모 측정 후 판단하였다. 또한, 열전도도 측정은 지름 12mm에 두께 2mm의 샘플을 이용하였으며 측정방식은 KS L 1604 : 2012의 표준 측정법을 이용하였다. 공구수명 평가를 위한 절삭시험 조건은 다음과 같다.

[0055] <절삭시험조건>

[0056] 피삭재 : SCM440

[0057] 공구형태 : CNGA120408

[0058] 절삭조건 : 절삭속도 200m/min, 이송속도 F0.5mm/rev, 절삭깊이 0.05mm

[0059] 다음으로 본 발명의 실시예 및 비교예의 실험조건을 설명한다.

[0060] 실시예 1은 복합 소결체의 면저항이  $2.2 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 상온 열전도도가 60 W/mK일 때의 공구수명을 측정한 실시예이다.

[0061] 실시예 2는 복합 소결체의 면저항이  $5.3 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 상온 열전도도가 45 W/mK일 때의 공구수명을 측정한 실시예이다.

[0062] 비교예 1은 복합 소결체의 면저항이  $2.0 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 상온 열전도도가 130 W/mK일 때의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0063] 비교예 2는 복합 소결체의 면저항이  $5.0 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 상온 열전도도가 18.2 W/mK일 때의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0064] 비교예 3는 복합 소결체의 면저항이  $9.0 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$ , 상온 열전도도가 59 W/mK일 때의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0065] 하기 표 1은 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1 내지 비교예 3의 면저항 및 열전도도에 따른 공구수명 측정결과를 나타낸 테이블이다.

**표 1**

| 구분    | 면저항( $\Omega/\text{cm}^2$ ) | 상온 열전도도(W/mK) | 공구수명(pass) |
|-------|-----------------------------|---------------|------------|
| 실시예 1 | $2.2 \times 10^{-3}$        | 60            | 10         |
| 실시예 2 | $5.3 \times 10^{-3}$        | 45            | 9          |
| 비교예 1 | $2.0 \times 10^{-3}$        | 130           | 3          |
| 비교예 2 | $5.0 \times 10^{-3}$        | 18.2          | 2          |
| 비교예 3 | $9.0 \times 10^{-2}$        | 59            | 4          |

[0067] 상기 표 1을 참조하면, 면저항 및 열전도도가 각각  $2.2 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 60 W/mK인 실시예 1의 경우 공구수명이 10pass로 비교예 1, 2, 3 보다 우수한 공구수명을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 면저항 및 열전도도가 각각

$5.3 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 45W/mK인 실시예 2의 경우에도 공구수명이 9pass로 측정되어 비교예 1, 2, 3 보다 우수한 공구 수명을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서, 상기 실시예 1, 실시예 2와 같이 면저항 및 열전도도 값이 각각 본 발명에서 개시하고 있는  $1 \times 10^{-5}$  내지  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$ , 25℃에서 40~80W/mK, 700℃에서 20~60W/mK의 범위를 동시에 만족할때 우수한 공구수명을 나타내는 것을 알 수 있다. 열전도도가 높을 경우 열적 마모가 공구 전체에 발생하게 되고 이것은 공구의 파손으로 이어져 결국엔 공구수명을 저하시키게 된다.

[0068] 표 1을 살펴보면, 열전도도 값이 본 발명의 범위를 벗어난 130W/mK인 비교예 1의 경우 공구수명이 3pass로 낮게 나타났으며, 면저항과 열전도도 값 모두가 본 발명의 범위를 벗어난  $5.0 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}^2$ , 18W/mK인 비교예 2의 경우에는 공구수명이 2pass로 실시예 1, 2에 비하여 매우 낮은 것을 알 수 있었다.

[0069] 복합 소결체의 열전도도가 높을 경우 공구는 열적마모에 취약하며 고속단속 가공시 파손이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 열전도도가 높은 비교예 1의 경우 공구가 열적마모에 취약해지고, 이것이 공구의 파손으로 이어져 공구수명을 단축시키는 결과가 나타난 것으로 보인다. 또한, 열전도도가 낮은 경우에는 PCBN 소결체 절삭부의 열화로 인하여 CBN이 국부적으로 탈락할 수 있어 단속가공 시 파손이 증가하는 경우가 많다. 이러한 이유 때문에, 상온 열전도도가 낮은 비교예 2의 공구수명이 2pass로 낮게 측정된 것으로 보인다.

[0070] 또한, 면저항값이  $9.0 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  이며 상온 열전도도값이 59W/mK인 비교예 3의 경우에는 공구수명이 비교예 1, 2보다는 높은 4pass를 나타냈으나, 실시예 1, 2와 비교했을 때 매우 낮은 공구수명을 보였다. 상기 비교예 3과 같이 복합 소결체의 면저항값이  $8 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}^2$  을 초과할 경우 질화, 탄화, 붕화, 산화물이 증가하고 CBN과 결합체 간 결합력이 증가하여 공구성능은 좋아질 수 있으나, 높은 저항으로 인하여 전기방전 절단시 부하가 발생할 수 있다. 전기방전 절단 시 높은 저항으로 인하여 발생한 부하는 소결체 내에서 방전 시 부하를 가중시키게 되고, 이는 공구의 결함을 유발하여 비교예 3의 공구수명이 저하된 것으로 판단된다.

#### [0071] (실시예 2) 복합 소결체의 체적 및 이중접합층 존재유무에 따른 공구수명 평가

[0072] 본 발명의 실시예에 따른 절삭공구용 복합 소결체 및 이를 이용한 절삭공구의 체적 및 이중접합층 존재유무에 따른 공구수명을 평가하기 위하여 하기와 같이 테스트하였다.

[0073] 본 실시예의 공구수명 테스트에서는 복합 소결체 제조 시 투입되는 소결체의 체적을 각각 다르게 하여 복합 소결체를 제작하였으며, 또한 비교예에서는 이중접합층이 존재하도록 복합 소결체와 WC층을 붙여 소결하여 제조한 복합소결체를 공구로 제작 후 절삭하여 공구수명 평가를 진행하였다. 절삭시험평가를 위한 피삭재는 형태가 원통형으로 길이 100mm, 지름 160mm 이며 단속날 부분이 2개가 있고, 각각 180도 간격으로 단속부가 존재하는 형태의 피삭재를 사용하였으며, 공구수명 측정을 위한 절삭시험 조건은 다음과 같다.

[0074] <절삭시험조건>

[0075] 피삭재 : SKD11

[0076] 공구형태 : CNGA120408

[0077] 절삭조건 : 절삭속도 200m/min, 이송속도 F0.5mm/rev, 절삭깊이 0.05mm

[0078] 다음으로 본 발명의 실시예 및 비교예의 실험조건을 설명한다.

[0079] 실시예 3은 복합 소결체의 CBN 평균 입자크기가  $0.75 \mu\text{m}$ , 체적이 65vol%, 상온 열전도도가 50W/mK이고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 경우의 공구수명을 측정한 실시예이다.

[0080] 실시예 4는 복합 소결체의 CBN 평균 입자크기가  $0.75 \mu\text{m}$ , 체적이 80vol%, 상온 열전도도가 65W/mK이고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 경우의 공구수명을 측정한 실시예이다.

[0081] 비교예 3은 복합 소결체의 CBN 평균 입자크기가  $0.75 \mu\text{m}$ , 체적이 65vol%, 상온 열전도도가 50W/mK이고 이중접합층이 존재하는 경우의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0082] 비교예 4는 복합 소결체의 CBN 평균 입자크기가 0.75  $\mu\text{m}$ , 체적이 95vol%, 상온 열전도도가 130W/mK이고, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 경우의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0083] 비교예 5는 복합 소결체의 CBN 평균 입자크기가 3.0  $\mu\text{m}$ , 체적이 70vol% 이고, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 경우의 공구수명을 측정한 비교예이다.

[0084] 하기 표 2는 실시예 3, 실시예 4, 비교예 3 내지 비교예 5의 체적 및 이중접합층 존재유무에 따른 공구수명 측정결과를 나타낸 테이블이다.

표 2

| 구분    | CBN 입자 크기 ( $\mu\text{m}$ ) | 체적(vol%) | 상온 열전도도 (W/mK) | 이중접합층 존재유무(유/무) | 공구수명(pass) |
|-------|-----------------------------|----------|----------------|-----------------|------------|
| 실시예 3 | 0.75                        | 65       | 50             | 무               | 11         |
| 실시예 4 | 0.75                        | 80       | 65             | 무               | 12         |
| 비교예 3 | 0.75                        | 65       | 50             | 유               | 6          |
| 비교예 4 | 0.75                        | 95       | 130            | 무               | 4          |
| 비교예 5 | 3.0                         | 70       | 55             | 무               | 7          |

[0086] 상기 표 2를 참조하면, 복합 소결체의 CBN 입자크기가 0.75 $\mu\text{m}$ , 체적이 65vol%, 상온 열전도도가 50W/mK이고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 실시예 3의 경우 공구수명이 11pass로 우수하게 나타났으며, 복합 소결체의 CBN 입자크기가 0.75 $\mu\text{m}$ , 체적이 80vol%, 상온 열전도도가 65W/mK이고 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어진 실시예 4의 경우 공구수명이 12pass로 우수하게 나타났다.

[0087] 반면에, 복합 소결체의 CBN 입자크기가 0.75 $\mu\text{m}$ , 체적이 65vol%, 상온 열전도도가 50W/mK이고 이중접합층이 존재하는 비교예 3의 경우에는 공구수명이 6pass로 낮게 나타났다. 일반적으로, 복합 소결체는 금속판인 WC 기관 위에 PCBN층을 올려 함께 소결하여 제조하는 것이 특징이나 이러한 방법으로 제조된 소결체는 비교예 3과 같이 WC 기관과 PCBN층 사이에 이중접합층이 존재한다. 비교예 3과 같이 이중접합층이 존재하는 복합 소결체는 절삭공정 시 이중접합층의 분리에 의한 박리현상이 일어날 수 있으며, 이중접합층 분리에 의한 박리현상이 일어나면 공구의 깨짐성이 높아지게 되어 공구의 수명이 단축된다. 따라서, 비교예 3의 공구수명이 낮은 것은 절삭공정 시 이중접합층 분리에 의한 박리현상으로 인하여 공구가 파손된 것이 원인이다.

[0088] 또한, 이중접합층이 없는 단일복합체로 이루어졌으나, 복합 소결체의 체적이 95vol%인 비교예 4의 경우에도 공구수명이 4pass로 낮게 나타났다. 복합 소결체의 체적이 85vol%를 초과하게 되면 경도가 높아지고 열적안정성이 낮아지며 입방정 질화붕소 입자간의 직접결합 가능성이 높아져 공구수명이 낮아지므로 바람직하지 않다. 입방정 질화붕소 입자간 직접결합이 상승하면 경도는 증가하지만 취성이 높아져 공구수명이 저하되는 문제가 발생할 수 있어 본 발명에서는 복합 소결체의 체적을 65~85vol%의 범위로 한정하고 있는 것이다. 비교예 4에는 복합 소결체의 체적이 높아 취성이 증가하여 절삭공정 시 공구수명이 낮게 측정된 것이다.

[0089] 또한, 복합 소결체의 CBN 입자크기가 3.0 $\mu\text{m}$ , 체적이 70vol%이고 이중접합층이 존재하지 않는 비교예 5의 공구수명은 7pass로 낮게 측정되었다. 상기 비교예 5와 같이 CBN 입자크기가 3 $\mu\text{m}$ 로 증가하게 되면 체적이 증가한 것과 비슷하게 취성이 높아져 파손으로 인한 공구수명이 낮아지게 된다. 따라서 소결체의 CBN의 입자크기는 0.01~1.5  $\mu\text{m}$ 가 적절하며 보다 더 바람직하게는 0.1~1.0 $\mu\text{m}$ 가 가장 적절하다.

[0090] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.