



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월20일
(11) 등록번호 10-2823688
(24) 등록일자 2025년06월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 35/5831 (2006.01) B23B 27/14 (2006.01)
B23B 27/20 (2006.01) C04B 35/63 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C04B 35/5831 (2013.01)
B23B 27/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7000996
- (22) 출원일자(국제) 2020년07월17일
심사청구일자 2023년03월07일
- (85) 번역문제출일자 2022년01월11일
- (65) 공개번호 10-2022-0035111
- (43) 공개일자 2022년03월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/027899
- (87) 국제공개번호 WO 2021/010472
국제공개일자 2021년01월21일
- (30) 우선권주장
JP-P-2019-133023 2019년07월18일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP1986141672 A
JP2019065513 A
JP2006169080 A
JP2009513471 A

- (73) 특허권자
스미토모덴키고교가부시킴이샤
일본 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4쵸메 5만33고
스미토모 덴코오 하드메탈 가부시킴이샤
일본 효고켄 이따미시 고타끼따 1쵸메 1방 1고
- (72) 발명자
오카무라 가즈미
일본 541-0041 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4-쵸메 5-33 스미토모 덴키 고교 가부시킴이샤 나이
아메미야 마유
일본 541-0041 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4-쵸메 5-33 스미토모 덴키 고교 가부시킴이샤 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 9 항

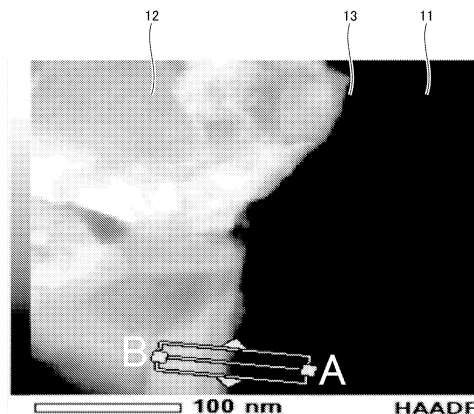
심사관 : 이민영

(54) 발명의 명칭 **입방정 질화붕소 소결체 및 절삭 공구**

(57) 요약

입방정 질화붕소 소결체는, 입방정 질화붕소 입자, 결합상(結合相) 및 개재상(介在相)을 포함한다. 개재상은, 입방정 질화붕소 입자와 결합상 사이에 개재된다. 개재상은, 알루미늄, 질소, 붕소 및 산소를 포함한다. 개재상에 포함되는 알루미늄의 원자 농도의 평균값과, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 합계는, 50.0 원자% 이상이다. 개재상에 포함되는 붕소의 원자 농도의 평균값에 대한, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 비는, 1.00을 초과한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23B 27/20 (2013.01)

C04B 35/6303 (2013.01)

C04B 41/81 (2013.01)

C04B 2235/3817 (2013.01)

C04B 2235/3856 (2013.01)

(72) 발명자

이시이 아키토

일본 541-0041 오사카후 오사카시 츄오쿠 기타하마
4-쵸메 5-33 스미토모 덴키 교교 가부시끼가이샤
나이

테구치 유카

일본 541-0041 오사카후 오사카시 츄오쿠 기타하마
4-쵸메 5-33 스미토모 덴키 교교 가부시끼가이샤
나이

구키노 사토루

일본 664-0016 효고켄 이타미시 고야키타 1쵸메
1-1 스미토모 덴코오 하드메탈 가부시끼가이샤 나
이

명세서

청구범위

청구항 1

입방정 질화붕소 입자, 결합상(結合相) 및 개재상(介在相)을 포함하는, 입방정 질화붕소 소결체로서,
 상기 입방정 질화붕소 입자는, 상기 입방정 질화붕소 소결체 중, 20 체적% 이상 80 체적% 이하를 차지하고,
 상기 결합상 및 상기 개재상의 체적 비율의 합계는, 상기 입방정 질화붕소 소결체의 체적 비율을 100 체적%로 했을 때에, 100 체적%로부터 상기 입방정 질화붕소 입자의 체적 비율을 뺀 수치이며,
 상기 결합상은, 화합물 및 고용체(固溶體)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 성분을 포함하고,
 상기 화합물 및 상기 고용체의 각각은, 제1 원소 및 제2 원소를 포함하며,
 상기 제1 원소는, 질소, 탄소, 붕소 및 산소로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이고,
 상기 제2 원소는, 주기표에서의 제4족 원소, 제5족 원소, 제6족 원소 및 알루미늄으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이며,
 상기 개재상은, 상기 입방정 질화붕소 입자와 상기 결합상 사이에 개재되고,
 상기 개재상은, 알루미늄, 질소, 붕소 및 산소를 포함하며,
 상기 개재상에 포함되는 알루미늄의 원자 농도의 평균값과, 상기 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 합계는, 50.0 원자% 이상이고,
 상기 개재상에 포함되는 붕소의 원자 농도의 평균값에 대한, 상기 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 비는, 1.00을 초과하며,
 상기 개재상의 두께 방향으로 원자 농도의 선 분석을 했을 때, 알루미늄의 원자 농도는 단일의 극대값을 가지며, 상기 개재상과 상기 결합상의 계면에서 알루미늄의 원자 농도는 상기 극대값의 절반인 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 개재상은, 탄소를 더 포함하고,
 상기 개재상의 두께 방향으로, 원자 농도의 선 분석을 했을 때,
 알루미늄의 원자 농도는, 단일의 극대값을 가지며,
 알루미늄의 원자 농도의 평균값에 대한, 탄소의 원자 농도의 평균값의 비는, 0.01 이상 0.30 이하인 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 입방정 질화붕소 입자는, 상기 입방정 질화붕소 소결체 중, 35 체적% 이상 75 체적% 미만을 차지하는 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 결합상은, 티탄을 포함하고,
 상기 결합상은, 지르코늄, 니오브, 몰리브덴, 하프늄, 탄탈 및 텅스텐으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이

상을 더 포함하는 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 개재상의 두께의 평균값은, 5 nm 이상 100 nm 이하인 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 개재상의 두께의 평균값은, 5 nm 이상 20 nm 이하인 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 결합상에 포함되는 상기 성분에, 산소가 고용되어 있는 것인, 입방정 질화붕소 소결체.

청구항 8

절삭 공구로서,

제1항 또는 제2항에 기재된 입방정 질화붕소 소결체를 포함하는 것인, 절삭 공구.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 절삭 공구는, 피복 절삭 공구이고,

상기 피복 절삭 공구는, 피막을 포함하며,

상기 피막은, 상기 입방정 질화붕소 소결체의 표면의 적어도 일부를 피복하는 것인, 절삭 공구.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 입방정 질화붕소 소결체 및 절삭 공구에 관한 것이다. 본 출원은, 2019년 7월 18일에 출원한 일본 특허 출원인 특허 출원 제2019-133023호에 기초한 우선권을 주장한다. 상기 일본 특허 출원에 기재된 모든 기재 내용은, 참조에 의해 본 명세서에 원용된다.

배경 기술

[0002] 일본 특허 공개 제2015-044259호 공보(특허문헌 1)는, 입방정 질화붕소 소결체를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허 공개 제2015-044259호 공보

발명의 내용

[0004] 본 개시의 입방정 질화붕소 소결체는, 입방정 질화붕소 입자, 결합상(結合相) 및 개재상(介在相)을 포함한다.

[0005] 입방정 질화붕소 입자는, 입방정 질화붕소 소결체 중, 20 체적% 이상 80 체적% 이하를 차지한다. 결합상 및 개재상의 체적 비율의 합계는, 입방정 질화붕소 소결체의 체적 비율을 100 체적%로 했을 때에, 100 체적%로부터 입방정 질화붕소 입자의 체적 비율을 뺀 수치이다.

- [0006] 결합상은, 화합물 및 고용체(固溶體)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 성분을 포함한다.
- [0007] 화합물 및 고용체의 각각은, 제1 원소 및 제2 원소를 포함한다. 제1 원소는, 질소, 탄소, 붕소 및 산소로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다. 제2 원소는, 주기표에서의 제4족 원소, 제5족 원소, 제6족 원소 및 알루미늄으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다.
- [0008] 개재상은, 입방정 질화붕소 입자와 결합상 사이에 개재된다. 개재상은, 알루미늄, 질소, 붕소 및 산소를 포함한다. 개재상에 포함되는 알루미늄의 원자 농도의 평균값과, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 합계는, 50.0 원자% 이상이다. 개재상에 포함되는 붕소의 원자 농도의 평균값에 대한, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 비는, 1.00을 초과한다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 실시형태에서의 cBN 소결체의 단면 화상의 일례이다.
- 도 2는 도 1의 화상에서의 Al의 매핑 결과이다.
- 도 3은 선 분석의 결과를 도시한 그래프이다.
- 도 4는 도 3에서의 Al의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 5는 도 3에서의 N의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 6은 도 3에서의 B의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 7은 도 3에서의 O의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 8은 도 3에서의 C의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 9는 본 실시형태에서의 cBN 소결체의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 10은 cBN 소결체의 반사 전자상(電子像)의 일례이다.
- 도 11은 도 10의 반사 전자상을 화상 처리 소프트웨어에 읽어들이는 화상이다.
- 도 12는 농도 단면 그래프를 설명하는 도면이다.
- 도 13은 흑색 영역 및 결합상의 규정 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 14는 흑색 영역과 결합상의 경계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 15는 도 10의 반사 전자상을 2치화 처리한 화상이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] [본 개시가 해결하고자 하는 과제]
- [0011] 입방정 질화붕소(cubic boron nitride, cBN) 소결체가, 절삭 공구에 사용된다. 본 명세서에서는, cBN 소결체를 포함하는 절삭 공구가 「cBN 공구」라고도 기재된다. cBN 소결체는, cBN 입자 및 결합상을 포함한다. cBN 입자는, cBN 소결체의 골격을 형성한다. 결합상은, 세라믹스 재료를 포함한다. 세라믹스 재료는, 예컨대, 질화티탄(TiN) 등을 포함한다.
- [0012] cBN 공구는, 소입강의 절삭 가공에 사용된다. 소입강은, 예컨대 자동차 부품(기어, 샤프트 및 베어링) 등에 사용된다. 소입강의 절삭 가공에서는, cBN 공구의 수명이 안정되지 않는 경향이 있다. 소입강 중에서도, 고강도 소입강의 절삭 가공에서는, cBN 공구의 수명이 특히 짧아지기 쉽다.
- [0013] 고강도 소입강은, 소입강의 내부에 경질 입자가 분산됨으로써 형성된다. 고강도 소입강의 절삭 가공에서는, 고강도 소입강에 포함되는 경질 입자에 의해, cBN 공구의 표면이 찰과(擦過)된다. 이에 의해 cBN 입자가 탈락될 수 있다. cBN 입자는, cBN 소결체의 골격을 형성한다. 골격의 일부가 탈락됨으로써, cBN 소결체에서 돌발적인 결손이 발생하는 경우가 있다. 또한, 골격의 일부가 탈락됨으로써, 여유면의 마모가 급속히 진전되는 경우가 있다. 그 결과, 절삭 저항이 급속히 증대되어, 결손이 발생하는 경우도 있다. 종래, cBN 공구의 수명의 관점에서, 고강도 소입강의 절삭 가공에서는, 예컨대 150 m/min 이하의 절삭 속도로, cBN 공구가 사용되는 경우가 많다.
- [0014] 본 개시의 목적은, cBN 공구의 수명을 향상시키는 것이다.

- [0015] [본 개시의 실시형태의 설명]
- [0016] 최초로, 본 개시의 실시양태가 열기(列記)된다. 여기서는, 본 개시의 실시양태의 개요가 설명된다.
- [0017] (1) 입방정 질화붕소 소결체는, 입방정 질화붕소 입자, 결합상 및 개재상을 포함한다.
- [0018] 입방정 질화붕소 입자는, 입방정 질화붕소 소결체 중, 20 체적% 이상 80 체적% 이하를 차지한다. 결합상 및 개재상의 체적 비율의 합계는, 입방정 질화붕소 소결체의 체적 비율을 100 체적%로 했을 때에, 100 체적%로부터 입방정 질화붕소 입자의 체적 비율을 뺀 수치이다.
- [0019] 결합상은, 화합물 및 고용체로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 성분을 포함한다.
- [0020] 화합물 및 고용체의 각각은, 제1 원소 및 제2 원소를 포함한다. 제1 원소는, 질소, 탄소, 붕소 및 산소로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다. 제2 원소는, 주기표에서의 제4족 원소, 제5족 원소, 제6족 원소 및 알루미늄으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다.
- [0021] 개재상은, 입방정 질화붕소 입자와 결합상 사이에 개재된다. 개재상은, 알루미늄, 질소, 붕소 및 산소를 포함한다. 개재상에 포함되는 알루미늄의 원자 농도의 평균값과, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 합계는, 50.0 원자% 이상이다. 개재상에 포함되는 붕소의 원자 농도의 평균값에 대한, 개재상에 포함되는 질소의 원자 농도의 평균값의 비는, 1.00을 초과한다.
- [0022] 고강도 소입장의 절삭 가공 중, cBN 소결체의 내부에서 균열이 발생하고, 또한 상기 균열이 전파됨으로써, 결손이 발생한다고 생각된다.
- [0023] 본 개시의 신지견에 의하면, 균열은, cBN 입자와 결합상의 계면을 선택적으로 통과한다. cBN 입자와 결합상의 계면에는, 취성 물질이 접재한다. 취성 물질은, 균열의 기점 또는 균열의 전파 경로가 될 수 있다고 생각된다. 취성 물질은, 예컨대, TiB_2 , AlB_2 , Al_2O_3 등일 수 있다. 취성 물질은, cBN 입자 및 결합재(결합상의 전구체)에서 유래한다고 생각된다.
- [0024] 본 개시의 cBN 소결체에서는, 상기한 취성 물질을 대신하여, cBN 입자와 결합상 사이에 개재상이 개재된다. 개재상은 특정 조성을 갖는다. 즉, 개재상은, 알루미늄(Al), 질소(N), 붕소(B) 및 산소(O)를 포함한다.
- [0025] 개재상의 주성분은, Al 및 N이다. 즉, 개재상에 포함되는 Al의 원자 농도의 평균값과, 개재상에 포함되는 N의 원자 농도의 평균값의 합계는, 50.0 원자% 이상이다. 이하, 본 명세서에서는, 상기 합계가 「합계 농도 $_{(Al+N)}$ 」라고도 기재된다.
- [0026] 개재상의 주성분이 Al 및 N이기 때문에, 개재상이 금속적인 연성(延性)을 가질 수 있다. 개재상은, 금속적인 연성에 의해, 외부로부터의 응력을 흡수할 수 있다. 개재상에 응력이 흡수됨으로써, 균열의 발생 및 균열의 전파가 억제된다고 생각된다.
- [0027] 또한, 개재상에 포함되는 B의 원자 농도의 평균값에 대한, 개재상에 포함되는 N의 원자 농도의 평균값의 비는, 1.00을 초과한다. 이하, 상기 비는 「농도비 $_{(N/B)}$ 」라고도 기재된다. 개재상에서, N의 원자 농도가 B의 원자 농도보다 높아짐으로써, cBN 입자와 결합상의 밀착력이 향상될 수 있다. 이에 의해, cBN 입자의 탈락이 억제될 수 있다.
- [0028] 개재상에 의한 응력의 흡수 작용과, 개재상에 의한 밀착력의 향상 작용이 상승(相乘)함으로써, cBN 소결체의 내결손성이 향상될 수 있다. 그 결과, cBN 공구의 수명이 향상될 수 있다.
- [0029] (2) 개재상은, 탄소를 더 포함하고 있어도 좋다. 개재상의 두께 방향으로, 원자 농도의 선 분석을 행했을 때, 알루미늄의 원자 농도는, 단일의 극대값을 갖는다. 알루미늄의 원자 농도의 평균값에 대한, 탄소의 원자 농도의 평균값의 비는, 0.01 이상 0.30 이하여도 좋다.
- [0030] 이하, 본 명세서에서는, Al의 원자 농도의 평균값에 대한, 탄소(C)의 원자 농도의 평균값의 비가, 「농도비 $_{(C/Al)}$ 」라고도 기재된다.
- [0031] 본 개시의 개재상에는, 결합재에서 유래하는 성분이 포함된다. 결합재에서 유래하는 성분 중, Al 이외의 금속 원소(예컨대 Ti, W 등)는, cBN 입자와의 밀착력이 낮은 경향이 있다. 따라서, 결합재에서 유래하는 성분 중, Al 이외의 금속 원소가, 개재상으로 확산됨으로써, cBN 입자와 결합상의 밀착력이 저하될 가능성이 있다.

- [0032] A1에 대해 특정량의 탄소가, 개재상에 포함되어 있음으로써, A1 이외의 금속 원소가 개재상으로 확산되는 것이 억제될 수 있다. 이에 의해, cBN 입자와 결합상의 밀착력이 향상될 수 있다.
- [0033] (3) 입방정 질화붕소 입자는, 입방정 질화붕소 소결체 중, 35 체적% 이상 75 체적% 미만을 차지하고 있어도 좋다.
- [0034] cBN 입자의 체적 비율이 높을수록, 내결손성이 향상되는 경향이 있다. 한편, cBN 입자의 체적 비율이 높을수록, 내마모성이 저하되는 경향이 있다. cBN 입자의 체적 비율이 35 체적% 이상 75 체적% 미만임으로써, cBN 소결체의 내부에서, cBN 입자끼리의 접촉 확률이 적당해질 수 있다. 그 결과, cBN 소결체의 내결손성 및 내마모성이 향상될 수 있다.
- [0035] (4) 결합상은, 티탄을 포함하고 있어도 좋다. 결합상은, 지르코늄, 니오브, 몰리브덴, 하프늄, 탄탈 및 텅스텐으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 더 포함하고 있어도 좋다.
- [0036] 결합상이 티탄(Ti)을 포함하고, 결합상이 니오브(Nb) 등을 더 포함함으로써, 결합상의 강도 및 결합상의 인성(韌性)이 향상될 수 있다. Nb 등에 의해 고용 강화가 발생하기 때문이라고 생각된다. 결합상이 고강도 및 고인성을 가짐으로써, cBN 소결체의 내마모성 및 내결손성이 향상될 수 있다.
- [0037] (5) 개재상의 두께의 평균값은, 5 nm 이상 100 nm 이하여도 좋다.
- [0038] 개재상의 두께의 평균값은, 5 nm 이상 100 nm 이하임으로써, cBN 공구의 수명이 향상될 수 있다.
- [0039] (6) 개재상의 두께의 평균값은, 5 nm 이상 20 nm 이하여도 좋다.
- [0040] 개재상의 두께의 평균값이 5 nm 이상 20 nm 이하임으로써, cBN 공구의 수명이 한층 더 향상될 수 있다.
- [0041] (7) 결합상에 포함되는 성분에, 산소가 고용되어 있어도 좋다.
- [0042] cBN 입자의 표면에는, 산화물층이 형성된다. 산화물층은 수 nm의 두께를 갖는다. 산화물층은, B₂O₃ 등을 포함한다고 생각된다. 종래, 결합재에는, TiN, TiCN 등의 질화물이 사용된다. 소결 시, 산화물층(B₂O₃)과 결합재(TiN, TiCN 등)가 반응함으로써, cBN 입자와 결합재의 계면에 취성 물질(TiB₂ 등)이 생성된다고 생각된다.
- [0043] 본 개시의 신프로세스에서는, 예컨대, 취성 물질 대신에, 상기한 개재상이 형성된다. 본 개시의 신프로세스의 하나에서는, 결합재의 원료로서 산화물이 사용될 수 있다. 결합재(결합상의 전구체)의 원료에 산화물이 사용되고 있음으로써, 최종 제품의 결합상에, 미량의 산소가 고용된 상태가 된다고 생각된다.
- [0044] 종래, 예컨대, cBN 소결체의 원료 분말이 분쇄될 때에, 입자의 표면이 산화됨으로써, cBN 소결체에 산소가 도입되는 경우가 있었다. 그러나, 이와 같이 하여 도입된 산소는, 소결성 및 결합력에 악영향을 미칠 가능성이 있었다. 한편, 본 개시의 신프로세스에 의해, 결합상에 고용된 산소에는, 결합상의 고용 강화를 기대할 수 있다.
- [0045] (8) 본 개시의 절삭 공구는, 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 하나에 기재된 입방정 질화붕소 소결체를 포함한다. 본 개시의 절삭 공구, 즉 cBN 공구는, 예컨대 고강도 소입장의 가공에 있어서, 장수명을 가질 수 있다.
- [0046] (9) 상기 (8)에 기재된 절삭 공구는, 피복 절삭 공구여도 좋다. 피복 절삭 공구는, 피막을 포함한다. 피막은, 입방정 질화붕소 소결체의 표면의 적어도 일부를 피복한다.
- [0047] [본 개시의 효과]
- [0048] 본 개시에 의하면, cBN 공구의 수명이 향상될 수 있다.
- [0049] [본 개시의 실시형태의 상세]
- [0050] 이하, 본 개시의 실시형태(본 명세서에서는 「본 실시형태」라고 기재됨)의 상세한 내용이 설명된다. 단, 이하의 설명은, 청구의 범위를 한정하는 것이 아니다.
- [0051] <cBN 소결체>
- [0052] 도 1은 본 실시형태에서의 cBN 소결체의 단면 화상의 일례이다.
- [0053] 입방정 질화붕소(cBN) 소결체는, 입방정 질화붕소(cBN) 입자(11), 결합상(12) 및 개재상(13)을 포함한다. 개재상(13)은, cBN 입자(11)와 결합상(12) 사이에 개재된다. cBN 소결체는, 실질적으로, cBN 입자(11), 결합상(12) 및 개재상(13)만을 포함하고 있어도 좋다.

- [0054] 《개재상》
- [0055] 도 1의 단면 화상은, HAADF-STEM(high-angle annular dark field scanning transmission electron microscope: 고각 환형 암시야 주사 투과 전자 현미경)상이다. 도 1에는, cBN 입자(11)와 결합상(12)의 계면이 도시되어 있다. 본 실시형태에서는, 이하의 순서에 의해, 개재상(13)이 특정된다.
- [0056] 예컨대, FIB(focused ion beam: 집속 이온빔) 장치에 의해, cBN 소결체로부터 단면 시료가 채취된다. STEM에 의해, 단면 시료가 관찰된다. 관찰 배율은, 예컨대 50만배 정도이다. 무작위로 추출된 5개소에서, HAADF상이 각각 촬영된다. 또한 STEM에 부속되어 있는 EDX(energy dispersive x-ray spectroscopy: 에너지 분산 X-선 분광기)에 의해, 동 5개소에서, 원소 매핑이 각각 실시된다. 또한, 여기서는 촬영 개소가 5개소로 되어 있으나, 5개소는 어디까지나 일례이다. 촬영 개소의 수는, 평균적인 조직 정보가 얻어지도록, 충분한 수로 될 수 있다. 촬영 개소의 수가 지나치게 적으면, 무작위로 추출된 개소 중에, 특이한 개소가 포함되어 있던 경우, 평균적인 조직 정보가 얻어지지 않을 가능성이 있다.
- [0057] 도 2는 도 1의 화상에서의 Al의 매핑 결과이다.
- [0058] Al은, cBN 입자(11)와 결합상(12)의 계면에 균일하게 분포되어 있다.
- [0059] 또한, cBN 입자(11)와 결합상(12)의 계면이 연장되는 방향에 대해, 실질적으로 직교하는 방향으로, EDX의 선 분석이 실시된다. 즉, 도 1의 A 지점과 B 지점을 연결하는 직선 (A-B) 상에서, 다원소 동시 분석이 실시된다. 직선의 길이는, 0.1004 μm 이다. 직선 (A-B) 상에서, 인접하는 측정점끼리의 간격은, 0.0024 μm 이다. 측정 개수는 43점이다. 또한, cBN 입자(11)와 결합상(12)의 계면이 연장되는 방향에 대해, 실질적으로 직교하는 방향은, 개재상(13)의 두께 방향에 상당한다.
- [0060] 도 3은 선 분석의 결과를 도시한 그래프이다.
- [0061] 본 실시형태의 개재상(13)은, 비화학량론적 화합물을 포함한다고 생각된다. 개재상(13)은, Al, N, B 및 O를 포함한다. 개재상(13)은, 실질적으로 Al, N, B 및 O만을 포함하고 있어도 좋다. 개재상(13)은, 예컨대 C 등을 더 포함하고 있어도 좋다.
- [0062] 도 4는 도 3에서의 Al의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- [0063] 도 5는 도 3에서의 N의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- [0064] 도 6은 도 3에서의 B의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- [0065] 도 7은 도 3에서의 O의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- [0066] 도 8은 도 3에서의 C의 원자 농도 분포를 도시한 그래프이다.
- [0067] (개재상의 특징)
- [0068] 도 4에 도시된 바와 같이, 선 분석에서, Al의 원자 농도가, 단일의 극대값을 갖는다. Al의 원자 농도가 극대값을 나타내는 위치의 양측에서, Al의 원자 농도가 극대값의 반가가 되는 위치가, 2개소 특정된다. 2개소 중, A 지점에 가까운 측의 위치가, cBN 입자(11)와 개재상(13)의 계면으로 정의된다. 이하, cBN 입자(11)와 개재상(13)의 계면이 「제1 계면」이라고도 기재된다. 2개의 위치 중, B 지점에 가까운 측의 위치가, 개재상(13)과 결합상(12)의 계면으로 정의된다. 이하, 개재상(13)과 결합상(12)의 계면이 「제2 계면」이라고도 기재된다.
- [0069] 제1 계면으로부터 제2 계면까지의 영역이 개재상(13)이다. 개재상(13)에 포함되는 측정점이 특정된다. 도 1 내지 도 8의 예에서는, 개재상(13)의 두께가 9.6 nm이다. 5점의 측정점이 개재상(13)에 포함되어 있다. 개재상(13)의 두께에 따라, 개재상(13)에 포함되는 측정점의 개수는 변화한다.
- [0070] 개재상(13)에 포함되는 5점의 각 측정점에서의, Al의 원자 농도가 평균된다. 이에 의해, Al의 원자 농도의 평균값이 얻어진다. 마찬가지로, N의 원자 농도의 평균값, B의 원자 농도의 평균값, 및 C의 원자 농도의 평균값이 각각 취득된다. 또한 본 명세서에서, 「평균값」은, 특별히 언급이 없는 한, 산술 평균을 나타낸다.
- [0071] (합계 농도_(Al+N))
- [0072] 본 실시형태의 개재상(13)에서, Al의 원자 농도의 평균값과, N의 원자 농도의 평균값의 합계(즉 「합계 농도_(Al+N)」)는, 50.0 원자% 이상이다. 즉, 개재상(13)의 주성분은 Al 및 N이다. 그 때문에, 개재상(13)은, 외부로부

터의 응력을 흡수할 수 있다고 생각된다.

- [0073] 본 실시형태에서 합계 농도_(A1+N)는, 소수 제1 자리까지 유효하다. 소수 제2 자리 이하는 반올림된다. 합계 농도_(A1+N)는, 예컨대 50.0 원자% 이상 75.2 원자% 이하여도 좋다. 합계 농도_(A1+N)는, 예컨대 60.5 원자% 이상 65.0 원자% 이하여도 좋다.
- [0074] (농도비_(N/B))
- [0075] 본 실시형태의 개재상(13)에서는, B의 원자 농도의 평균값에 대한, N의 원자 농도의 평균값의 비(즉 「농도비_(N/B)」)가, 1.00을 초과한다. 이에 의해, cBN 입자(11)와 결합상(12)의 밀착력이 향상될 수 있다.
- [0076] 본 실시형태에서 농도비_(N/B)는, 소수 제2 자리까지 유효하다. 소수 제3 자리 이하는 반올림된다. 농도비_(N/B)는, 예컨대, 1.21 이상 3.90 이하여도 좋다. 농도비_(N/B)는, 예컨대, 1.70 이상 3.10 이하여도 좋다. 농도비_(N/B)는, 예컨대, 2.00 이상 2.50 이하여도 좋다.
- [0077] (농도비_(C/A1))
- [0078] 본 실시형태의 개재상(13)에서는, A1의 원자 농도의 평균값에 대한, C의 원자 농도의 평균값의 비(즉 「농도비_(C/A1)」)가, 예컨대, 0.01 이상 0.30 이하여도 좋다. 이에 의해 A1 이외의 금속 원소(예컨대 Ti 등)가, 결합상(12)으로부터 개재상(13)으로 확산되는 것이 억제될 수 있다.
- [0079] 본 실시형태에서 농도비_(C/A1)는, 소수 제2 자리까지 유효하다. 소수 제3 자리 이하는 반올림된다. 농도비_(C/A1)는, 예컨대 0.03 이상 0.28 이하여도 좋다. 농도비_(C/A1)는, 예컨대 0.03 이상 0.26 이하여도 좋다. 농도비_(C/A1)는, 예컨대 0.03 이상 0.18 이하여도 좋다. 농도비_(C/A1)는, 예컨대 0.18 이상 0.30 이하여도 좋다.
- [0080] (두께의 평균값)
- [0081] 개재상(13)의 두께는, 직선 (A-B) 상에서의 제1 계면과 제2 계면과의 거리이다. 두께는, 예컨대 5개소에서 측정된다. 5개소의 두께의 평균이 「두께의 평균값」이다. 두께의 평균값은, 정수부만 유효하다. 소수점 이하는 반올림된다.
- [0082] 두께의 평균값은, 예컨대 4 nm 이상 120 nm 이하여도 좋다. 두께의 평균값은, 예컨대 5 nm 이상 100 nm 이하여도 좋다. 개재상(13)의 두께의 평균값이 5 nm 이상 100 nm 이하임으로써, cBN 공구의 수명이 향상될 수 있다. 두께의 평균값은, 예컨대 5 nm 이상 50 nm 이하여도 좋다. 두께의 평균값은, 예컨대 5 nm 이상 20 nm 이하여도 좋다. 개재상(13)의 두께의 평균값이 5 nm 이상 20 nm 이하임으로써, cBN 공구의 수명이 한층 더 향상될 수 있다. 두께의 평균값은, 예컨대 7 nm 이상 11 nm 이하여도 좋다. 두께의 평균값은, 예컨대 11 nm 이상 20 nm 이하여도 좋다.
- [0083] 《결합상》
- [0084] 결합상(12)은, cBN 입자(11)끼리를 결합하고 있다. cBN 소결체에서, 결합상(12)은, 개재상(13)과 함께, cBN 입자(11)의 잔부를 차지하고 있다. 즉, 결합상(12) 및 개재상(13)의 합계가, cBN 소결체 중, cBN 입자(11)의 잔부를 차지하고 있다. 결합상(12) 및 개재상(13)의 체적 비율의 합계는, cBN 소결체의 체적 비율을 100 체적%로 했을 때에, 100 체적%로부터 cBN 입자(11)의 체적 비율을 뺀 수치이다. 결합상(12) 및 개재상(13)의 합계는, cBN 소결체 중, 예컨대, 20 체적% 이상 80 체적% 이하를 차지하고 있어도 좋다.
- [0085] 결합상(12)은, 1종 이상의 성분을 포함한다. 결합상(12)은, 실질적으로 1종의 성분만을 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)은, 2종 이상의 성분을 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)에 포함되는 성분은, 화합물 및 고용체로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함한다. 즉, 결합상(12)은, 화합물 및 고용체로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 성분을 포함한다. 결합상(12)은, 실질적으로 화합물만을 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)은, 실질적으로 고용체만을 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)은, 화합물 및 고용체의 양방을 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)의 조성은, 예컨대, XRD(x-ray diffraction: X-선 회절) 및 EDX에 의해 특정될 수 있다.
- [0086] 결합상(12)에 포함되는 화합물 및 고용체는, 모두 제1 원소 및 제2 원소를 포함한다. 화합물 및 고용체는, 각각 독립적으로, 제1 원소 및 제2 원소를 포함한다. 화합물에 포함되는 제1 원소 및 제2 원소의 조합과, 고용체에 포함되는 제1 원소 및 제2 원소의 조합은, 동일해도 좋고, 상이해도 좋다. 제1 원소는 비금속 원소이다. 제1 원

소는, 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 및 산소(O)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다. 즉, 화합물 및 고용체는, 질화물이어도 좋고, 탄화물이어도 좋으며, 붕화물이어도 좋고, 산화물이어도 좋다. 화합물 및 고용체는, 예컨대, 탄화물이고, 또한 질화물이어도 좋다. 즉, 화합물 및 고용체는, 예컨대, 탄질화물 등이어도 좋다.

[0087] 제2 원소는 금속 원소이다. 제2 원소는, 주기표에서의 제4족 원소, 제5족 원소, 제6족 원소 및 Al로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다. 제4족 원소는, 예컨대, 티탄(Ti), 지르코늄(Zr) 및 하프늄(Hf)으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이어도 좋다. 제5족 원소는, 예컨대, 바나듐(V), 니오브(Nb) 및 탄탈(Ta)로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이어도 좋다. 제6족 원소는, 예컨대, 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo) 및 텅스텐(W)으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이어도 좋다.

[0088] 결합상(12)은, Ti를 포함하고 있어도 좋다. 결합상(12)은, Ti에 더하여, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta 및 W로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 더 포함하고 있어도 좋다. 이에 의해, 결합상의 강도 및 결합상의 인성이 향상될 수 있다.

[0089] 결합상은, 예컨대, TiCN, TiNbN, TiB₂, Al 화합물(예컨대 Al₂O₃, AlN 등), TiNbCN, TiZrCN, TiMoCN, TiNbZrCN, TiHfCN, TiTaCN, 및 TiWCN으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하고 있어도 좋다.

[0090] 또한, 본 명세서에서의 조성식은, 그 식에 나타나는 원자비만으로 한정되어서는 안 된다. 조성식은, 종래 공지된 모든 원자비를 포함한다고 해석되어야 한다. 조성식은, 예컨대 비화학량론비도 포함한다고 해석되어야 한다. 예컨대 「TiCN」에서의 Ti, C 및 N의 원자비는, 「Ti:C:N=1:0.5:0.5」만으로 한정되지 않는다. 또한, 본 명세서에서의 조성식은, 화합물의 조성뿐만이 아니라, 고용체의 조성도 나타낸다. 고용체는, 침입형 고용체여도 좋고, 치환형 고용체여도 좋다.

[0091] 결합상(12)에 포함되는 성분은, 산소(O)가 고용되어 있어도 좋다. 고용되어 있는 산소는, 결합상[결합상(12)의 전구체]의 원료에서 유래하는 산소여도 좋다. 산소의 고용에 의해, 결합상(12)의 강도 및 결합상(12)의 인성이 향상될 수 있다. 고용되어 있는 산소는, 예컨대 STEM에 부속되어 있는 EDX에 의해 검출될 수 있다. 고용되어 있는 산소는, 결합상(12) 중, 예컨대 1.0 원자% 이상 5.0 원자% 이하를 차지하고 있어도 좋다.

[0092] 《cBN 입자》

[0093] cBN 입자(11)는, cBN 소결체의 골격을 형성하고 있다. cBN 입자(11)는, cBN을 포함한다. cBN 입자(11)는, 예컨대 불순물 등을 미량으로 포함하고 있어도 좋다. cBN 입자(11)는, 예컨대 우르츠광형 질화붕소(wurtzite boron nitride, wBN) 등을 미량으로 포함하고 있어도 좋다. cBN 입자(11)는, 실질적으로, cBN만을 포함하고 있어도 좋다.

[0094] cBN 입자(11)는, cBN 소결체 중, 20 체적% 이상 80 체적% 이하를 차지한다. cBN 입자(11)의 체적 비율은, 정수 부만 유효하다. 소수점 이하는 반올림된다. 체적 비율의 측정 방법은, 후술된다. cBN 입자(11)의 체적 비율이 20 체적% 미만이면, cBN 공구에 충분한 수명을 기대할 수 없다. cBN 입자(11)는 cBN 소결체의 골격의 역할을 하기 때문에, cBN 입자(11)끼리의 접촉 확률이 과도하게 낮으면 내결손성이 저하된다고 생각된다. cBN 입자(11)의 체적 비율이 80 체적%를 초과하면, cBN 공구에 충분한 수명을 기대할 수 없다. cBN 입자(11)끼리의 접촉 확률이 과도하게 높아짐으로써, cBN 입자(11)와 결합상(12) 사이에 개재되는 개재상(13)이 상대적으로 감소하기 때문이라고 생각된다. cBN 입자(11)의 체적 비율은, 예컨대 35 체적% 이상 75 체적% 미만이어도 좋다. 상기 범위에서, cBN 입자(11)끼리의 접촉 확률이 적당해질 수 있다. 그 결과, cBN 입자(11)와 결합상(12) 사이에 개재되는 개재상(13)의 효과가 커져, cBN 소결체의 내결손성 및 내마모성이 향상될 수 있다. cBN 입자(11)의 체적 비율은, 예컨대 45 체적% 이상 70 체적% 이하여도 좋다. cBN 입자(11)의 체적 비율은, 예컨대 45 체적% 이상 60 체적% 이하여도 좋다.

[0095] cBN 입자(11)는, 예컨대 0.1 μm 이상 10 μm 이하의 평균 입경을 갖고 있어도 좋다. cBN 입자(11)는, 예컨대 1 μm 이상 5 μm 이하의 평균 입경을 갖고 있어도 좋다. 「cBN 입자(11)의 입경」은, cBN 소결체의 단면 화상에서의 cBN 입자(11)의 원 상당 직경을 나타낸다. 「cBN 입자(11)의 평균 입경」은, 예컨대 10개 이상의 cBN 입자(11)의 입경의 산술 평균이다. 10개 이상의 cBN 입자(11)는, cBN 소결체의 단면 화상으로부터 무작위로 추출된다.

[0096] (체적 비율의 측정 방법)

[0097] cBN 입자의 체적 비율은, SEM(scanning electron microscope: 주사 전자 현미경)에 의해 측정될 수 있다. 예컨대, 니혼 덴시사 제조의 「JSM-7800F」 등이 사용되어도 좋다. 동 장치와 동등한 기능을 갖는 장치가, 사용되어

도 좋다.

- [0098] cBN 입자의 체적 비율의 측정 방법은, 하기와 같다.
- [0099] cBN 소결체가 임의의 위치에서 절단된다. 절단면에, 예컨대 CP(cross section polisher: 단면 연마기) 가공 등이 실시된다. 이에 의해 단면 시료가 준비된다. 단면 시료가, SEM의 반사 전자 모드에 의해 관찰된다. 이에 의해, 반사 전자상이 얻어진다. 관찰 배율은, 예컨대 5000배 정도일 수 있다. 반사 전자상에서는, cBN 입자가 존재하는 영역이 흑색 영역이 되고, 결합상이 존재하는 영역이 회색 영역 또는 백색 영역이 된다.
- [0100] 다음으로, 반사 전자상에 대해 화상 해석 소프트웨어(미타니 쇼지사 제조의 「WinROOF」)를 이용한 2치화 처리가 실행된다. 2치화 처리 후의 화상으로부터, 측정 시야의 면적에 차지하는 암시야(暗視野)에서 유래하는 화소(cBN 입자에서 유래하는 화소)의 면적 비율이 산출된다. 산출된 면적 비율이, cBN 입자의 체적 비율로 간주된다.
- [0101] 예컨대, 2치화 처리 후의 화상으로부터, 측정 시야의 면적에 차지하는 명시야(明視野)에서 유래하는 화소(결합상에서 유래하는 화소)의 면적 비율이 산출됨으로써, 결합상의 체적 비율이 산출되어도 좋다.
- [0102] 2치화 처리의 구체적인 방법이, 도 10 내지 도 15를 이용하여 설명된다.
- [0103] 도 10은 cBN 소결체의 반사 전자상의 일레이다. 상기 반사 전자상이 화상 처리 소프트웨어에 읽어들이어진다. 읽어들이어진 화상이 도 11에 도시된다. 도 11에 도시된 바와 같이, 읽어들이어진 화상 내에서, 임의의 라인(Q1)이 설정된다.
- [0104] 라인(Q1)을 따라, 농도가 측정됨으로써, GRAY값이 판독된다. 라인(Q1)을 X 좌표로 하고, GRAY값을 Y 좌표로 한 그래프(이하 「농도 단면 그래프」라고도 기재됨)가 제작된다. cBN 소결체의 반사 전자상과, 상기 반사 전자상의 농도 단면 그래프가 도 12에 도시된다. 도 12에서는, 위의 화상이 반사 전자상이고, 아래의 그래프가 농도 단면 그래프이다. 도 12에서, 반사 전자상의 폭과 농도 단면 그래프의 X 좌표의 폭(23.27 μm)은 일치하고 있다. 따라서, 반사 전자상에서의 라인(Q1)의 좌측 단부로부터, 라인(Q1) 상의 특정한 위치까지의 거리는, 농도 단면 그래프의 X 좌표의 값으로 나타난다.
- [0105] 도 12의 반사 전자상에서 cBN 입자가 존재하는 흑색 영역이, 임의로 3개소, 선택된다. 흑색 영역은, 예컨대, 도 13의 반사 전자상에서, 부호 c의 타원으로 도시된 부분이다.
- [0106] 상기 3개소의 흑색 영역의 각각의 GRAY값이, 농도 단면 그래프로부터 판독된다. 상기 3개소의 흑색 영역의 각각의 GRAY값은, 도 13의 농도 단면 그래프에서, 부호 c의 타원으로 둘러싸이는 3개소의 각 부분에서의 GRAY값의 평균값으로 된다. 상기 3개소의 각각의 GRAY값의 평균값이 산출된다. 상기 평균값이 cBN의 GRAY값(이하 「G_{cbn}」이라고도 기재됨)으로 된다.
- [0107] 도 12의 반사 전자상에서 회색으로 나타나는 결합상이 존재하는 영역이, 임의로 3개소, 선택된다. 결합상은, 예컨대, 도 13의 반사 전자상에서, 부호 d의 타원으로 도시된 부분이다.
- [0108] 상기 3개소의 결합상의 각각의 GRAY값이, 농도 단면 그래프로부터 판독된다. 상기 3개소의 결합상의 각각의 GRAY값은, 도 13의 농도 단면 그래프에서, 부호 d의 타원으로 둘러싸이는 3개소의 각 부분에서의 GRAY값의 평균값으로 된다. 상기 3개소의 각각의 GRAY값의 평균값이 산출된다. 상기 평균값이 결합상의 GRAY값(이하, 「G_{binder}」라고도 기재됨)으로 된다.
- [0109] (G_{cbn}+G_{binder})/2로 나타나는 GRAY값이, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면의 GRAY값으로 규정된다. 예컨대, 도 13의 농도 단면 그래프에서, 흑색 영역(cBN 입자)의 GRAY값(G_{cbn})은, 라인(G_{cbn})으로 도시된다. 결합상의 GRAY값(G_{binder})은, 라인(G_{binder})으로 도시된다. (G_{cbn}+G_{binder})/2로 나타나는 GRAY값은, 라인(G1)으로 도시된다.
- [0110] 상기한 바와 같이, 농도 단면 그래프에서, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면을 규정함으로써, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면에서의 X 좌표 및 Y 좌표의 값이 판독된다. 도 14의 반사 전자상에서, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면은, 부호 e의 타원으로 도시된 부분이다. 도 14의 농도 단면 그래프에서, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면은, 화살표 e로 도시된 부분이다. 상기 화살표 e에서의 X 좌표 및 Y 좌표의 값이, 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면에서의 X 좌표 및 Y 좌표의 값에 해당한다. 또한, 계면은 임의로 설정될 수 있다. 도 14의 예에서는, 계면을 포함하는 부분이 타원 e로서 도시되어 있다.
- [0111] 흑색 영역(cBN 입자)과 결합상의 계면에서의, X 좌표 및 Y 좌표의 값이 임계값으로 됨으로써, 2치화 처리가 실행된다. 2치화 처리 후의 화상이 도 15에 도시된다. 도 15 중, 점선으로 둘러싸인 범위가, 2치화 처리가 실시된

영역이다. 또한, 2차화 처리 후의 화상에는, 명시야(회색 영역) 및 암시야(흑색 영역)에 더하여, 백색 영역이 포함되는 경우가 있다. 상기 백색 영역은, 2차화 처리 전의 화상에서 백색으로 표시되어 있던 영역이다.

- [0112] 도 15에서, 측정 시야의 면적에 차지하는 암시야에서 유래하는 화소(cBN 입자에서 유래하는 화소)의 면적 비율이 산출된다. 산출된 면적 비율이, cBN 입자의 체적 비율로 간주된다.
- [0113] 예컨대, 도 15에서, 측정 시야의 면적에 차지하는 명시야에서 유래하는 화소(결합상에서 유래하는 화소)의 면적 비율이 산출됨으로써, 결합상의 체적 비율이 산출되어도 좋다.
- [0114] <cBN 소결체의 제조 방법>
- [0115] 본 실시형태의 cBN 소결체는, 예컨대, 이하의 제조 방법에 의해 제조될 수 있다.
- [0116] 도 9는 본 실시형태에서의 cBN 소결체의 제조 방법을 도시한 흐름도이다. 본 실시형태의 cBN 소결체의 제조 방법은, 「(A) 결합재의 조제」, 「(B) 원료 분말의 조제」 및 「(C) 소결」을 포함한다.
- [0117] 본 실시형태에서는, 개재상이 형성되도록, 특정 조성의 결합재가 사용되어도 좋다. 개재상이 형성되도록, cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다. 특정 조성의 결합재가 사용되고, 또한 cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다.
- [0118] 《(A) 결합재의 조제》
- [0119] 본 실시형태에서는, 제1 재료와 제2 재료가 혼합됨으로써, 결합재가 조제된다. 결합재는, 결합상의 전구체이다. 제1 재료와 제2 재료의 혼합비는, 목적의 결합상의 조성에 따라 적절히 변경될 수 있다. 제1 재료와 제2 재료의 혼합비는, 예컨대 「제1 재료:제2 재료=1:3 내지 3:1(질량비)」이어도 좋다.
- [0120] (제1 재료)
- [0121] 제1 재료는, 결합상의 주성분이 되는 재료이다. 제1 재료는 「주결합재」라고도 칭해진다. 제1 재료는, 예컨대, TiC, TiN 및 TiCN으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하고 있어도 좋다.
- [0122] 제1 재료는, 후술하는 제2 재료와의 사이에서, 원소의 상호 확산이 발생하기 어려운 것이 바람직하다. 원소의 상호 확산이 발생하기 어려움으로써, 제2 재료와 cBN 입자의 반응이 촉진되어, 개재상의 형성이 촉진되기 때문이다.
- [0123] 제1 재료는, 예컨대, 「식 (I): TiMCN」에 의해 표시되는 조성을 갖고 있어도 좋다. 단 식 (I) 중, M은, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta 및 W로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상이다.
- [0124] 예컨대, TiCN 등에, M(Nb 등)을 강제적으로 고용시킴으로써, 제1 재료가 조제되어도 좋다. M의 고용의 결과, 결정 구조가 왜곡된다고 생각된다. 그 때문에, 소결 시에, 제2 재료와의 사이에서, 원소의 상호 확산이 발생하기 어려워진다고 생각된다.
- [0125] 상기 식 (I)의 조성을 갖는 제1 재료는, 예컨대, 다음 순서에 의해 조제된다. 예컨대, TiO₂ 분말, M(Nb 등)의 산화물의 분말, 및 탄소 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제된다. 혼합비는, 예컨대 「TiO₂:M의 산화물:탄소=65:17:18(질량비)」이어도 좋다. 예컨대, 환원 분위기 하에서, 혼합 분말이 열처리된다. 환원 분위기는, 예컨대 질소 분위기여도 좋다. 열처리 온도는, 예컨대 1800℃ 이상 2200℃ 이하여도 좋다. 열처리 시간은, 예컨대 60분 정도여도 좋다. 열처리에 의해, 상기 식 (I)의 조성을 갖는 단상(單相) 화합물이 생성될 수 있다. 또한, 예컨대 습식 분쇄법에 의해, 단상 화합물의 평균 입경이 조정된다.
- [0126] 일반적인 제1 재료(TiC, TiN, TiCN 등)의 합성 시의 열처리 온도는, 1500℃ 이하이다. 이 온도는, 소결 온도(1200℃ 내지 1800℃ 정도)에 가까운 온도이다. 상기한 제1 재료는, 예컨대 1800℃ 이상 2200℃ 이하의 온도에서 열처리된다. 즉, 본 실시형태에서의 제1 재료는, 소결 온도 이상의 온도에서 열처리될 수 있다. 사전에, 소결 온도 이상의 온도에서 열처리됨으로써, 실제의 소결 시에 제1 재료로부터의 원소 확산이 억제될 수 있다.
- [0127] 상기한 제1 재료는, 원료에 산화물이 사용된다. 원료에 포함되는 산소가, 결합상의 구성 성분에 고용됨으로써, 결합상의 고용 강화에 기여할 수 있다.
- [0128] (제2 재료)
- [0129] 제2 재료는, 제1 재료와 cBN 입자를 결합하는 성분이다. 제2 재료는 「부결합재」라고도 칭해진다. 종래, 예컨대, Ti, Al, TiAl, TiAl₃ 등의 금속간 화합물이, 제2 재료로서 사용된다. 이에 대해, 본 실시형태에서의 제2 재

료는, 예컨대 Ti_2AlC 등의 탄화물, Ti_2AlN 등의 질화물, 및, Ti_2AlCN 등의 탄질화물로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종을 포함할 수 있다.

[0130] cBN 입자의 표면에는, B_2O_3 등의 산화물이 존재하고 있다고 생각된다. Ti_2AlC 등의 탄화물, Ti_2AlN 등의 질화물 및 Ti_2AlCN 등의 탄질화물은, 소결 시에, 산화물(B_2O_3 등)의 분해를 촉진하는 것이 기대된다. 또한, 산화물의 분해에 의해 발생하는 산소는, 탄화물 및 탄질화물에 포함되는 탄소에 의해 환원될 수 있다. 환원 반응에 의해 발생하는 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO_2) 등은, 가스이기 때문에, 계 밖으로 용이하게 배출될 수 있다. 또한, 환원 반응의 과정에서, cBN 입자의 표면으로 탄소가 확산됨으로써, cBN 입자의 표면의 젖음성이 향상되는 것이 기대된다. 젖음성의 향상에 의해, cBN 입자의 표면에, Al이 얇고 또한 균일하게 분포되게 된다. 그 결과, cBN 입자와 결합상의 밀착력이 향상되는 것이 기대된다.

[0131] 또한, 탄소에 의해, Al 이외의 금속 원소가 개재상으로 확산되는 것이 저해될 수 있다. 이에 의해 cBN 입자와 결합상의 밀착력이 향상되는 것이 기대된다.

[0132] Ti_2AlC 는, 예컨대, 다음 순서로 조제된다. 예컨대, Ti 분말, Al 분말 및 TiC 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제된다. 혼합비는, 예컨대 「Ti:Al:TiC=37:22:41(질량비)」 이어도 좋다. 예컨대, 진공 분위기 하에서, 혼합 분말이 열처리된다. 열처리 온도는, 예컨대, $1500^{\circ}C$ 정도여도 좋다. 열처리 시간은, 예컨대 30분 정도여도 좋다. 열처리에 의해, 예컨대, Ti_2AlC 의 단상 화합물이 생성될 수 있다. 또한, 예컨대 습식 분쇄법에 의해, 단상 화합물의 평균 입경이 조정된다.

[0133] 《(B) 원료 분말의 조제》

[0134] 본 실시형태에서는, cBN 입자와 결합재가 혼합됨으로써, 원료 분말이 조제된다. 예컨대 습식 혼합에 의해, cBN 입자와 결합재가 혼합될 수 있다. 습식 혼합에서의 매체는, 예컨대 에탄올 등이어도 좋다. 혼합 후, 원료 분말이 자연 건조되어도 좋다. 혼합 후, 혼합 분말에 탈(脫)가스 처리가 실시되어도 좋다. 탈가스 처리에서는, 예컨대 진공 분위기 하에서, 원료 분말이 $900^{\circ}C$ 이상의 온도로 가열될 수 있다.

[0135] (cBN 입자의 표면 개질)

[0136] 본 실시형태에서는, 원료 분말의 조제에 앞서, cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다. cBN 입자의 표면이 개질됨으로써, 개재상의 형성이 촉진되는 것이 기대된다.

[0137] cBN 입자의 표면에는, 산화물층이 형성된다. 산화물층은, 예컨대, 결정질이거나, 혹은 비정질일 수 있다. 산화물층은, 예컨대 B_2O_3 등의 조성을 가질 수 있다. 산화물층은, cBN 입자의 세정 시 및 대기 폭로 시 등에, cBN 입자의 표면에 수분 및 산소가 흡착됨으로써, 형성된다고 생각된다. 산화물층은, 그 두께에 편차를 갖는다. 산화물층의 두께의 편차는, 소결 시에 B 및 N의 확산에 영향을 미친다고 생각된다. 그 결과, 취성 물질이 생성된다고 생각된다.

[0138] 예컨대, 산화물층의 두께가 균일해지도록, cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다. 또한 cBN 입자의 표면에, 유기 재료가 수식(修飾)되도록, cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다.

[0139] 예컨대, 초임계수 중에서, cBN 입자와 유기 재료가 접촉해도 좋다. 유기 재료는, 예컨대, 헥실아민 및 파라핀 등이어도 좋다. 초임계수 중에서는, 산화물층 중 두꺼운 부분이 선택적으로 용해되어, 산화물층의 두께가 균일해지는 것이 기대된다. 또한, cBN 입자의 표면에, 유기 재료가 수식됨으로써, cBN 입자의 표면에, 환원 작용을 갖는 탄소가 도입되는 것이 기대된다. 그 외, 예컨대, cBN 입자의 표면에 플라즈마가 조사됨으로써, cBN 입자의 표면이 개질되어도 좋다.

[0140] 《(C) 소결》

[0141] 본 실시형태에서는, 원료 분말이 소결됨으로써, cBN 소결체가 제조된다.

[0142] 예컨대, 탈가스 처리 후의 원료 분말이 캡슐에 충전된다. 탈가스 처리 후, 원료 분말이 대기 중에서 방치되면, 대기 중의 수분 및 산소가 원료 분말에 흡착될 수 있다. 그 때문에, 탈가스 처리 후, 신속히 원료 분말이 캡슐에 충전되는 것이 바람직하다.

[0143] 캡슐은 예컨대 Ta제 등이어도 좋다. 캡슐이 금속제의 시일재에 의해 밀봉된다. 소결 조작에는, 예컨대 벨트형 초고압 고온 발생 장치가 사용된다. 밀봉 후의 캡슐이, 벨트형 초고압 고온 발생 장치에 세팅된다. 벨트형 초고

압 고온 발생 장치에 의해, 원료 분말이 소결된다. 소결 시의 압력은, 예컨대 5.5 GPa 이상 8 GPa 이하여도 좋다. 소결 시의 온도는, 예컨대 1200℃ 이상 1800℃ 미만이어도 좋다. 소결 시의 압력이 6 GPa 이상 7 GPa 이하이고, 또한 소결 시의 온도가 1400℃ 이상 1600℃ 이하일 때, 예컨대, 제조 비용과 성능의 밸런스가 양호하다.

[0144] 또한, cBN 입자의 표면 개질에 의해, cBN 입자의 표면에 유기 재료가 수식되어 있는 경우, 소결 시의 가열에 의해, 유기 재료가 분해된다. 유기 재료의 분해에 의해 발생한 가스가, 압분체(원료 분말)의 간극에 균일하게 침투한다고 생각된다. 분해된 유기 재료의 일부가, cBN 입자의 표면에 잔존하는 일도 있을 수 있다.

[0145] <절삭 공구>

[0146] 본 실시형태의 절삭 공구는, 본 실시형태의 cBN 소결체를 포함한다. 절삭 공구에서, cBN 소결체는 절삭날로서 기능한다. 절삭 공구는, 실질적으로 cBN 소결체만을 포함하고 있어도 좋다. 절삭 공구는, cBN 소결체 이외의 구성을 더 포함하고 있어도 좋다. 예컨대, 절삭 공구는, 초경 합금체의 대금(臺金)을 포함하고 있어도 좋다. cBN 소결체는, 대금의 날끝에 설치되어 있어도 좋다.

[0147] 본 실시형태의 절삭 공구는, 피복 절삭 공구여도 좋다. 피복 절삭 공구는, 피막을 포함한다. 피막은, cBN 소결체의 표면의 적어도 일부를 피복한다. 피막은, 예컨대 세라믹스 재료 등을 포함한다.

[0148] cBN 공구의 형상은, 특별히 한정되어서는 안 된다. cBN 공구는, 예컨대, 날끝 교환형 팁(드릴용, 엔드밀용, 프레이즈 가공용, 선삭 가공용 등), 메탈 소(metal saw), 기어 절삭 공구, 리머, 탭, 또는 바이트 등이어도 좋다.

[0149] **실시예**

[0150] 이하, 본 개시의 실시예(본 명세서에서는 「본 실시예」라고도 기재됨)가 설명된다. 단 이하의 설명은, 청구의 범위를 한정하는 것이 아니다.

[0151] <cBN 소결체의 제조>

[0152] 하기 표 1에 나타나는 시료 1 내지 시료 22가 제조되었다. 시료 1 내지 시료 19가 실시예이다. 시료 20 내지 시료 22가 비교예이다.

[0153] 《시료 1》

[0154] 제1 재료로서, TiCN이 준비되었다. TiCN은, 0.5 μm의 평균 입경을 갖고 있었다.

[0155] Ti 분말, Al 분말 및 TiC 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「Ti:Al:TiC=37:22:41(질량비)」이었다. 동 혼합 분말이 열처리되었다. 열처리 조건은, 이하와 같다.

[0156] 열처리 조건

[0157] 분위기 진공

[0158] 온도 1520℃

[0159] 시간 30분

[0160] 열처리에 의해, 단상 화합물이 형성되었다. 동 단상 화합물은, 대략 Ti₂AlC의 조성을 갖는다고 생각된다. 동 단상 화합물이 불밀법에 의해 분쇄되었다. 이에 의해 제2 재료가 조제되었다. 제2 재료는, 0.5 μm의 평균 입경을 갖고 있었다.

[0161] 제1 재료와 제2 재료가 혼합됨으로써, 결합재가 조제되었다. 혼합비는 「제1 재료:제2 재료=1:3(질량비)」이었다.

[0162] cBN 입자가 준비되었다. cBN 입자는, 3 μm의 평균 입경을 갖고 있었다. 불밀에 의해, cBN 입자와 결합재가 혼합되었다. 이에 의해, 원료 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「cBN 입자:결합재=70:30(체적비)」이었다.

[0163] 캡슐에 원료 분말이 충전되었다. 캡슐은 Ta제였다. 금속제의 시일재에 의해, 캡슐이 밀봉되었다. 밀봉 후의 캡슐이, 벨트형 초고압 고온 발생 장치에 세팅되었다. 벨트형 초고압 고온 발생 장치에 의해, 원료 분말이 소결되었다. 소결 조건은, 이하와 같다. 이상으로부터, 시료 1에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.

[0164] 소결 조건

[0165] 압력 6.5 GPa

- [0166] 온도 1500℃
- [0167] 시간 15분
- [0168] 《시료 2》
- [0169] 초임계수 나노 입자 합성 시험기(제품명 「MOMI 초mini」, 가부시키가이샤 아이테크사 제조)가 준비되었다. 동 시험기에 의해, 초임계수가 생성되었다. 초임계수의 생성 조건은, 이하와 같다.
- [0170] 초임계수의 생성 조건
- [0171] 압력 34 MPa
- [0172] 온도 381℃
- [0173] 유속 2 ml/min
- [0174] 유기 재료로서 핵실아민이 준비되었다. cBN 입자가 준비되었다. cBN 입자는, 3 μm의 평균 입경을 갖고 있었다.
- [0175] 동 시험기에서, 초임계수 중에 핵실아민 및 cBN 입자가 연속적으로 투입되었다. 초임계수, 핵실아민 및 cBN 입자를 포함하는 혼합물에서, 핵실아민의 함량은 10 질량%였다. 동 혼합물에서, cBN 입자의 함량은 10 질량%였다. 이에 의해 cBN 입자의 표면에서, 산화물층(B₂O₃)이 저감되었다. 또한, 유기 재료에서 유래하는 탄소가, cBN 입자의 표면에 수식되었다. 탄소는, cBN 입자의 표면에서, 매우 얇고, 균일한 막을 형성한다고 생각된다.
- [0176] GC-MS(gas chromatography-mass spectrometry: 기체 크로마토그래피-질량 분석법)에 의해, cBN 입자의 표면을 수식하고 있는 유기물(수식 재료)이 동정(同定)되고, 동시에 수식 재료가 정량되었다. 수식 재료의 분자식, 및 수식 재료의 수식량으로부터, 탄소의 수식량이 산출되었다. 탄소의 수식량은 529 ppm이었다. 이상으로부터, 개질 cBN 입자가 조제되었다.
- [0177] 상기에서 얻어진 개질 cBN 입자가, cBN 입자 대신에 사용되는 것을 제외하고는, 시료 1과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 2에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0178] 《시료 3》
- [0179] 초임계수, 핵실아민 및 cBN 입자를 포함하는 혼합물에서의, 핵실아민의 함량이 1 질량%로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 3에 따른 cBN 소결체가 제조되었다. 시료 3에서, 탄소의 수식량은 48 ppm이었다.
- [0180] 《시료 4》
- [0181] 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=60:40(체적비)」으로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 4에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0182] 《시료 5》
- [0183] 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=45:55(체적비)」로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 5에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0184] 《시료 6》
- [0185] 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=20:80(체적비)」으로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 6에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0186] 《시료 7》
- [0187] 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=80:20(체적비)」으로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 7에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0188] 《시료 8》
- [0189] 시료 8의 제조에서는, TiNbCN이 제1 재료로서 사용되었다. 제1 재료는, 다음 순서에 의해 조제되었다. TiO₂ 분말, Nb₂O₃ 분말, 및 탄소 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「TiO₂:Nb₂O₃:탄소=57:17:26(질량비)」이었다. 동 혼합 분말이 열처리되었다. 열처리 조건은, 이하와 같다.

- [0190] 열처리 조건
- [0191] 분위기 질소
- [0192] 온도 2200℃
- [0193] 시간 60분
- [0194] 열처리에 의해, 단상 화합물이 형성되었다. 동 단상 화합물이 불밀법에 의해 분쇄되었다. 이에 의해 제1 재료가 조제되었다. 제1 재료는, 0.5 μm의 평균 입경을 갖고 있었다.
- [0195] 상기에서 얻어진 제1 재료(TiNbCN)가 사용되는 것을 제외하고는, 시료 4와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 8에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0196] 《시료 9》
- [0197] 소결 조건 중, 시간이 30분으로 변경되는 것을 제외하고는, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 9에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0198] 《시료 10》
- [0199] 제2 결합재에 Ti₂AlN이 사용되는 것을 제외하고는, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 10에 따른 cBN 소결체가 제조되었다. 본 시료에서의 Ti₂AlN은, 다음 순서에 의해 합성되었다. Ti 분말, Al 분말 및 TiN 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「Ti:Al:TiN=31:21:48(질량비)」이었다. 동 혼합 분말이 열처리됨으로써, Ti₂AlN이 합성되었다. 열처리 조건은, 이하와 같다.
- [0200] 열처리 조건
- [0201] 분위기 진공
- [0202] 온도 1550℃
- [0203] 시간 30분
- [0204] 《시료 11》
- [0205] 제2 결합재에 Ti₂AlN이 사용되는 것을 제외하고는, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 11에 따른 cBN 소결체가 제조되었다. 본 시료에서의 Ti₂AlN은, 다음 순서에 의해 합성되었다. Ti 분말, Al 분말 및 TiN 분말이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「Ti:Al:TiN=31:22:47(질량비)」이었다. 동 혼합 분말이 열처리됨으로써, Ti₂AlN이 합성되었다. 열처리 조건은, 이하와 같다.
- [0206] 열처리 조건
- [0207] 분위기 진공
- [0208] 온도 1550℃
- [0209] 시간 30분
- [0210] 《시료 12》
- [0211] 제1 결합재에 TiNbN이 사용되는 것을 제외하고는, 시료 10과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 12에 따른 cBN 소결체가 제조되었다. 본 시료에서의 TiNbN은, 다음 순서에 의해 합성되었다. TiN 분말(니혼 신킨조쿠사 제조) 및 NbN 분말(니혼 신킨조쿠사 제조)이 혼합됨으로써, 혼합 분말이 조제되었다. 혼합비는, 「TiN:NbN=92:8(질량비)」이었다. 동 혼합 분말이 열처리됨으로써, TiNbN이 합성되었다. 열처리 조건은, 이하와 같다. 열처리 후, TiNbN 분말이 분쇄되었다.
- [0212] 열처리 조건
- [0213] 분위기 질소
- [0214] 온도 2200℃

- [0215] 시간 60분
- [0216] 《시료 13》
- [0217] 하기 혼합비에 있어서 합성된 Ti_2AlN 이 사용되는 것을 제외하고는, 시료 10과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 13에 따른 cBN 소결체가 제조되었다. 혼합비는, 「Ti:Al:TiN=30:25:45(질량비)」였다.
- [0218] 《시료 14》
- [0219] 시료 14의 제조에서는, Nb_2O_3 를 대신하여, ZrO_2 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:ZrO_2$:탄소=58:16:26(질량비)」이었다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 14에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0220] 《시료 15》
- [0221] 시료 15의 제조에서는, Nb_2O_3 를 대신하여, MoO_3 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:MoO_3$:탄소=56:18:26(질량비)」이었다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 15에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0222] 《시료 16》
- [0223] 시료 16의 제조에서는, Nb_2O_3 및 ZrO_2 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:Nb_2O_3:ZrO_2$:탄소=57:8.5:8.5:26(질량비)」이었다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 16에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0224] 《시료 17》
- [0225] 시료 17의 제조에서는, Nb_2O_3 를 대신하여, HfO_2 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:HfO_2$:탄소=53:24:23(질량비)」이었다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 17에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0226] 《시료 18》
- [0227] 시료 18의 제조에서는, Nb_2O_3 를 대신하여, Ta_2O_5 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:Ta_2O_5$:탄소=52:25:23(질량비)」이었다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 18에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0228] 《시료 19》
- [0229] 시료 19의 제조에서는, Nb_2O_3 를 대신하여, WO_3 가 사용되었다. 즉, 혼합 분말의 혼합비가 「 $TiO_2:WO_3$:탄소=52:26:22(질량비)」였다. 제1 재료의 조성이 변경되는 것을 제외하고, 시료 8과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 19에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0230] 《시료 20》
- [0231] 시료 20의 제조에서는, 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=10:90(체적비)」이었다. 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 변경되는 것을 제외하고, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 20에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0232] 《시료 21》
- [0233] 시료 21의 제조에서는, 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 「개질 cBN 입자:결합재=90:10(체적비)」이었다. 개질 cBN 입자와 결합재의 혼합비가 변경되는 것을 제외하고, 시료 2와 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 21에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.
- [0234] 《시료 22》
- [0235] Ti_2AlN 이 제2 재료로서 사용되는 것을 제외하고는, 시료 1과 동일한 조작이 실시됨으로써, 시료 22에 따른 cBN 소결체가 제조되었다.

- [0236] <평가>
- [0237] XRD에 의해, 결합상에 포함되는 화합물 등이 동정되었다. 또한 STEM-EDX에 의해, 개재상의 조성이 분석되었다. 결과는 하기 표 1에 나타난다.
- [0238] 상기에서 제조된 각 cBN 소결체가 사용됨으로써, cBN 공구가 각각 제조되었다. cBN 공구의 절삭 시험이 실시되었다. 절삭 시험의 조건은, 이하와 같다.
- [0239] 공구 형식 번호
- [0240] DNGA150412 (날끝 처리 S01225)
- [0241] 절삭 조건
- [0242] 절삭 속도 200 m/min
- [0243] 이송 속도 0.2 mm/rev.
- [0244] 절입 0.15 mm
- [0245] 쿨런트 건식(DRY)
- [0246] 단속 절삭
- [0247] 선반
- [0248] LB400 오쿠마 가부시키가이샤 제조
- [0249] 절삭 대상
- [0250] 소입강 SKD11(고강도 소입강), 경도 60HRC, 외주부에 V자 홈이 형성되어 있다.
- [0251] 절삭 시험에서, cBN 공구의 수명이 측정되었다. 결과는 하기 표 1에 나타난다. 측정 순서는 다음과 같다. 0.1 mm의 절삭이 실시될 때마다, 날끝에서 칩핑의 크기가 측정되었다. 칩핑의 크기는, 주분력의 방향에서의 이지러짐의 크기로 정의되었다. 주분력의 방향은, 절삭 개시 전의 날끝 능선의 위치를 기준으로 한다. 날끝에서 칩핑의 크기가, 0.1 mm 이상이 된 시점의 거리가 수명으로 되었다.

표 1

시료 No.	cBN 입자 비율 [체적%]	결합상 조성	원소	개재상				평가 수명 [km]
				합계 농도 (Al+N) [원자%]	농도비 (N/B) [-]	농도비 (C/Al) [-]	두께의 평균값 [nm]	
1	70	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물*	Al, N, B, O	50.0	3.90	—	4	0.95
2	70	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	75.2	1.21	0.20	10	1.20
3	70	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	65.0	2.20	0.01	4	1.15
4	60	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	63.0	1.90	0.30	4	1.32
5	45	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	62.0	2.00	0.18	9	1.22
6	20	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	58.0	3.10	0.03	10	0.51
7	80	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	55.0	2.50	0.03	11	0.65
8	60	TiNbCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	63.0	2.10	0.32	7	1.54
9	60	TiNbCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	62.3	2.40	0.35	20	1.51
10	60	TiNbCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	62.0	2.43	0.02	50	1.48
11	60	TiNbCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	61.8	2.44	0.03	100	1.46
12	60	TiNbN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O	63.0	3.05	0	50	1.5
13	60	TiNbCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	60.0	2.50	0.03	120	1.16
14	60	TiZrCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	62.5	1.95	0.31	6	1.48
15	60	TiMoCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	63.5	2.00	0.34	8	1.45
16	60	TiNbZrCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	61.5	2.10	0.33	9	1.52
17	60	TiHfCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	61.0	2.30	0.37	11	1.44
18	60	TiTaCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	60.5	2.20	0.28	10	1.43
19	60	TiWCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	59.0	1.70	0.26	9	1.38
20	10	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	60.0	3.20	0.20	30	0.10
21	90	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Al, N, B, O, C	60.0	3.10	0.20	35	0.15
22	70	TiCN, TiB ₂ , Al 화합물	Ti, Al, N, B, O	25.0	0.40	—	50	0.21

* Al 화합물은, 예컨대 AlN, Al₂O₃ 등을 포함한다.

[0252]

[0253]

<결과>

[0254]

시료 1 내지 시료 19는, 개재상을 포함하고 있었다. 시료 22는, 개재상을 포함하고 있지 않았다. 시료 1 내지 시료 19는, 시료 22에 비해, 장수명이었다. 개재상이, 균열의 발생 및 균열의 전파를 억제했기 때문이라고 생각된다.

[0255]

시료 20은 개재상을 포함하고 있었다. 그러나 시료 20은 단수명이었다. cBN 입자의 체적 비율이 20 체적% 미만이었기 때문이라고 생각된다.

[0256]

시료 21은 개재상을 포함하고 있었다. 그러나 시료 21은 단수명이었다. cBN 입자의 체적 비율이 80 체적%를 초과하고 있었기 때문이라고 생각된다.

[0257]

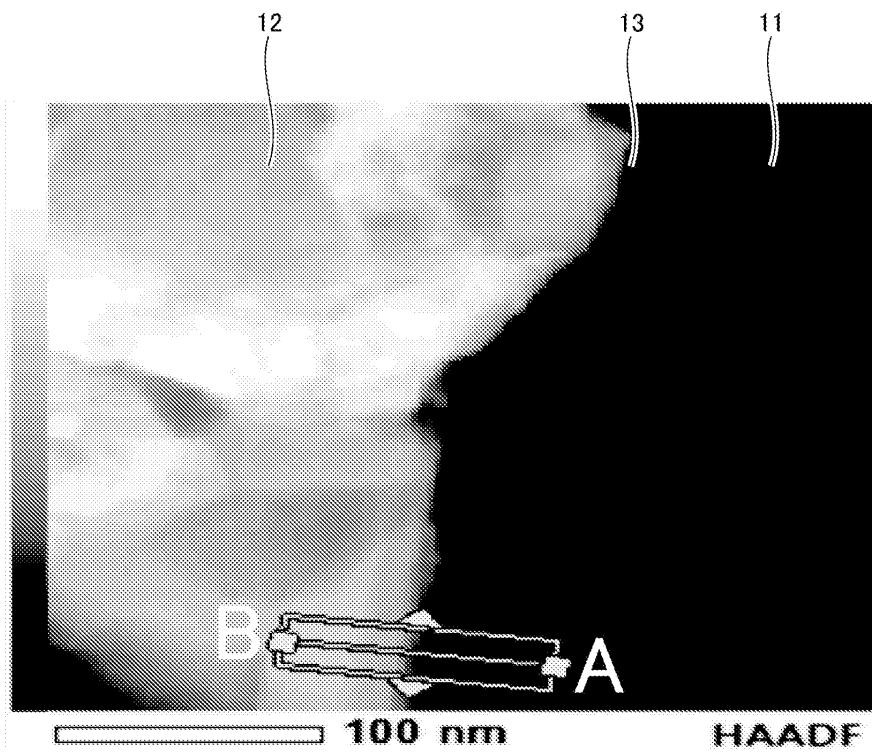
[부기]

[0258]

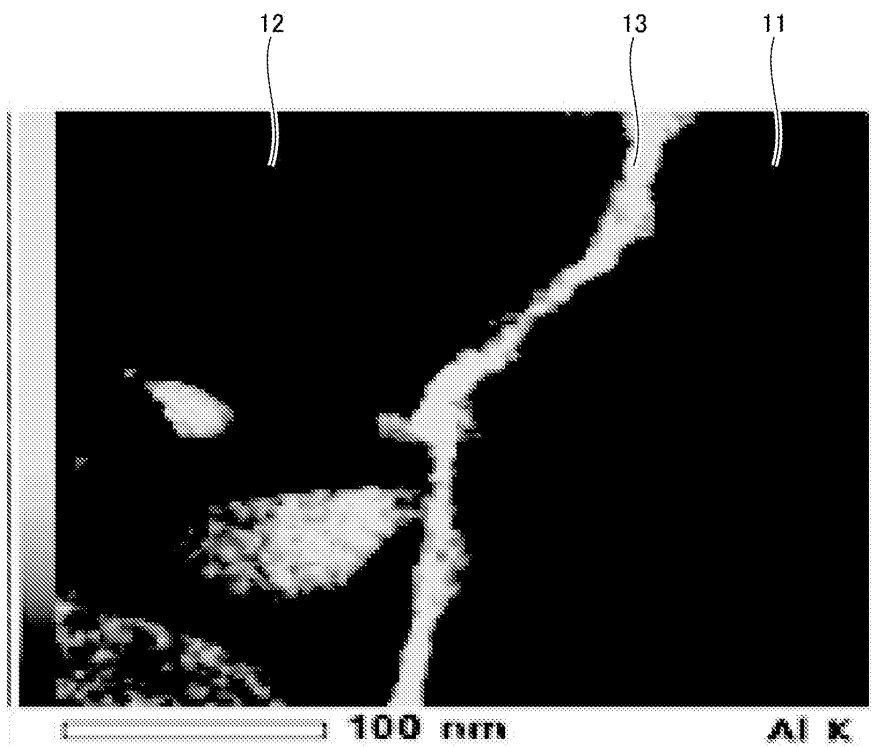
입방정 질화붕소 소결체로서,

도면

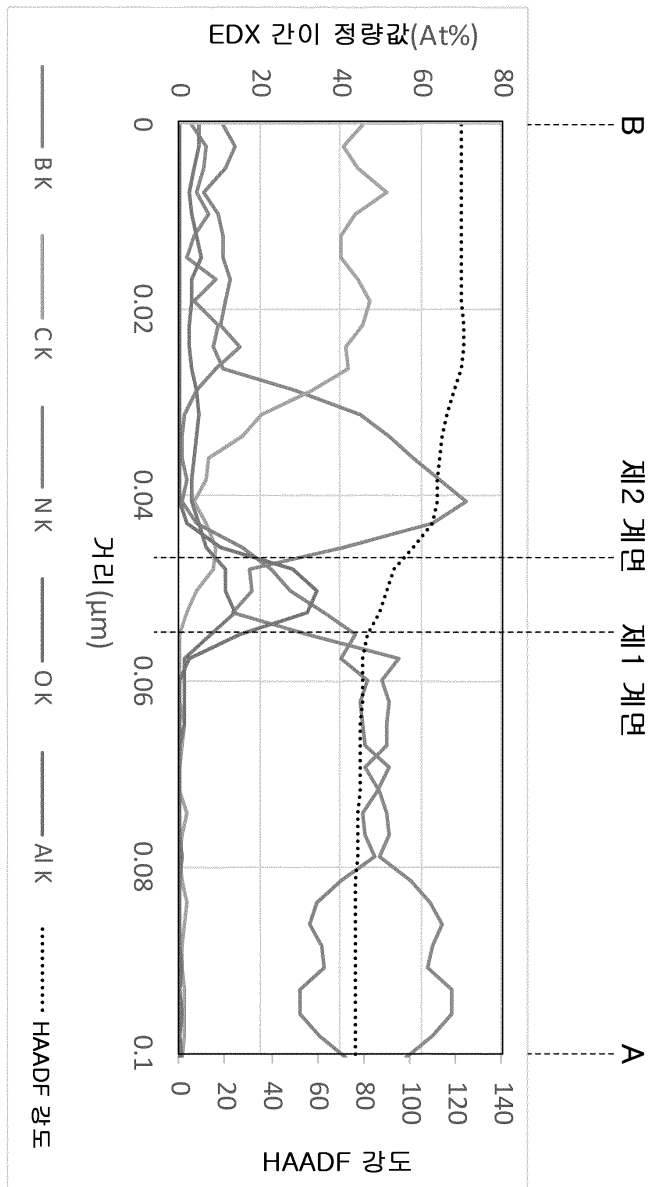
도면1



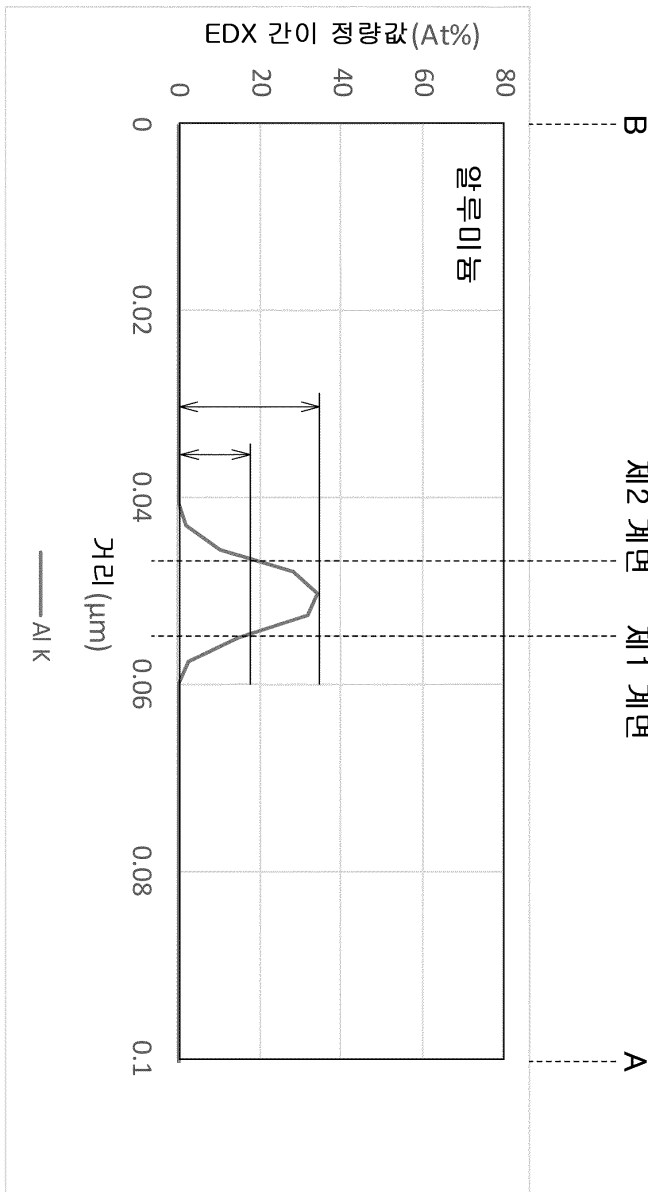
도면2



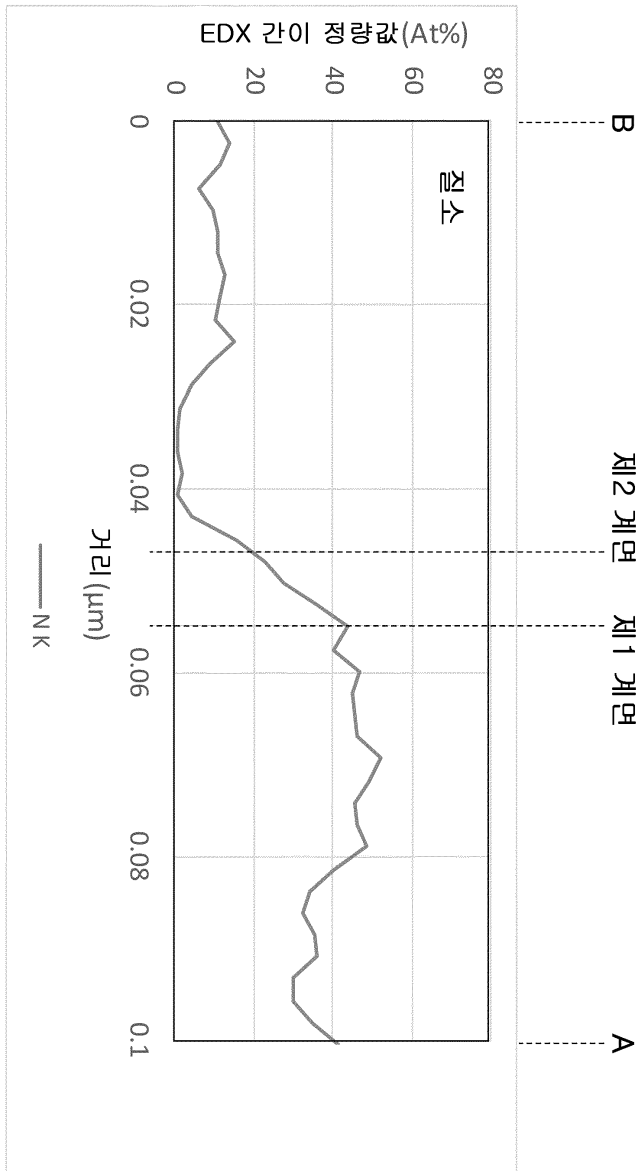
도면3



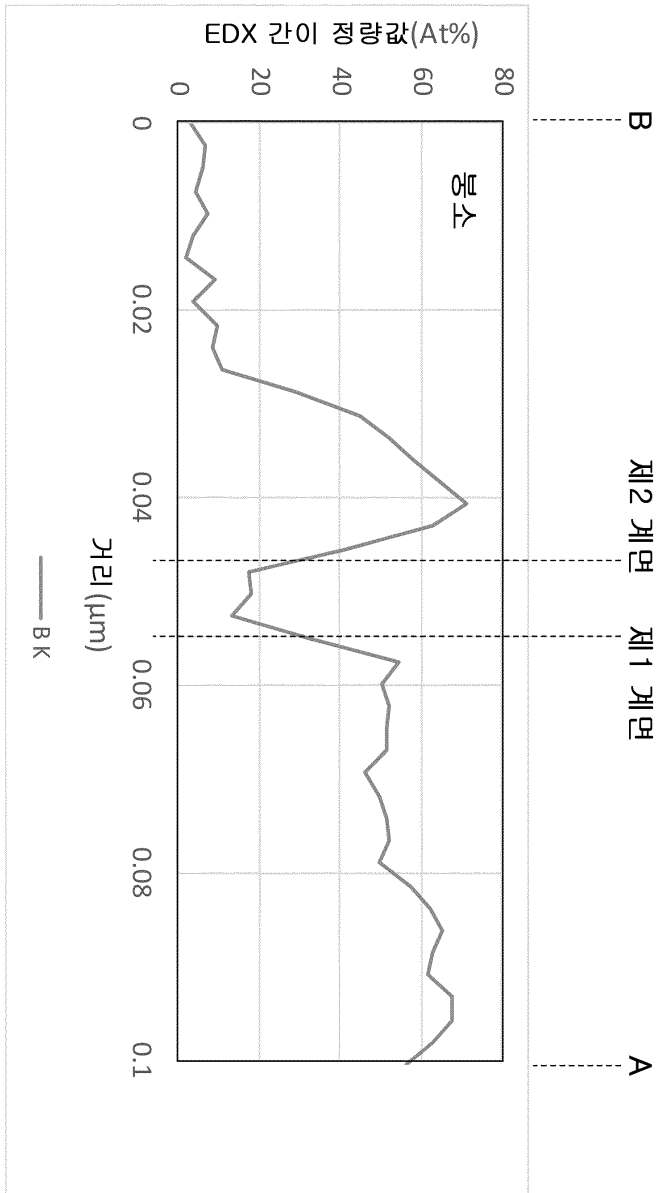
도면4



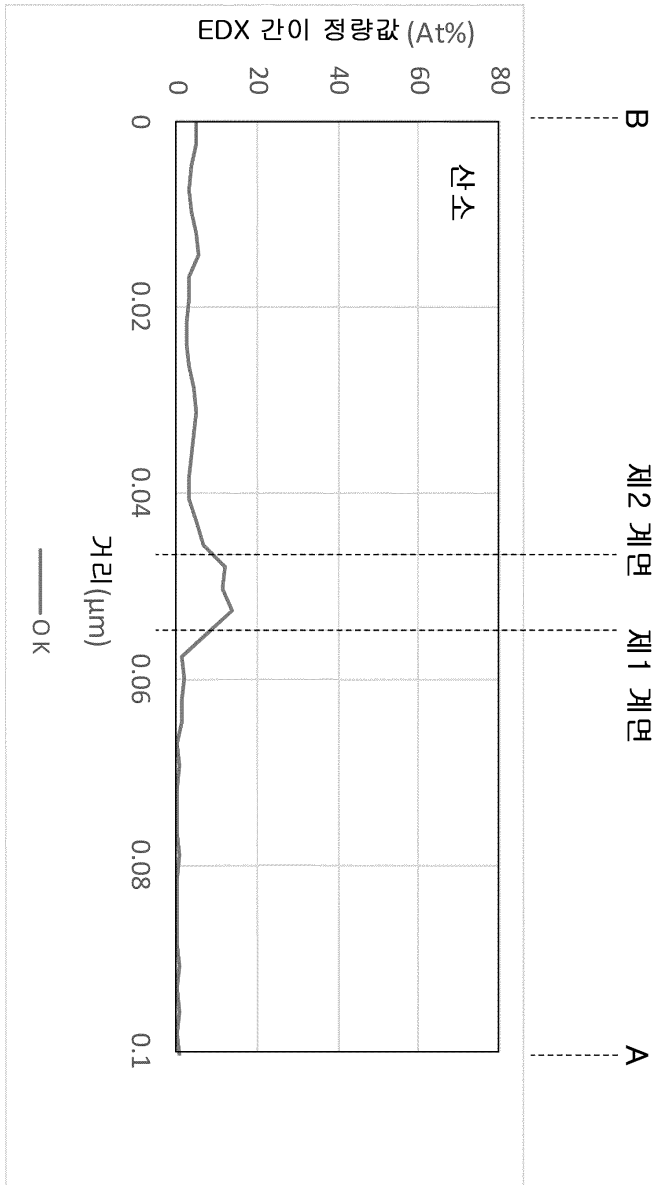
도면5



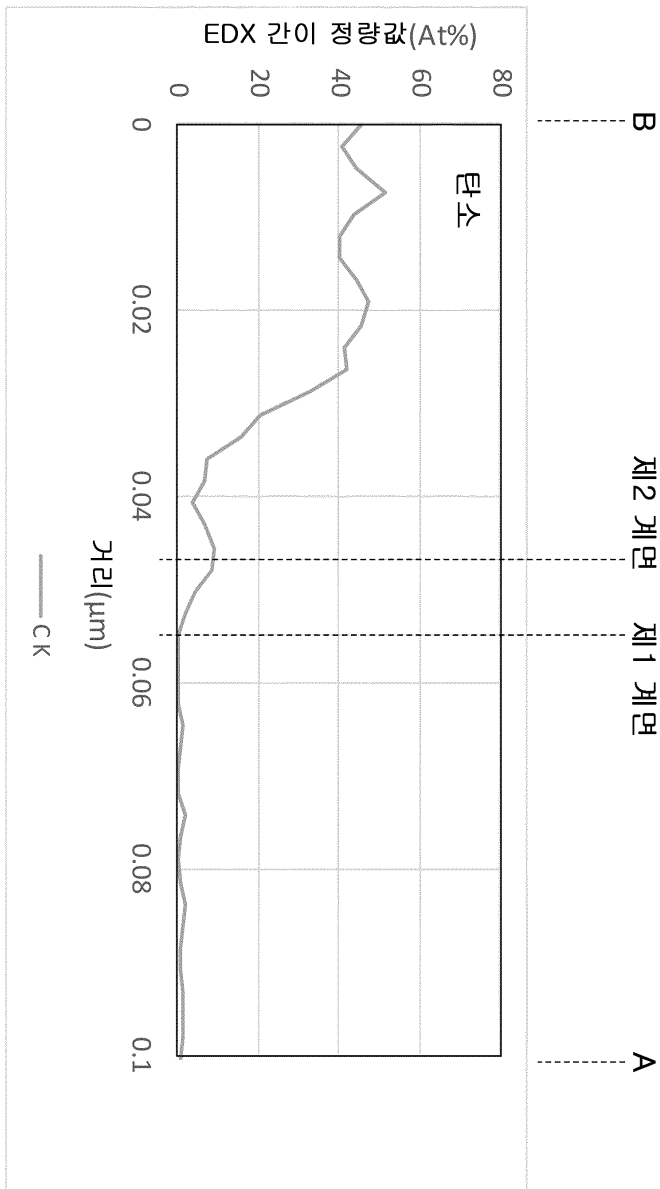
도면6



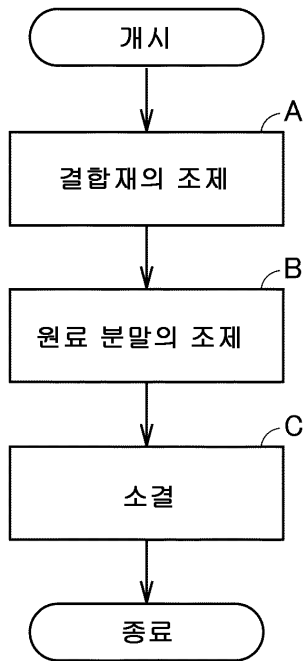
도면7



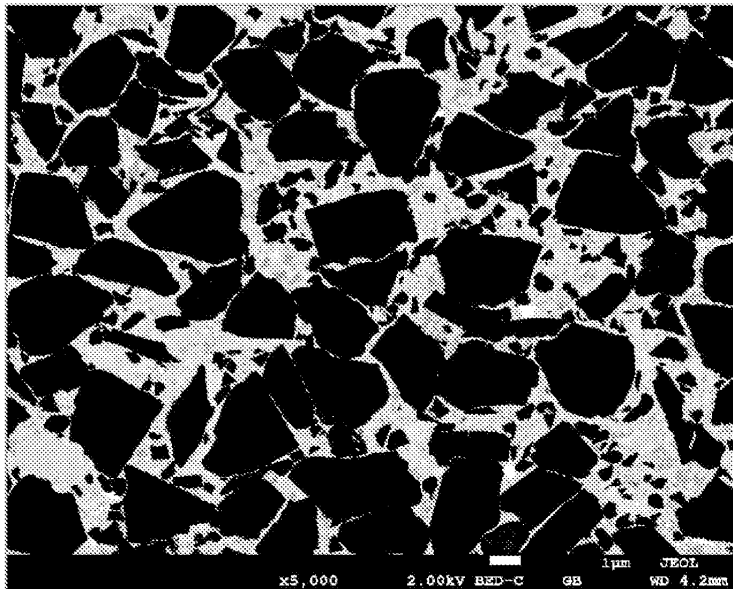
도면8



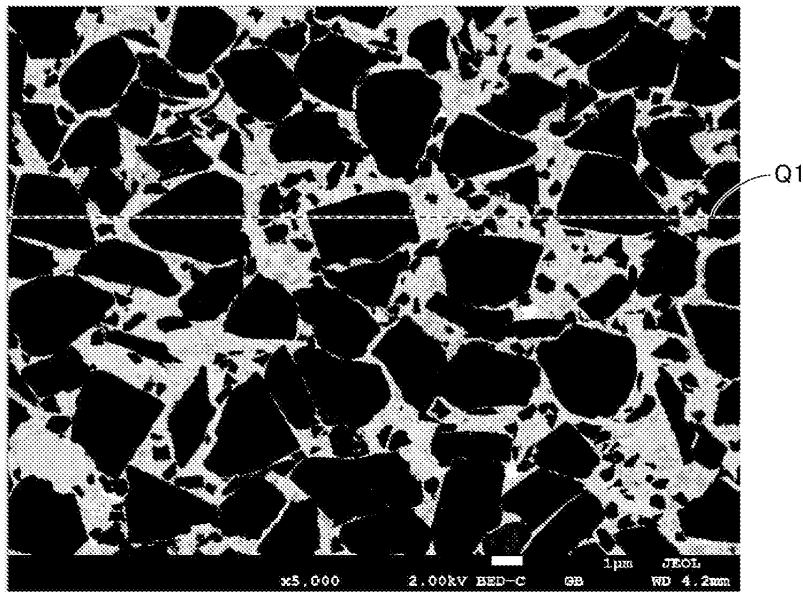
도면9



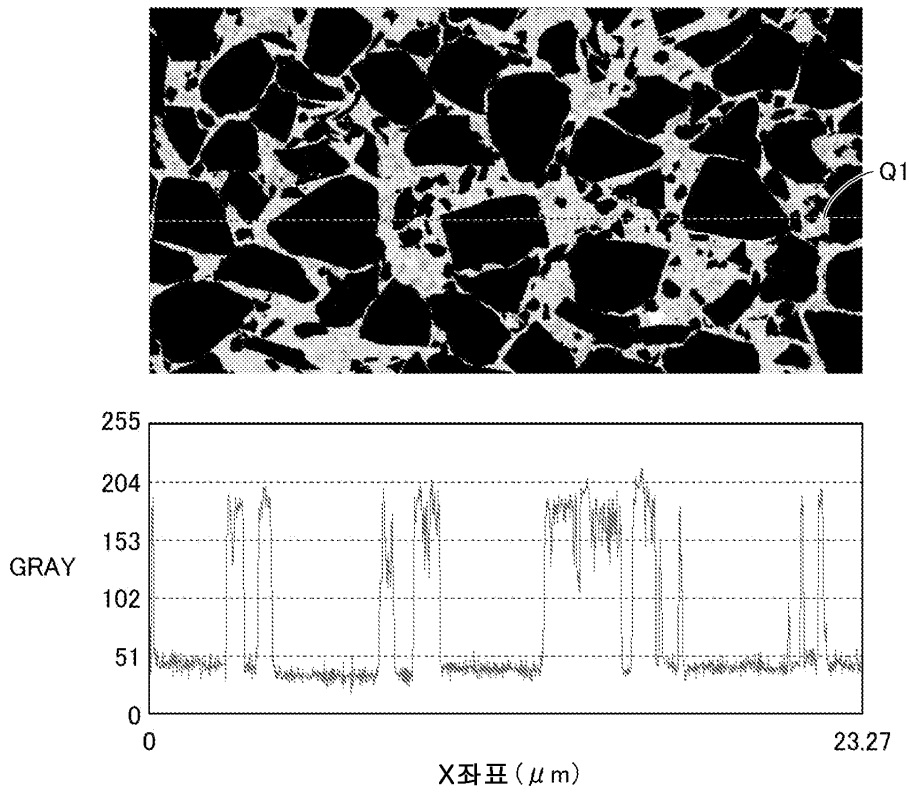
도면10



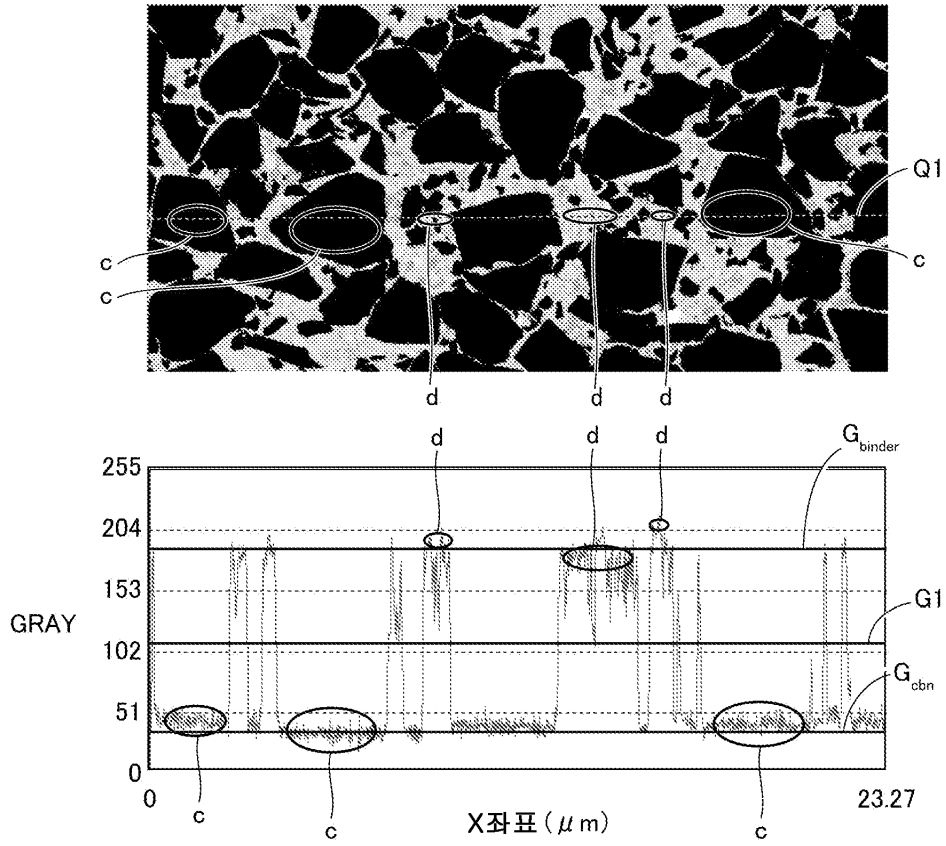
도면11



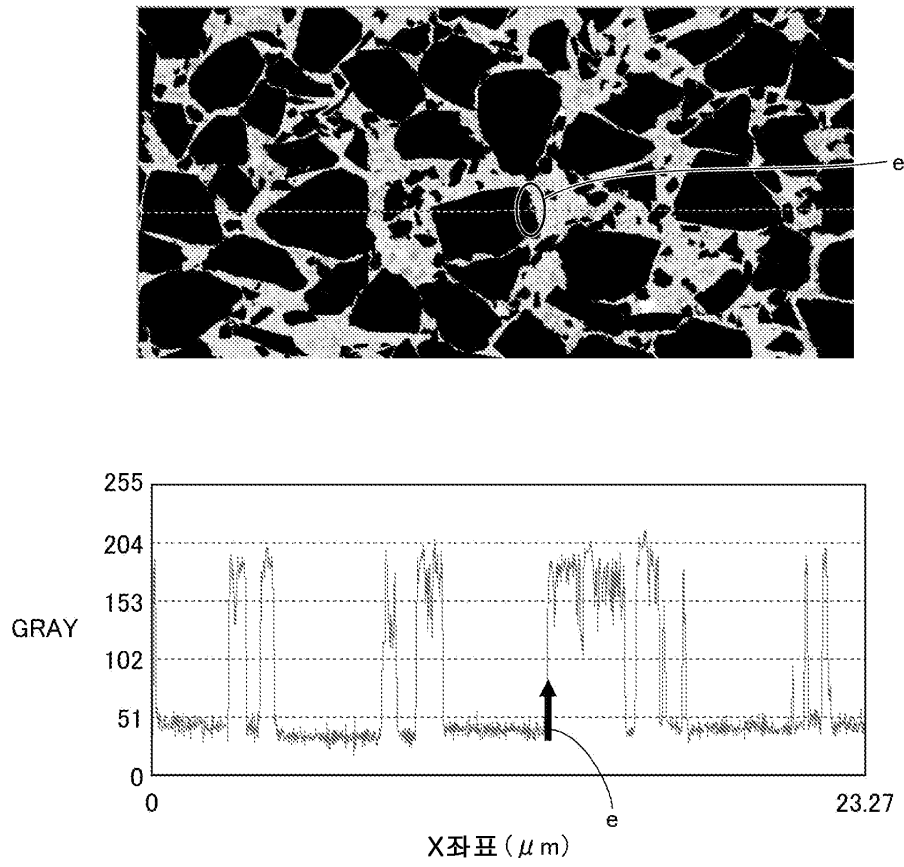
도면12



도면13



도면14



도면15

