(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年1月21日(21.01.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/010472 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) *C04B 35/5831* (2006.01)
B23B 27/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/027899

(22) 国際出願日： 2020年7月17日(17.07.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-133023 2019年7月18日(18.07.2019) JP

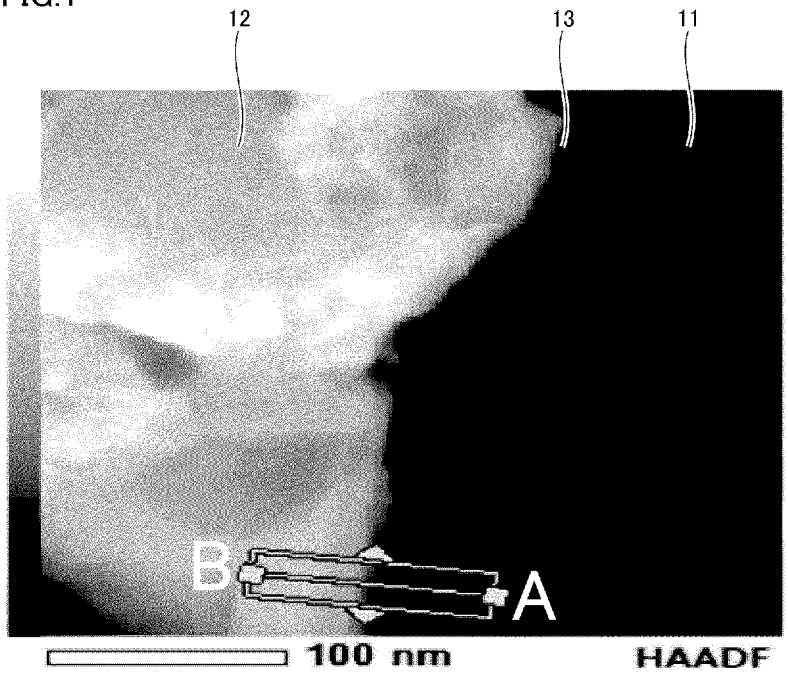
(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP). 住友電工ハードメタル株式会社(SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 岡村 克己 (OKAMURA, Katsumi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 雨宮 麻佑(AMEMIYA, Mayu); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 石井 顕人 (ISHII, Akito); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 出口 裕佳(DEGUCHI, Yuka); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(54) **Title:** CUBIC BORON NITRIDE SINTERED COMPACT, AND CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 立方晶窒化硼素焼結体および切削工具

FIG.1



(57) **Abstract:** This cubic boron nitride sintered compact includes cubic boron nitride particles, a binding phase, and an intervening phase. The intervening phase intervenes between the cubic boron nitride particles and the binding phase. The intervening phase includes aluminum, nitrogen, boron, and oxygen. The total of the average value of the atomic concentration of aluminum included in the intervening phase and the average value of the atomic concentration of nitrogen included in the intervening phase is 50.0 at.% or greater. The ratio of the average value of the atomic concentration of nitrogen included in the intervening phase to the average value of the atomic concentration of boron included in the

WO 2021/010472 A1

［続葉有］

久木野 暁(KUKINO, Satoru); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

intervening phase is greater than 1.00.

(57) 要約：立方晶窒化硼素焼結体は、立方晶窒化硼素粒子、結合相および介在相を含む。介在相は、立方晶窒化硼素粒子と結合相との間に介在している。介在相は、アルミニウム、窒素、硼素および酸素を含む。介在相に含まれるアルミニウムの原子濃度の平均値と、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上である。介在相に含まれる硼素の原子濃度の平均値に対する、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値の比は１．００を超える。

明　細　書

発明の名称 ： 立方晶窒化硼素焼結体および切削工具

技術分野

[0001] 本開示は、立方晶窒化硼素焼結体および切削工具に関する。本出願は、２０１９年７月１８日に出願した日本特許出願である特願２０１９－１３３０２３号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

背景技術

[0002] 特開２０１５－０４４２５９号公報（特許文献１）は、立方晶窒化硼素焼結体を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－０４４２５９号公報

発明の概要

[0004] 本開示の立方晶窒化硼素焼結体は、立方晶窒化硼素粒子、結合相および介在相を含む。

立方晶窒化硼素粒子は、立方晶窒化硼素焼結体のうち、２０体積％以上８０体積％以下を占める。結合相および介在相の体積比率の合計は、立方晶窒化硼素焼結体の体積比率を１００体積％としたときに、１００体積％から立方晶窒化硼素粒子の体積比率を差し引いた数値である。

結合相は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上の成分を含む。

化合物および固溶体の各々は、第１元素および第２元素を含む。第１元素は、窒素、炭素、硼素および酸素からなる群より選択される１種以上である。第２元素は、周期表における第４族元素、第５族元素、第６族元素およびアルミニウムからなる群より選択される１種以上である。

介在相は、立方晶窒化硼素粒子と結合相との間に介在している。介在相は

、アルミニウム、窒素、硼素および酸素を含む。介在相に含まれるアルミニウムの原子濃度の平均値と、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上である。介在相に含まれる硼素の原子濃度の平均値に対する、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値の比は１．００を超える。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図１は、本実施形態におけるｃＢＮ焼結体の断面画像の一例である。

[図2]図２は、図１の画像におけるＡｌのマッピング結果である。

[図3]図３は、線分析の結果を示すグラフである。

[図4]図４は、図３におけるＡｌの原子濃度分布を示すグラフである。

[図5]図５は、図３におけるＮの原子濃度分布を示すグラフである。

[図6]図６は、図３におけるＢの原子濃度分布を示すグラフである。

[図7]図７は、図３におけるＯの原子濃度分布を示すグラフである。

[図8]図８は、図３におけるＣの原子濃度分布を示すグラフである。

[図9]図９は、本実施形態におけるｃＢＮ焼結体の製造方法を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、ｃＢＮ焼結体の反射電子像の一例である。

[図11]図１１は、図１０の反射電子像を画像処理ソフトに読み込んだ画像である。

[図12]図１２は、濃度断面グラフを説明する図である。

[図13]図１３は、黒色領域および結合相の規定方法を説明するための図である。

[図14]図１４は、黒色領域と結合相との境界を説明するための図である。

[図15]図１５は、図１０の反射電子像を二値化処理した画像である。

発明を実施するための形態

[0006] 〔本開示が解決しようとする課題〕

立方晶窒化硼素（ｃｕｂｉｃ　ｂｏｒｏｎ　ｎｉｔｒｉｄｅ，ｃＢＮ）焼結体が、切削工具に使用されている。本明細書では、ｃＢＮ焼結体を含む切

削工具が「ｃＢＮ工具」とも記される。ｃＢＮ焼結体は、ｃＢＮ粒子および結合相を含む。ｃＢＮ粒子は、ｃＢＮ焼結体の骨格を形成している。結合相は、セラミックス材料を含む。セラミックス材料は、例えば、窒化チタン（ＴｉＮ）等を含む。

[0007] ｃＢＮ工具は、焼入鋼の切削加工に使用されている。焼入鋼は、例えば自動車部品（ギヤ、シャフトおよびベアリング）等に使用されている。焼入鋼の切削加工においては、ｃＢＮ工具の寿命が安定しない傾向がある。焼入鋼の中でも、高強度焼入鋼の切削加工では、ｃＢＮ工具の寿命が特に短くなりやすい。

[0008] 高強度焼入鋼は、焼入鋼の内部に硬質粒子が分散することにより形成されている。高強度焼入鋼の切削加工では、高強度焼入鋼に含まれる硬質粒子によって、ｃＢＮ工具の表面が擦過される。これによりｃＢＮ粒子が脱落し得る。ｃＢＮ粒子はｃＢＮ焼結体の骨格を形成している。骨格の一部が脱落することにより、ｃＢＮ焼結体において突発的な欠損が発生することがある。また、骨格の一部が脱落することにより、逃げ面の摩耗が急速に進展することがある。その結果、切削抵抗が急速に増大し、欠損が発生することもある。従来、ｃＢＮ工具の寿命の観点から、高強度焼入鋼の切削加工においては、例えば１５０ｍ／ｍｉｎ以下の切削速度で、ｃＢＮ工具が使用されることが多い。

[0009] 本開示の目的は、ｃＢＮ工具の寿命を向上させることである。

[0010] ［本開示の実施形態の説明］

最初に、本開示の実施態様が列記される。ここでは、本開示の実施態様の概要が説明される。

[0011] （１） 立方晶窒化硼素焼結体は、立方晶窒化硼素粒子、結合相および介在相を含む。

立方晶窒化硼素粒子は、立方晶窒化硼素焼結体のうち、２０体積％以上８０体積％以下を占める。結合相および介在相の体積比率の合計は、立方晶窒化硼素焼結体の体積比率を１００体積％としたときに、１００体積％から立

方晶窒化硼素粒子の体積比率を差し引いた数値である。

結合相は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上の成分を含む。

化合物および固溶体の各々は、第１元素および第２元素を含む。第１元素は、窒素、炭素、硼素および酸素からなる群より選択される１種以上である。第２元素は、周期表における第４族元素、第５族元素、第６族元素およびアルミニウムからなる群より選択される１種以上である。

介在相は、立方晶窒化硼素粒子と結合相との間に介在している。介在相は、アルミニウム、窒素、硼素および酸素を含む。介在相に含まれるアルミニウムの原子濃度の平均値と、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上である。介在相に含まれる硼素の原子濃度の平均値に対する、介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値の比は１．００を超える。

[0012] 高強度焼入鋼の切削加工中、ｃＢＮ焼結体の内部において亀裂が発生し、さらに該亀裂が伝搬することにより、欠損が発生すると考えられる。

[0013] 本開示の新知見によれば、亀裂は、ｃＢＮ粒子と結合相との界面を選択的に通過している。ｃＢＮ粒子と結合相との界面には、脆性物質が点在している。脆性物質は、亀裂の起点または亀裂の伝搬経路になり得ると考えられる。脆性物質は、例えば、ＴｉＢ$_2$、ＡｌＢ$_2$、Ａｌ$_2$Ｏ$_3$等であり得る。脆性物質は、ｃＢＮ粒子および結合材（結合相の前駆体）に由来していると考えられる。

[0014] 本開示のｃＢＮ焼結体においては、上記の脆性物質に代わって、ｃＢＮ粒子と結合相との間に介在相が介在している。介在相は特定組成を有する。すなわち、介在相は、アルミニウム（Ａｌ）、窒素（Ｎ）、硼素（Ｂ）および酸素（Ｏ）を含む。

[0015] 介在相の主成分はＡｌおよびＮである。すなわち、介在相に含まれるＡｌの原子濃度の平均値と、介在相に含まれるＮの原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上である。以下、本明細書においては、当該合計が「合

計濃度$_{(Al+N)}$」とも記される。

[0016] 介在相の主成分がＡｌおよびＮであるため、介在相が金属的な延性を有し得る。介在相は金属的な延性によって、外部からの応力を吸収し得る。介在相に応力が吸収されることにより、亀裂の発生および亀裂の伝搬が抑制されると考えられる。

[0017] さらに、介在相に含まれるＢの原子濃度の平均値に対する、介在相に含まれるＮの原子濃度の平均値の比は、１．００を超える。以下、当該比は「濃度比$_{(N/B)}$」とも記される。介在相において、Ｎの原子濃度がＢの原子濃度よりも高くなることにより、ｃＢＮ粒子と結合相との密着力が向上し得る。これにより、ｃＢＮ粒子の脱落が抑制され得る。

[0018] 介在相による応力の吸収作用と、介在相による密着力の向上作用とが相乗することにより、ｃＢＮ焼結体の耐欠損性が向上し得る。その結果、ｃＢＮ工具の寿命が向上し得る。

[0019] （２） 介在相は、炭素をさらに含んでいてもよい。介在相の厚さ方向に、原子濃度の線分析を行なった時、アルミニウムの原子濃度は、単一の極大値を有している。アルミニウムの原子濃度の平均値に対する、炭素の原子濃度の平均値の比は、０．０１以上０．３０以下であってもよい。

[0020] 以下、本明細書においては、Ａｌの原子濃度の平均値に対する、炭素（Ｃ）の原子濃度の平均値の比が「濃度比$_{(C/Al)}$」とも記される。

[0021] 本開示の介在相には、結合材に由来する成分が含まれている。結合材に由来する成分のうち、Ａｌ以外の金属元素（例えばＴｉ、Ｗ等）は、ｃＢＮ粒子との密着力が低い傾向がある。よって、結合材に由来する成分のうち、Ａｌ以外の金属元素が、介在相に拡散することにより、ｃＢＮ粒子と結合相との密着力が低下する可能性がある。

[0022] Ａｌに対して特定量の炭素が、介在相に含まれていることにより、Ａｌ以外の金属元素が介在相に拡散することが抑制され得る。これにより、ｃＢＮ粒子と結合相との密着力が向上し得る。

[0023] （３） 立方晶窒化硼素粒子は、立方晶窒化硼素焼結体のうち、３５体積

％以上７５体積％未満を占めていてもよい。

[0024] ｃＢＮ粒子の体積比率が高い程、耐欠損性が向上する傾向がある。他方、ｃＢＮ粒子の体積比率が高い程、耐摩耗性が低下する傾向もある。ｃＢＮ粒子の体積比率が３５体積％以上７５体積％未満であることにより、ｃＢＮ焼結体の内部において、ｃＢＮ粒子同士の接触確率が適度になり得る。その結果、ｃＢＮ焼結体の耐欠損性および耐摩耗性が向上し得る。

[0025] （４） 結合相は、チタンを含んでいてもよい。結合相は、ジルコニウム、ニオブ、モリブデン、ハフニウム、タンタルおよびタングステンからなる群より選択される１種以上をさらに含んでいてもよい。

[0026] 結合相がチタン（Ｔｉ）を含み、さらに結合相がニオブ（Ｎｂ）等を含むことにより、結合相の強度および結合相の靭性が向上し得る。Ｎｂ等によって固溶強化が起こるためと考えられる。結合相が高強度および高靭性を有することにより、ｃＢＮ焼結体の耐摩耗性および耐欠損性が向上し得る。

[0027] （５） 介在相の厚さの平均値は、５ｎｍ以上１００ｎｍ以下であってもよい。

[0028] 介在相の厚さの平均値は、５ｎｍ以上１００ｎｍ以下であることにより、ｃＢＮ工具の寿命が向上し得る。

[0029] （６） 介在相の厚さの平均値は、５ｎｍ以上２０ｎｍ以下であってもよい。

[0030] 介在相の厚さの平均値が５ｎｍ以上２０ｎｍ以下であることにより、ｃＢＮ工具の寿命がいっそう向上し得る。

[0031] （７） 結合相に含まれる成分に、酸素が固溶していてもよい。

[0032] ｃＢＮ粒子の表面には、酸化物層が形成されている。酸化物層は数ｎｍの厚さを有する。酸化物層は、B_2O_3等を含むと考えられる。従来、結合材には、ＴｉＮ、ＴｉＣＮ等の窒化物が使用されている。焼結時、酸化物層（B_2O_3）と結合材（ＴｉＮ、ＴｉＣＮ等）とが反応することにより、ｃＢＮ粒子と結合材との界面に脆性物質（TiB_2等）が生成されると考えられる。

[0033] 本開示の新プロセスでは、例えば、脆性物質の代わりに、上記の介在相が

形成される。本開示の新プロセスの一つでは、結合材の原料として酸化物が使用され得る。結合材（結合相の前駆体）の原料に酸化物が使用されていることにより、最終製品の結合相に、微量の酸素が固溶した状態になると考えられる。

[0034] 従来、例えば、ｃＢＮ焼結体の原料粉末が粉砕される際に、粒子の表面が酸化されることにより、ｃＢＮ焼結体に酸素が導入されることがあった。しかし、このようにして導入された酸素は、焼結性および結合力に悪影響を及ぼす可能性があった。他方、本開示の新プロセスにより、結合相に固溶した酸素には、結合相の固溶強化が期待できる。

[0035] （８） 本開示の切削工具は、上記（１）から（７）のいずれか１つに記載された立方晶窒化硼素焼結体を含む。本開示の切削工具、すなわちｃＢＮ工具は、例えば高強度焼入鋼の加工において、長寿命を有し得る。

[0036] （９） 上記（８）に記載された切削工具は、被覆切削工具であってもよい。被覆切削工具は、被膜を含む。被膜は、立方晶窒化硼素焼結体の表面の少なくとも一部を被覆している。

[0037] ［本開示の効果］

本開示によれば、ｃＢＮ工具の寿命が向上し得る。

[0038] ［本開示の実施形態の詳細］

以下、本開示の実施形態（本明細書では「本実施形態」と記される）の詳細が説明される。ただし、以下の説明は、請求の範囲を限定するものではない。

[0039] ＜ｃＢＮ焼結体＞

図１は、本実施形態におけるｃＢＮ焼結体の断面画像の一例である。

立方晶窒化硼素（ｃＢＮ）焼結体は、立方晶窒化硼素（ｃＢＮ）粒子１１、結合相１２および介在相１３を含む。介在相１３は、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との間に介在している。ｃＢＮ焼結体は、実質的に、ｃＢＮ粒子１１、結合相１２および介在相１３のみからなっていてもよい。

[0040] 《介在相》

図１の断面画像は、ＨＡＡＤＦ－ＳＴＥＭ（ｈｉｇｈ－ａｎｇｌｅ ａｎｎｕｌａｒ ｄａｒｋ ｆｉｅｌｄ ｓｃａｎｎｉｎｇ ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ ｅｌｅｃｔｒｏｎ ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）像である。図１には、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との界面が示されている。本実施形態においては、以下の手順により、介在相１３が特定される。

[0041] 例えば、ＦＩＢ（ｆｏｃｕｓｅｄ ｉｏｎ ｂｅａｍ）装置により、ｃＢＮ焼結体から断面試料が採取される。ＳＴＥＭにより、断面試料が観察される。観察倍率は、例えば５０万倍程度である。無作為に抽出された５箇所で、ＨＡＡＤＦ像がそれぞれ撮影される。さらにＳＴＥＭに付属しているＥＤＸ（ｅｎｅｒｇｙ ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ ｘ－ｒａｙ ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）により、同５箇所において、元素マッピングがそれぞれ実施される。なお、ここでは撮影箇所が５箇所とされているが、５箇所はあくまで一例である。撮影箇所の数は、平均的な組織情報が得られるように、十分な数とされ得る。撮影箇所の数が少な過ぎると、無作為に抽出された箇所の中に、特異な箇所が含まれていた場合、平均的な組織情報が得られない可能性がある。

[0042] 図２は、図１の画像におけるＡｌのマッピング結果である。

Ａｌは、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との界面に均一に分布している。

[0043] さらに、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との界面が延びる方向に対して、実質的に直交する方向に、ＥＤＸの線分析が実施される。すなわち、図１のＡ地点とＢ地点とを結ぶ直線（Ａ－Ｂ）上において、多元素同時分析が実施される。直線の長さは、０．１００４μｍである。直線（Ａ－Ｂ）上において、隣接する測定点同士の間隔は、０．００２４μｍである。測定点数は４３点である。なお、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との界面が延びる方向に対して、実質的に直交する方向は、介在相１３の厚さ方向に相当する。

[0044] 図３は、線分析の結果を示すグラフである。

本実施形態の介在相１３は、非化学量論的化合物からなると考えられる。介在相１３は、Ａｌ、Ｎ、ＢおよびＯを含んでいる。介在相１３は、実質的

にＡｌ、Ｎ、ＢおよびＯのみからなっていてもよい。介在相１３は、例えばＣ等をさらに含んでいてもよい。

[0045] 図４は、図３におけるＡｌの原子濃度分布を示すグラフである。

図５は、図３におけるＮの原子濃度分布を示すグラフである。

図６は、図３におけるＢの原子濃度分布を示すグラフである。

図７は、図３におけるＯの原子濃度分布を示すグラフである。

図８は、図３におけるＣの原子濃度分布を示すグラフである。

[0046] （介在相の特定）

図４に示されるように、線分析において、Ａｌの原子濃度が、単一の極大値を有している。Ａｌの原子濃度が極大値を示す位置の両側において、Ａｌの原子濃度が極大値の半価になる位置が、２箇所特定される。２箇所のうち、Ａ地点に近い側の位置が、ｃＢＮ粒子１１と介在相１３との界面と定義される。以下、ｃＢＮ粒子１１と介在相１３との界面が「第１界面」とも記される。２つの位置のうち、Ｂ地点に近い側の位置が、介在相１３と結合相１２との界面と定義される。以下、介在相１３と結合相１２との界面が「第２界面」とも記される。

[0047] 第１界面から第２界面までの領域が介在相１３である。介在相１３に含まれる測定点が特定される。図１から図８の例では、介在相１３の厚さが９．６ｎｍである。５点の測定点が介在相１３に含まれている。介在相１３の厚さに応じて、介在相１３に含まれる測定点の点数は変化する。

[0048] 介在相１３に含まれる５点の各測定点における、Ａｌの原子濃度が平均される。これにより、Ａｌの原子濃度の平均値が得られる。同様に、Ｎの原子濃度の平均値、Ｂの原子濃度の平均値、およびＣの原子濃度の平均値がそれぞれ取得される。なお本明細書において、「平均値」は、特に断りのない限り、算術平均を示す。

[0049] （合計濃度$_{(Al+N)}$）

本実施形態の介在相１３において、Ａｌの原子濃度の平均値と、Ｎの原子濃度の平均値との合計（すなわち「合計濃度$_{(Al+N)}$」）は、５０．０原子％以上

である。すなわち、介在相１３の主成分はＡｌおよびＮである。そのため、介在相１３は、外部からの応力を吸収し得ると考えられる。

[0050] 本実施形態において合計濃度$_{(Al+N)}$は、小数第１位まで有効である。小数第２位以下は四捨五入される。合計濃度$_{(Al+N)}$は、例えば５０．０原子％以上７５．２原子％以下であってもよい。合計濃度$_{(Al+N)}$は、例えば６０．５原子％以上６５．０原子％以下であってもよい。

[0051] （濃度比$_{(N/B)}$）

本実施形態の介在相１３においては、Ｂの原子濃度の平均値に対する、Ｎの原子濃度の平均値の比（すなわち「濃度比$_{(N/B)}$」）が１．００を超える。これにより、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との密着力が向上し得る。

[0052] 本実施形態において濃度比$_{(N/B)}$は、小数第２位まで有効である。小数第３位以下は四捨五入される。濃度比$_{(N/B)}$は、例えば、１．２１以上３．９０以下であってもよい。濃度比$_{(N/B)}$は、例えば、１．７０以上３．１０以下であってもよい。濃度比$_{(N/B)}$は、例えば、２．００以上２．５０以下であってもよい。

[0053] （濃度比$_{(C/Al)}$）

本実施形態の介在相１３においては、Ａｌの原子濃度の平均値に対する、Ｃの原子濃度の平均値の比（すなわち「濃度比$_{(C/Al)}$」）が、例えば、０．０１以上０．３０以下であってもよい。これによりＡｌ以外の金属元素（例えばＴｉ等）が、結合相１２から介在相１３に拡散することが抑制され得る。

[0054] 本実施形態において濃度比$_{(C/Al)}$は、小数第２位まで有効である。小数第３位以下は四捨五入される。濃度比$_{(C/Al)}$は、例えば０．０３以上０．２８以下であってもよい。濃度比$_{(C/Al)}$は、例えば０．０３以上０．２６以下であってもよい。濃度比$_{(C/Al)}$は、例えば０．０３以上０．１８以下であってもよい。濃度比$_{(C/Al)}$は、例えば０．１８以上０．３０以下であってもよい。

[0055] （厚さの平均値）

介在相１３の厚さは、直線（Ａ－Ｂ）上における第１界面と第２界面との距離である。厚さは、例えば５箇所で測定される。５箇所の厚さの平均が「厚さの平均値」である。厚さの平均値は、整数部のみ有効である。小数点以

下は四捨五入される。

[0056] 厚さの平均値は、例えば４ｎｍ以上１２０ｎｍ以下であってもよい。厚さの平均値は、例えば５ｎｍ以上１００ｎｍ以下であってもよい。介在相１３の厚さの平均値が５ｎｍ以上１００ｎｍ以下であることにより、ｃＢＮ工具の寿命が向上し得る。厚さの平均値は、例えば５ｎｍ以上５０ｎｍ以下であってもよい。厚さの平均値は、例えば５ｎｍ以上２０ｎｍ以下であってもよい。介在相１３の厚さの平均値が５ｎｍ以上２０ｎｍ以下であることにより、ｃＢＮ工具の寿命がいっそう向上し得る。厚さの平均値は、例えば７ｎｍ以上１１ｎｍ以下であってもよい。厚さの平均値は、例えば１１ｎｍ以上２０ｎｍ以下であってもよい。

[0057] 《結合相》

結合相１２は、ｃＢＮ粒子１１同士を結合している。ｃＢＮ焼結体において、結合相１２は、介在相１３と共に、ｃＢＮ粒子１１の残部を占めている。すなわち、結合相１２および介在相１３の合計が、ｃＢＮ焼結体のうち、ｃＢＮ粒子１１の残部を占めている。結合相１２および介在相１３の体積比率の合計は、ｃＢＮ焼結体の体積比率を１００体積％としたときに、１００体積％からｃＢＮ粒子１１の体積比率を差し引いた数値である。結合相１２および介在相１３の合計は、ｃＢＮ焼結体のうち、例えば、２０体積％以上８０体積％以下を占めていてもよい。

[0058] 結合相１２は、１種以上の成分を含む。結合相１２は、実質的に１種の成分のみからなっていてもよい。結合相１２は、２種以上の成分からなっていてもよい。結合相１２に含まれる成分は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上を含む。すなわち、結合相１２は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上の成分を含む。結合相１２は、実質的に化合物のみからなっていてもよい。結合相１２は、実質的に固溶体のみからなっていてもよい。結合相１２は、化合物および固溶体の両方を含んでいてもよい。結合相１２の組成は、例えば、ＸＲＤ（ｘ－ｒａｙ　ｄｉｆｆｒａｃｔｉｏｎ）およびＥＤＸにより特定され得る。

[0059] 結合相１２に含まれる化合物および固溶体は、いずれも第１元素および第２元素を含む。化合物および固溶体は、それぞれ独立に、第１元素および第２元素を含む。化合物に含まれる第１元素および第２元素の組み合わせと、固溶体に含まれる第１元素および第２元素の組み合わせとは、同じであってもよいし、異なっていてもよい。第１元素は非金属元素である。第１元素は、窒素（Ｎ）、炭素（Ｃ）、硼素（Ｂ）および酸素（Ｏ）からなる群より選択される１種以上である。すなわち、化合物および固溶体は、窒化物であってもよいし、炭化物であってもよいし、硼化物であってもよいし、酸化物であってもよい。化合物および固溶体は、例えば、炭化物であり、かつ窒化物であってもよい。すなわち、化合物および固溶体は、例えば、炭窒化物等であってもよい。

[0060] 第２元素は金属元素である。第２元素は、周期表における第４族元素、第５族元素、第６族元素およびＡｌからなる群より選択される１種以上である。第４族元素は、例えば、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）およびハフニウム（Ｈｆ）からなる群より選択される１種以上であってもよい。第５族元素は、例えば、バナジウム（Ｖ）、ニオブ（Ｎｂ）およびタンタル（Ｔａ）からなる群より選択される１種以上であってもよい。第６族元素は、例えば、クロム（Ｃｒ）、モリブデン（Ｍｏ）およびタングステン（Ｗ）からなる群より選択される１種以上であってもよい。

[0061] 結合相１２は、Ｔｉを含んでいてもよい。結合相１２は、Ｔｉに加えて、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｈｆ、ＴａおよびＷからなる群より選択される１種以上をさらに含んでいてもよい。これにより、結合相の強度および結合相の靭性が向上し得る。

[0062] 結合相は、例えば、ＴｉＣＮ、ＴｉＮｂＮ、TiB_2、Ａｌ化合物（例えばAl_2O_3、ＡｌＮ等）、ＴｉＮｂＣＮ、ＴｉＺｒＣＮ、ＴｉＭｏＣＮ、ＴｉＮｂＺｒＣＮ、ＴｉＨｆＣＮ、ＴｉＴａＣＮ、およびＴｉＷＣＮからなる群より選択される１種以上を含んでいてもよい。

[0063] なお、本明細書における組成式は、その式に示される原子比のみに限定さ

れるべきではない。組成式は、従来公知のあらゆる原子比を含むと解されるべきである。組成式は、例えば非化学量論比も含むと解されるべきである。例えば「ＴｉＣＮ」におけるＴｉ、ＣおよびＮの原子比は、「Ｔｉ：Ｃ：Ｎ＝１：０．５：０．５」のみに限定されない。また、本明細書における組成式は、化合物の組成のみならず、固溶体の組成も示す。固溶体は、侵入型固溶体であってもよいし、置換型固溶体であってもよい。

[0064] 結合相１２に含まれる成分に、酸素（Ｏ）が固溶していてもよい。固溶している酸素は、結合材（結合相１２の前駆体）の原料に由来する酸素であってもよい。酸素の固溶により、結合相１２の強度および結合相１２の靭性が向上し得る。固溶している酸素は、例えばＳＴＥＭに付属しているＥＤＸにより検出され得る。固溶している酸素は、結合相１２のうち、例えば１．０原子％以上５．０原子％以下を占めていてもよい。

[0065] 《ｃＢＮ粒子》

ｃＢＮ粒子１１は、ｃＢＮ焼結体の骨格を形成している。ｃＢＮ粒子１１は、ｃＢＮを含む。ｃＢＮ粒子１１は、例えば不純物等を微量に含んでいてもよい。ｃＢＮ粒子１１は、例えばウルツ鉱型窒化硼素（ｗｕｒｔｚｉｔｅ ｂｏｒｏｎ ｎｉｔｒｉｄｅ，ｗＢＮ）等を微量に含んでいてもよい。ｃＢＮ粒子１１は、実質的に、ｃＢＮのみからなっていてもよい。

[0066] ｃＢＮ粒子１１は、ｃＢＮ焼結体のうち、２０体積％以上８０体積％以下を占める。ｃＢＮ粒子１１の体積比率は、整数部のみ有効である。小数点以下は四捨五入される。体積比率の測定方法は、後述される。ｃＢＮ粒子１１の体積比率が２０体積％未満であると、ｃＢＮ工具に十分な寿命が期待できない。ｃＢＮ粒子１１はｃＢＮ焼結体の骨格の役割を果たしているため、ｃＢＮ粒子１１同士の接触確率が過度に低いと耐欠損性が低下すると考えられる。ｃＢＮ粒子１１の体積比率が８０体積％を超えると、ｃＢＮ工具に十分な寿命が期待できない。ｃＢＮ粒子１１同士の接触確率が過度に高くなることにより、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との間に介在している介在相１３が相対的に減少するためと考えられる。ｃＢＮ粒子１１の体積比率は、例えば

３５体積％以上７５体積％未満であってもよい。該範囲において、ｃＢＮ粒子１１同士の接触確率が適度になり得る。その結果、ｃＢＮ粒子１１と結合相１２との間に介在している介在相１３の効果が大きくなり、ｃＢＮ焼結体の耐欠損性および耐摩耗性が向上し得る。ｃＢＮ粒子１１の体積比率は、例えば４５体積％以上７０体積％以下であってもよい。ｃＢＮ粒子１１の体積比率は、例えば４５体積％以上６０体積％以下であってもよい。

[0067] ｃＢＮ粒子１１は、例えば０．１μｍ以上１０μｍ以下の平均粒径を有していてもよい。ｃＢＮ粒子１１は、例えば１μｍ以上５μｍ以下の平均粒径を有していてもよい。「ｃＢＮ粒子１１の粒径」は、ｃＢＮ焼結体の断面画像におけるｃＢＮ粒子１１の円相当径を示す。「ｃＢＮ粒子１１の平均粒径」は、例えば１０個以上のｃＢＮ粒子１１の粒径の算術平均である。１０個以上のｃＢＮ粒子１１は、ｃＢＮ焼結体の断面画像から無作為に抽出される。

[0068] （体積比率の測定方法）

ｃＢＮ粒子の体積比率は、ＳＥＭ（ｓｃａｎｎｉｎｇ ｅｌｅｃｔｒｏｎ ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）によって測定され得る。例えば、日本電子社製の「ＪＳＭ－７８００Ｆ」等が使用されてもよい。同装置と同等の機能を有する装置が、使用されてもよい。

[0069] ｃＢＮ粒子の体積比率の測定方法は、下記の通りである。

ｃＢＮ焼結体が任意の位置で切断される。切断面に、例えばＣＰ（ｃｒｏｓｓ ｓｅｃｔｉｏｎ ｐｏｌｉｓｈｅｒ）加工等が施される。これにより断面試料が準備される。断面試料が、ＳＥＭの反射電子モードにより観察される。これにより、反射電子像が得られる。観察倍率は、例えば５０００倍程度であり得る。反射電子像においては、ｃＢＮ粒子が存在する領域が黒色領域となり、結合相が存在する領域が灰色領域または白色領域となる。

[0070] 次に、反射電子像に対して画像解析ソフト（三谷商事社製の「ＷｉｎＲＯＯＦ」）を用いた二値化処理が実行される。二値化処理後の画像から、測定視野の面積に占める暗視野に由来する画素（ｃＢＮ粒子に由来する画素）の

面積比率が算出される。算出された面積比率が、ｃＢＮ粒子の体積比率とみなされる。

[0071] 例えば、二値化処理後の画像から、測定視野の面積に占める明視野に由来する画素（結合相に由来する画素）の面積比率が算出されることにより、結合相の体積比率が算出されてもよい。

[0072] 二値化処理の具体的な方法が、図１０から図１５を用いて説明される。

図１０は、ｃＢＮ焼結体の反射電子像の一例である。該反射電子像が画像処理ソフトに読み込まれる。読み込まれた画像が図１１に示される。図１１に示されるように、読み込まれた画像内において、任意のラインＱ１が設定される。

[0073] ラインＱ１に沿って、濃度が測定されることにより、ＧＲＡＹ値が読み取られる。ラインＱ１をＸ座標とし、ＧＲＡＹ値をＹ座標としたグラフ（以下「濃度断面グラフ」とも記される。）が作製される。ｃＢＮ焼結体の反射電子像と、該反射電子像の濃度断面グラフとが図１２に示される。図１２においては、上の画像が反射電子像であり、下のグラフが濃度断面グラフである。図１２において、反射電子像の幅と濃度断面グラフのＸ座標の幅（２３．２７μｍ）とは一致している。したがって、反射電子像におけるラインＱ１の左側端部から、ラインＱ１上の特定の位置までの距離は、濃度断面グラフのＸ座標の値で示される。

[0074] 図１２の反射電子像においてｃＢＮ粒子が存在する黒色領域が、任意に３箇所、選択される。黒色領域は、例えば、図１３の反射電子像において、符号ｃの楕円で示される部分である。

[0075] 該３箇所の黒色領域のそれぞれのＧＲＡＹ値が、濃度断面グラフから読み取られる。該３箇所の黒色領域のそれぞれのＧＲＡＹ値は、図１３の濃度断面グラフにおいて、符号ｃの楕円で囲まれる３箇所の各部分におけるＧＲＡＹ値の平均値とされる。該３箇所のそれぞれのＧＲＡＹ値の平均値が算出される。該平均値がｃＢＮのＧＲＡＹ値（以下「G_{cbn}」とも記される。）とされる。

[0076] 図１２の反射電子像において灰色で示される結合相が存在する領域が、任意に３箇所、選択される。結合相は、例えば、図１３の反射電子像において、符号ｄの楕円で示される部分である。

[0077] 該３箇所の結合相のそれぞれのＧＲＡＹ値が、濃度断面グラフから読み取られる。該３箇所の結合相のそれぞれのＧＲＡＹ値は、図１３の濃度断面グラフにおいて、符号ｄの楕円で囲まれる３箇所の各部分におけるＧＲＡＹ値の平均値とされる。該３箇所のそれぞれのＧＲＡＹ値の平均値が算出される。該平均値が結合相のＧＲＡＹ値（以下、「G_{binder}」とも記される。）とされる。

[0078] （G_{cbn}＋G_{binder}）／２で示されるＧＲＡＹ値が、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面のＧＲＡＹ値と規定される。例えば、図１３の濃度断面グラフにおいて、黒色領域（ｃＢＮ粒子）のＧＲＡＹ値G_{cbn}は、ラインG_{cbn}で示される。結合相のＧＲＡＹ値G_{binder}は、ラインG_{binder}で示される。（G_{cbn}＋G_{binder}）／２で示されるＧＲＡＹ値は、ラインＧ１で示される。

[0079] 上記の通り、濃度断面グラフにおいて、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面を規定することにより、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面におけるＸ座標およびＹ座標の値が読み取られる。図１４の反射電子像において、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面は、符号ｅの楕円で示される部分である。図１４の濃度断面グラフにおいて、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面は、矢印ｅで示される部分である。該矢印ｅにおけるＸ座標およびＹ座標の値が、黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面におけるＸ座標およびＹ座標の値に該当する。なお、界面は任意に設定され得る。図１４の例においては、界面を含む部分が楕円ｅとして示されている。

[0080] 黒色領域（ｃＢＮ粒子）と結合相との界面における、Ｘ座標およびＹ座標の値が閾値とされることにより、二値化処理が実行される。二値化処理後の画像が図１５に示される。図１５中、点線で囲まれた範囲が、二値化処理が施された領域である。なお、二値化処理後の画像には、明視野（灰色領域）

および暗視野（黒色領域）に加えて、白色領域が含まれる場合がある。該白色領域は、二値化処理前の画像において白色で表示されていた領域である。

[0081] 図１５において、測定視野の面積に占める暗視野に由来する画素（ｃＢＮ粒子に由来する画素）の面積比率が算出される。算出された面積比率が、ｃＢＮ粒子の体積比率とみなされる。

[0082] 例えば、図１５において、測定視野の面積に占める明視野に由来する画素（結合相に由来する画素）の面積比率が算出されることにより、結合相の体積比率が算出されてもよい。

[0083] ＜ｃＢＮ焼結体の製造方法＞

本実施形態のｃＢＮ焼結体は、例えば、以下の製造方法により製造され得る。

図９は、本実施形態におけるｃＢＮ焼結体の製造方法を示すフローチャートである。本実施形態のｃＢＮ焼結体の製造方法は、「（Ａ）結合材の調製」、「（Ｂ）原料粉末の調製」および「（Ｃ）焼結」を含む。

[0084] 本実施形態においては、介在相が形成されるように、特定組成の結合材が使用されてもよい。介在相が形成されるように、ｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。特定組成の結合材が使用され、かつｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。

[0085] 《（Ａ）結合材の調製》

本実施形態においては、第１材料と第２材料とが混合されることにより、結合材が調製される。結合材は、結合相の前駆体である。第１材料と第２材料との混合比は、目的の結合相の組成に応じて適宜変更され得る。第１材料と第２材料との混合比は、例えば「第１材料：第２材料＝１：３から３：１（質量比）」であってもよい。

[0086] （第１材料）

第１材料は、結合相の主成分となる材料である。第１材料は「主結合材」とも称される。第１材料は、例えば、ＴｉＣ、ＴｉＮおよびＴｉＣＮからなる群より選択される１種以上を含んでいてもよい。

[0087] 第１材料は、後述の第２材料との間で、元素の相互拡散が生じ難いことが望ましい。元素の相互拡散が生じ難いことにより、第２材料とｃＢＮ粒子との反応が促進され、介在相の形成が促進されるためである。

[0088] 第１材料は、例えば、「式（Ｉ）：ＴｉＭＣＮ」により表される組成を有していてもよい。ただし式（Ｉ）中、Ｍは、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｈｆ、ＴａおよびＷからなる群より選択される１種以上である。

[0089] 例えば、ＴｉＣＮ等に、Ｍ（Ｎｂ等）を強制的に固溶させることにより、第１材料が調製されてもよい。Ｍの固溶の結果、結晶構造が歪むと考えられる。そのため、焼結時に、第２材料との間で、元素の相互拡散が生じ難くなると考えられる。

[0090] 上記式（Ｉ）の組成を有する第１材料は、例えば、次の手順により調製される。例えば、TiO_2粉末、Ｍ（Ｎｂ等）の酸化物の粉末、および炭素粉末が混合されることにより、混合粉末が調製される。混合比は、例えば「TiO_2：Ｍの酸化物：炭素＝６５：１７：１８（質量比）」であってもよい。例えば、還元雰囲気下で、混合粉末が熱処理される。還元雰囲気は、例えば窒素雰囲気であってもよい。熱処理温度は、例えば１８００℃以上２２００℃以下であってもよい。熱処理時間は、例えば６０分程度であってもよい。熱処理により、上記式（Ｉ）の組成を有する単相化合物が生成され得る。さらに、例えば湿式粉砕法により、単相化合物の平均粒径が調整される。

[0091] 一般的な第１材料（ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＴｉＣＮ等）の合成時の熱処理温度は、１５００℃以下である。この温度は、焼結温度（１２００℃から１８００℃程度）に近い温度である。上記の第１材料は、例えば１８００℃以上２２００℃以下の温度で熱処理されている。すなわち、本実施形態における第１材料は、焼結温度以上の温度で熱処理され得る。事前に、焼結温度以上の温度で熱処理されていることにより、実際の焼結時に第１材料からの元素拡散が抑制され得る。

[0092] 上記の第１材料は、原料に酸化物が使用されている。原料に含まれる酸素が、結合相の構成成分に固溶することにより、結合相の固溶強化に寄与し得

る。

[0093] （第２材料）

第２材料は、第１材料とｃＢＮ粒子とを結合する成分である。第２材料は「副結合材」とも称される。従来、例えば、Ｔｉ、ＡＩ、ＴｉＡＩ、ＴｉＡＩ$_3$等の金属間化合物が、第２材料として使用されている。これに対して、本実施形態における第２材料は、例えばTi_2AlC等の炭化物、Ti_2AlN等の窒化物、および、Ti_2AlCN等の炭窒化物からなる群より選択される少なくとも１種を含み得る。

[0094] ｃＢＮ粒子の表面には、B_2O_3等の酸化物が存在していると考えられる。Ti_2AlC等の炭化物、Ti_2AlN等の窒化物およびTi_2AlCN等の炭窒化物は、焼結時に、酸化物（B_2O_3等）の分解を促進することが期待される。さらに、酸化物の分解によって生じる酸素は、炭化物および炭窒化物に含まれる炭素により還元され得る。還元反応により生じる一酸化炭素（ＣＯ）および二酸化炭素（CO_2）等は、ガスであるため、系外へ容易に排出され得る。さらに、還元反応の過程において、ｃＢＮ粒子の表面に炭素が拡散することにより、ｃＢＮ粒子の表面の濡れ性が向上することが期待される。濡れ性の向上により、ｃＢＮ粒子の表面に、ＡＩが薄くかつ均一に分布することになる。その結果、ｃＢＮ粒子と結合相との密着力が向上することが期待される。

[0095] さらに、炭素によって、ＡＩ以外の金属元素が介在相に拡散することが阻害され得る。これによりｃＢＮ粒子と結合相との密着力が向上することが期待される。

[0096] Ti_2AlCは、例えば、次の手順で調製される。例えば、Ｔｉ粉末、ＡＩ粉末およびＴｉＣ粉末が混合されることにより、混合粉末が調製される。混合比は、例えば「Ｔｉ：ＡＩ：ＴｉＣ＝３７：２２：４１（質量比）」であってもよい。例えば、真空雰囲気下で、混合粉末が熱処理される。熱処理温度は、例えば、１５００℃程度であってもよい。熱処理時間は、例えば３０分程度であってもよい。熱処理により、例えば、Ti_2AlCの単相化合物が

生成され得る。さらに、例えば湿式粉砕法により、単相化合物の平均粒径が調整される。

[0097] 《（Ｂ）原料粉末の調製》

本実施形態においては、ｃＢＮ粒子と結合材とが混合されることにより、原料粉末が調製される。例えば湿式混合により、ｃＢＮ粒子と結合材とが混合され得る。湿式混合における媒体は、例えばエタノール等であってもよい。混合後、原料粉末が自然乾燥されてもよい。混合後、混合粉末に脱ガス処理が施されてもよい。脱ガス処理においては、例えば真空雰囲気下で、原料粉末が９００℃以上の温度に加熱され得る。

[0098] （ｃＢＮ粒子の表面改質）

本実施形態においては、原料粉末の調製に先立ち、ｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。ｃＢＮ粒子の表面が改質されることにより、介在相の形成が促進されることが期待される。

[0099] ｃＢＮ粒子の表面には、酸化物層が形成されている。酸化物層は、例えば、結晶質であるか、あるいはアモルファスであり得る。酸化物層は、例えばB_2O_3等の組成を有し得る。酸化物層は、ｃＢＮ粒子の洗浄時および大気暴露時等に、ｃＢＮ粒子の表面に水分および酸素が吸着することにより、形成されていると考えられる。酸化物層は、その厚さにバラツキを有している。酸化物層の厚さのバラツキは、焼結時にＢおよびＮの拡散に影響を及ぼすと考えられる。その結果、脆性物質が生成されると考えられる。

[0100] 例えば、酸化物層の厚さが均一になるように、ｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。またｃＢＮ粒子の表面に、有機材料が修飾されるように、ｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。

[0101] 例えば、超臨界水中において、ｃＢＮ粒子と有機材料とが接触してもよい。有機材料は、例えば、ヘキシルアミンおよびパラフィン等であってもよい。超臨界水中においては、酸化物層のうち厚い部分が選択的に溶解し、酸化物層の厚さが均一になることが期待される。さらに、ｃＢＮ粒子の表面に、有機材料が修飾されることにより、ｃＢＮ粒子の表面に、還元作用を有する

炭素が導入されることが期待される。その他、例えば、ｃＢＮ粒子の表面にプラズマが照射されることにより、ｃＢＮ粒子の表面が改質されてもよい。

[0102] 《（Ｃ）焼結》

本実施形態においては、原料粉末が焼結されることにより、ｃＢＮ焼結体が製造される。

[0103] 例えば、脱ガス処理後の原料粉末がカプセルに充填される。脱ガス処理後、原料粉末が大気中で放置されると、大気中の水分および酸素が原料粉末に吸着し得る。そのため、脱ガス処理後、速やかに原料粉末がカプセルに充填されることが望ましい。

[0104] カプセルは例えばＴａ製等であってもよい。カプセルが金属製のシール材により密封される。焼結操作には、例えばベルト型超高圧高温発生装置が使用される。密封後のカプセルが、ベルト型超高圧高温発生装置にセットされる。ベルト型超高圧高温発生装置により、原料粉末が焼結される。焼結時の圧力は、例えば５．５ＧＰａ以上８ＧＰａ以下であってもよい。焼結時の温度は、例えば１２００℃以上１８００℃未満であってもよい。焼結時の圧力が６ＧＰａ以上７ＧＰａ以下であり、かつ焼結時の温度が１４００℃以上１６００℃以下である時、例えば、製造コストと性能とのバランスが良好である。

[0105] なお、ｃＢＮ粒子の表面改質により、ｃＢＮ粒子の表面に有機材料が修飾されている場合、焼結時の加熱により、有機材料が分解する。有機材料の分解により生じたガスが、圧粉体（原料粉末）の隙間に均一に浸透すると考えられる。分解した有機材料の一部が、ｃＢＮ粒子の表面に残存することもあり得る。

[0106] ＜切削工具＞

本実施形態の切削工具は、本実施形態のｃＢＮ焼結体を含む。切削工具において、ｃＢＮ焼結体は切れ刃として機能する。切削工具は、実質的にｃＢＮ焼結体のみからなっていてもよい。切削工具は、ｃＢＮ焼結体以外の構成をさらに含んでいてもよい。例えば、切削工具は、超硬合金製の台金を含ん

でいてもよい。ｃＢＮ焼結体は、台金の刃先に設置されていてもよい。

[0107] 本実施形態の切削工具は、被覆切削工具であってもよい。被覆切削工具は、被膜を含む。被膜は、ｃＢＮ焼結体の表面の少なくとも一部を被覆している。被膜は、例えばセラミックス材料等を含む。

[0108] ｃＢＮ工具の形状は、特に限定されるべきではない。ｃＢＮ工具は、例えば、刃先交換型チップ（ドリル用、エンドミル用、フライス加工用、旋削加工用等）、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップ、またはバイト等であってもよい。

実施例

[0109] 以下、本開示の実施例（本明細書においては「本実施例」とも記される）が説明される。ただし以下の説明は、請求の範囲を限定するものではない。

[0110] ＜ｃＢＮ焼結体の製造＞

下記表１に示される試料１から試料２２が製造された。試料１から試料１９が実施例である。試料２０から試料２２が比較例である。

[0111] 《試料１》

第１材料として、ＴｉＣＮが準備された。ＴｉＣＮは、０．５μｍの平均粒径を有していた。

[0112] Ｔｉ粉末、ＡｌＩ粉末およびＴｉＣ粉末が混合されることにより、混合粉末が調製された。混合比は、「Ｔｉ：ＡｌＩ：ＴｉＣ＝３７：２２：４１（質量比）」であった。同混合粉末が熱処理された。熱処理条件は、以下のとおりである。

[0113] 熱処理条件

雰囲気　真空

温度　　１５２０℃

時間　　３０分

[0114] 熱処理により、単相化合物が形成された。同単相化合物は、およそTi_2AlCの組成を有すると考えられる。同単相化合物がボールミル法により粉砕された。これにより第２材料が調製された。第２材料は、０．５μｍの平均

粒径を有していた。

[0115] 第１材料と第２材料とが混合されることにより、結合材が調製された。混合比は「第１材料：第２材料＝１：３（質量比）」であった。

[0116] ｃＢＮ粒子が準備された。ｃＢＮ粒子は、３μｍの平均粒径を有していた。ボールミルにより、ｃＢＮ粒子と結合材とが混合された。これにより、原料粉末が調製された。混合比は、「ｃＢＮ粒子：結合材＝７０：３０（体積比）」であった。

[0117] カプセルに原料粉末が充填された。カプセルはＴａ製であった。金属製のシール材により、カプセルが密封された。密封後のカプセルが、ベルト型超高圧高温発生装置にセットされた。ベルト型超高圧高温発生装置により、原料粉末が焼結された。焼結条件は、以下のとおりである。以上より、試料１に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0118] 焼結条件

圧力　　６．５ＧＰａ

温度　　１５００℃

時間　　１５分

[0119] 《試料２》

超臨界水ナノ粒子合成試験機（製品名「ＭＯＭＩ超ｍｉｎｉ」、株式会社アイテック社製）が準備された。同試験機により、超臨界水が生成された。超臨界水の生成条件は、以下のとおりである。

[0120] 超臨界水の生成条件

圧力　　３４ＭＰａ

温度　　３８１℃

流速　　２ｍｌ／ｍｉｎ

[0121] 有機材料としてヘキシルアミンが準備された。ｃＢＮ粒子が準備された。ｃＢＮ粒子は、３μｍの平均粒径を有していた。

[0122] 同試験機において、超臨界水中にヘキシルアミンおよびｃＢＮ粒子が連続的に投入された。超臨界水、ヘキシルアミンおよびｃＢＮ粒子からなる混合

物において、ヘキシルアミンの含量は１０質量％であった。同混合物において、ｃＢＮ粒子の含量は１０質量％であった。これによりｃＢＮ粒子の表面において、酸化物層（B_2O_3）が低減された。さらに、有機材料に由来する炭素が、ｃＢＮ粒子の表面に修飾された。炭素は、ｃＢＮ粒子の表面において、非常に薄く、均一な膜を形成していると考えられる。

[0123] ＧＣ－ＭＳ（ｇａｓ　ｃｈｒｏｍａｔｏｇｒａｐｈｙ　－　ｍａｓｓ　ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ）により、ｃＢＮ粒子の表面を修飾している有機物（修飾材料）が同定され、同時に修飾材料が定量された。修飾材料の分子式、および修飾材料の修飾量から、炭素の修飾量が算出された。炭素の修飾量は５２９ｐｐｍであった。以上より、改質ｃＢＮ粒子が調製された。

[0124] 上記で得られた改質ｃＢＮ粒子が、ｃＢＮ粒子の代わりに使用されることを除いては、試料１と同様の操作が実施されることにより、試料２に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0125] 《試料３》

超臨界水、ヘキシルアミンおよびｃＢＮ粒子からなる混合物における、ヘキシルアミンの含量が１質量％に変更されることを除いては、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料３に係るｃＢＮ焼結体が製造された。試料３において、炭素の修飾量は４８ｐｐｍであった。

[0126] 《試料４》

改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝６０：４０（体積比）」に変更されることを除いては、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料４に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0127] 《試料５》

改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝４５：５５（体積比）」に変更されることを除いては、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料５に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0128] 《試料６》

改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝２０：

８０（体積比）」に変更されることを除いては、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料６に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0129]《試料７》

改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝８０：２０（体積比）」に変更されることを除いては、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料７に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0130]《試料８》

試料８の製造においては、ＴｉＮｂＣＮが第１材料として使用された。第１材料は、次の手順により調製された。TiO_2粉末、Nb_2O_3粉末、および炭素粉末が混合されることにより、混合粉末が調製された。混合比は、「TiO_2：Nb_2O_3：炭素＝５７：１７：２６（質量比）」であった。同混合粉末が熱処理された。熱処理条件は、以下のとおりである。

[0131] 熱処理条件

雰囲気　窒素

温度　　２２００℃

時間　　６０分

[0132] 熱処理により、単相化合物が形成された。同単相化合物がボールミル法により粉砕された。これにより第１材料が調製された。第１材料は、０．５μｍの平均粒径を有していた。

[0133] 上記で得られた第１材料（ＴｉＮｂＣＮ）が使用されることを除いては、試料４と同様の操作が実施されることにより、試料８に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0134]《試料９》

焼結条件のうち、時間が３０分に変更されることを除いては、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料９に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0135]《試料１０》

第２結合材にTi_2AlNが使用されることを除いては、試料８と同様の操

作が実施されることにより、試料１０に係るｃＢＮ焼結体が製造された。本試料におけるTi_2AlNは、次の手順により合成された。Ｔｉ粉末、Ａｌ粉末およびＴｉＮ粉末が混合されることにより、混合粉末が調製された。混合比は、「Ｔｉ：Ａｌ：ＴｉＮ＝３１：２１：４８（質量比）」であった。同混合粉末が熱処理されることにより、Ti_2AlNが合成された。熱処理条件は、以下のとおりである。

[0136] 熱処理条件

雰囲気　真空

温度　　１５５０℃

時間　　３０分

[0137] 《試料１１》

第２結合材にTi_2AlNが使用されることを除いては、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１１に係るｃＢＮ焼結体が製造された。本試料におけるTi_2AlNは、次の手順により合成された。Ｔｉ粉末、Ａｌ粉末およびＴｉＮ粉末が混合されることにより、混合粉末が調製された。混合比は、「Ｔｉ：Ａｌ：ＴｉＮ＝３１：２２：４７（質量比）」であった。同混合粉末が熱処理されることにより、Ti_2AlNが合成された。熱処理条件は、以下のとおりである。

[0138] 熱処理条件

雰囲気　真空

温度　　１５５０℃

時間　　３０分

[0139] 《試料１２》

第１結合材にＴｉＮｂＮが使用されることを除いては、試料１０と同様の操作が実施されることにより、試料１２に係るｃＢＮ焼結体が製造された。本試料におけるＴｉＮｂＮは、次の手順により合成された。ＴｉＮ粉末（日本新金属社製）およびＮｂＮ粉末（日本新金属社製）が混合されることにより、混合粉末が調製された。混合比は、「ＴｉＮ：ＮｂＮ＝９２：８（質量

比）」であった。同混合粉末が熱処理されることにより、ＴｉＮｂＮが合成された。熱処理条件は、以下のとおりである。熱処理後、ＴｉＮｂＮ粉末が粉砕された。

[0140] 熱処理条件

雰囲気　窒素

温度　　２２００℃

時間　　６０分

[0141] 《試料１３》

下記混合比において合成されたTi_2AlNが使用されることを除いては、試料１０と同様の操作が実施されることにより、試料１３に係るｃＢＮ焼結体が製造された。混合比は、「Ｔｉ：Ａｌ：ＴｉＮ＝３０：２５：４５（質量比）」であった。

[0142] 《試料１４》

試料１４の製造においては、Nb_2O_3に代えて、ZrO_2が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：ZrO_2：炭素＝５８：１６：２６（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１４に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0143] 《試料１５》

試料１５の製造においては、Nb_2O_3に代えて、MoO_3が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：MoO_3：炭素＝５６：１８：２６（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１５に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0144] 《試料１６》

試料１６の製造においては、Nb_2O_3およびZrO_2が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：Nb_2O_3：ZrO_2：炭素＝５７：８．５：８．５：２６（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除

いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１６に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0145] 《試料１７》

試料１７の製造においては、Nb_2O_3に代えて、HfO_2が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：HfO_2：炭素＝５３：２４：２３（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１７に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0146] 《試料１８》

試料１８の製造においては、Nb_2O_3に代えて、Ta_2O_5が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：Ta_2O_5：炭素＝５２：２５：２３（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１８に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0147] 《試料１９》

試料１９の製造においては、Nb_2O_3に代えて、WO_3が使用された。すなわち、混合粉末の混合比が「TiO_2：WO_3：炭素＝５２：２６：２２（質量比）」であった。第１材料の組成が変更されることを除いて、試料８と同様の操作が実施されることにより、試料１９に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0148] 《試料２０》

試料２０の製造においては、改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝１０：９０（体積比）」であった。改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が変更されることを除いて、試料２と同様の操作が実施されることにより、試料２０に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0149] 《試料２１》

試料２１の製造においては、改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が「改質ｃＢＮ粒子：結合材＝９０：１０（体積比）」であった。改質ｃＢＮ粒子と結合材との混合比が変更されることを除いて、試料２と同様の操作が実施さ

れることにより、試料２１に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0150] 《試料２２》

Ti_2AlNが第２材料として使用されることを除いては、試料１と同様の操作が実施されることにより、試料２２に係るｃＢＮ焼結体が製造された。

[0151] ＜評価＞

ＸＲＤにより、結合相に含まれる化合物等が同定された。さらにＳＴＥＭ－ＥＤＸにより、介在相の組成が分析された。結果は下記表１に示される。

[0152] 上記において製造された各ｃＢＮ焼結体が使用されることにより、ｃＢＮ工具がそれぞれ製造された。ｃＢＮ工具の切削試験が実施された。切削試験の条件は、以下のとおりである。

[0153] 工具型番

ＤＮＧＡ１５０４１２　（刃先処理　Ｓ０１２２５）

[0154] 切削条件

切削速度　　２００ｍ／ｍｉｎ

送り速度　　０．２ｍｍ／ｒｅｖ．

切込み　　０．１５ｍｍ

クーラント　ＤＲＹ

断続切削

[0155] 旋盤

ＬＢ４００　オークマ株式会社製

[0156] 切削対象

焼入鋼　　ＳＫＤ１１（高強度焼入鋼）、硬度　６０ＨＲＣ、外周部にＶ字溝が形成されている。

[0157] 切削試験において、ｃＢＮ工具の寿命が測定された。結果は下記表１に示される。測定手順は次のとおりである。０．１ｋｍの切削が実施される度に、刃先においてチッピングの大きさが測定された。チッピングの大きさは、主分力の方向における欠けの大きさと定義された。主分力の方向は、切削開始前の刃先稜線の位置を基準とする。刃先においてチッピングの大きさが、

０．１ｍｍ以上となった時点の距離が寿命とされた。

[0158] [表1]

表１　試料一覧

試料No.	cBN粒子	結合相	介在相					評価
	比率[体積%]	組成	元素	合計濃度(Al+N)[原子%]	濃度比(N/B)[-]	濃度比(C/Al)[-]	厚さの平均値[nm]	寿命[km]
1	70	TiCN, TiB_2, Al化合物*	Al, N, B, O	50.0	3.90	—	4	0.95
2	70	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	75.2	1.21	0.20	10	1.20
3	70	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	65.0	2.20	0.01	4	1.15
4	60	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	63.0	1.90	0.30	4	1.32
5	45	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	62.0	2.00	0.18	9	1.22
6	20	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	58.0	3.10	0.03	10	0.51
7	80	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	55.0	2.50	0.03	11	0.65
8	60	TiNbCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	63.0	2.10	0.32	7	1.54
9	60	TiNbCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	62.3	2.40	0.35	20	1.51
10	60	TiNbCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	62.0	2.43	0.02	50	1.48
11	60	TiNbCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	61.8	2.44	0.03	100	1.46
12	60	TiNbN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O	63.0	3.05	0	50	1.5
13	60	TiNbCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	60.0	2.50	0.03	120	1.16
14	60	TiZrCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	62.5	1.95	0.31	6	1.48
15	60	TiMoCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	63.5	2.00	0.34	8	1.45
16	60	TiNbZrCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	61.5	2.10	0.33	9	1.52
17	60	TiHfCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	61.0	2.30	0.37	11	1.44
18	60	TiTaCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	60.5	2.20	0.28	10	1.43
19	60	TiWCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	59.0	1.70	0.26	9	1.38
20	10	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	60.0	3.20	0.20	30	0.10
21	90	TiCN, TiB_2, Al化合物	Al, N, B, O, C	60.0	3.10	0.20	35	0.15
22	70	TiCN, TiB_2, Al化合物	Ti, Al, N, B, O	25.0	0.40	—	50	0.21

＊Al化合物は、例えばAlN、Al_2O_3等を含む。

[0159] ＜結果＞

試料１から試料１９は、介在相を含んでいた。試料２２は、介在相を含ん

でいなかった。試料１から試料１９は、試料２２に比して、長寿命であった。介在相が、亀裂の発生および亀裂の伝搬を抑制したためと考えられる。

[0160] 試料２０は介在相を含んでいた。しかし試料２０は短寿命であった。ｃＢＮ粒子の体積比率が２０体積％未満であったためと考えられる。

[0161] 試料２１は介在相を含んでいた。しかし試料２１は短寿命であった。ｃＢＮ粒子の体積比率が８０体積％を超えていたためと考えられる。

[0162] ［付記］

立方晶窒化硼素焼結体であって、

立方晶窒化硼素粒子、結合相および介在相を含み、

前記立方晶窒化硼素粒子は、前記立方晶窒化硼素焼結体のうち、２０体積％以上８０体積％以下を占め、

前記結合相および前記介在相の合計は、前記立方晶窒化硼素焼結体のうち、前記立方晶窒化硼素粒子の残部を占め、

前記結合相は、１種以上の成分を含み、

前記結合相に含まれる前記成分は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上を含み、

前記化合物および前記固溶体の各々は、第１元素および第２元素を含み、

前記第１元素は、窒素、炭素、硼素および酸素からなる群より選択される１種以上であり、

前記第２元素は、周期表における第４族元素、第５族元素、第６族元素およびアルミニウムからなる群より選択される１種以上であり、

前記介在相は、前記立方晶窒化硼素粒子と前記結合相との間に介在しており、

前記介在相は、アルミニウム、窒素、硼素および酸素を含み、

前記介在相に含まれるアルミニウムの原子濃度の平均値と、前記介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上であり、

前記介在相に含まれる硼素の原子濃度の平均値に対する、前記介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値の比は１．００を超える、

立方晶窒化硼素焼結体。

[0163] 本実施形態および本実施例は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、本実施形態および本実施例ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0164] １１　立方晶窒化硼素（ｃＢＮ）粒子、１２　結合相、１３　介在相。

請求の範囲

[請求項1] 立方晶窒化硼素粒子、結合相および介在相を含む立方晶窒化硼素焼結体であって、

前記立方晶窒化硼素粒子は、前記立方晶窒化硼素焼結体のうち、２０体積％以上８０体積％以下を占め、

前記結合相および前記介在相の体積比率の合計は、前記立方晶窒化硼素焼結体の体積比率を１００体積％としたときに、１００体積％から前記立方晶窒化硼素粒子の体積比率を差し引いた数値であり、

前記結合相は、化合物および固溶体からなる群より選択される１種以上の成分を含み、

前記化合物および前記固溶体の各々は、第１元素および第２元素を含み、

前記第１元素は、窒素、炭素、硼素および酸素からなる群より選択される１種以上であり、

前記第２元素は、周期表における第４族元素、第５族元素、第６族元素およびアルミニウムからなる群より選択される１種以上であり、

前記介在相は、前記立方晶窒化硼素粒子と前記結合相との間に介在しており、

前記介在相は、アルミニウム、窒素、硼素および酸素を含み、

前記介在相に含まれるアルミニウムの原子濃度の平均値と、前記介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値との合計は、５０．０原子％以上であり、

前記介在相に含まれる硼素の原子濃度の平均値に対する、前記介在相に含まれる窒素の原子濃度の平均値の比は１．００を超える、

立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項2] 前記介在相は、炭素をさらに含み、

前記介在相の厚さ方向に、原子濃度の線分析を行なった時、

アルミニウムの原子濃度は、単一の極大値を有し、

アルミニウムの原子濃度の平均値に対する、炭素の原子濃度の平均値の比は、０．０１以上０．３０以下である、

請求項１に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項3] 前記立方晶窒化硼素粒子は、前記立方晶窒化硼素焼結体のうち、３５体積％以上７５体積％未満を占める、

請求項１または請求項２に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項4] 前記結合相は、チタンを含み、

前記結合相は、ジルコニウム、ニオブ、モリブデン、ハフニウム、タンタルおよびタングステンからなる群より選択される１種以上をさらに含む、

請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項5] 前記介在相の厚さの平均値は、５ｎｍ以上１００ｎｍ以下である、

請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項6] 前記介在相の厚さの平均値は、５ｎｍ以上２０ｎｍ以下である、

請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項7] 前記結合相に含まれる前記成分に、酸素が固溶している、

請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の立方晶窒化硼素焼結体。

[請求項8] 請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の立方晶窒化硼素焼結体を含む、

切削工具。

[請求項9] 前記切削工具は、被覆切削工具であり、

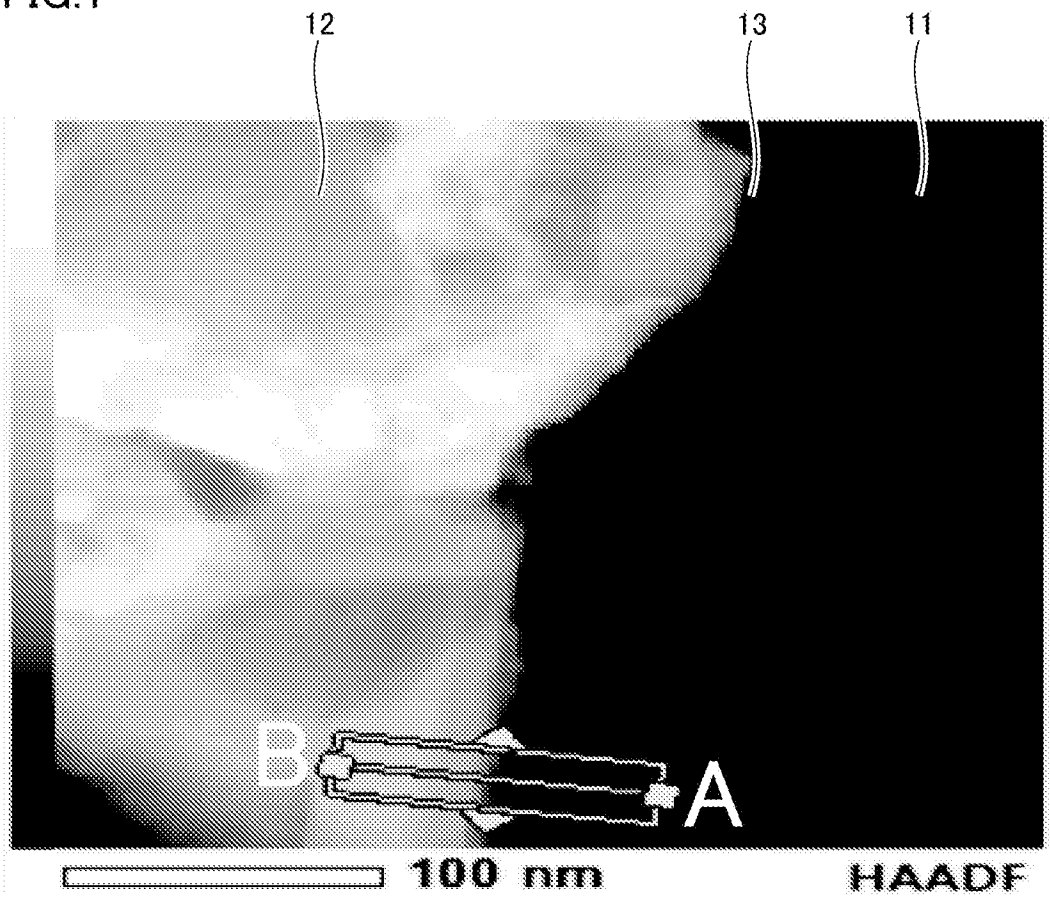
前記被覆切削工具は、被膜を含み、

前記被膜は、前記立方晶窒化硼素焼結体の表面の少なくとも一部を被覆している、

請求項８に記載の切削工具。

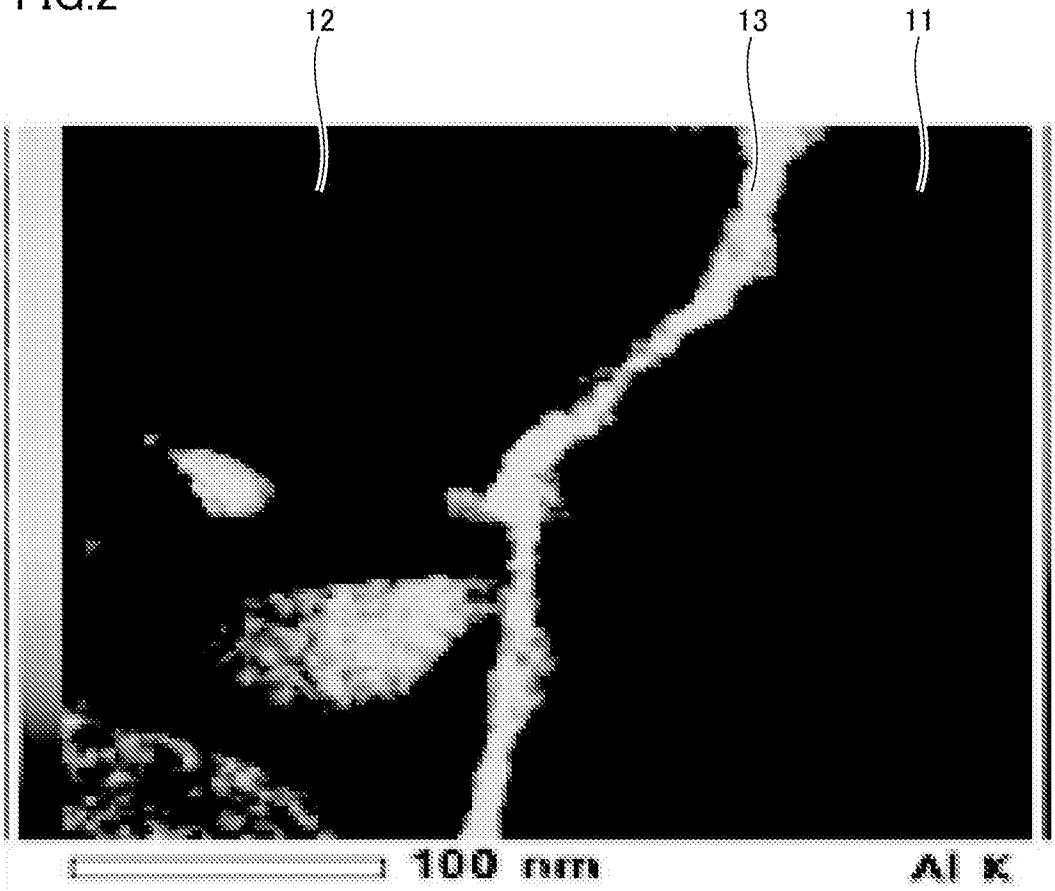
[図1]

FIG.1



[図2]

FIG.2



[図3]

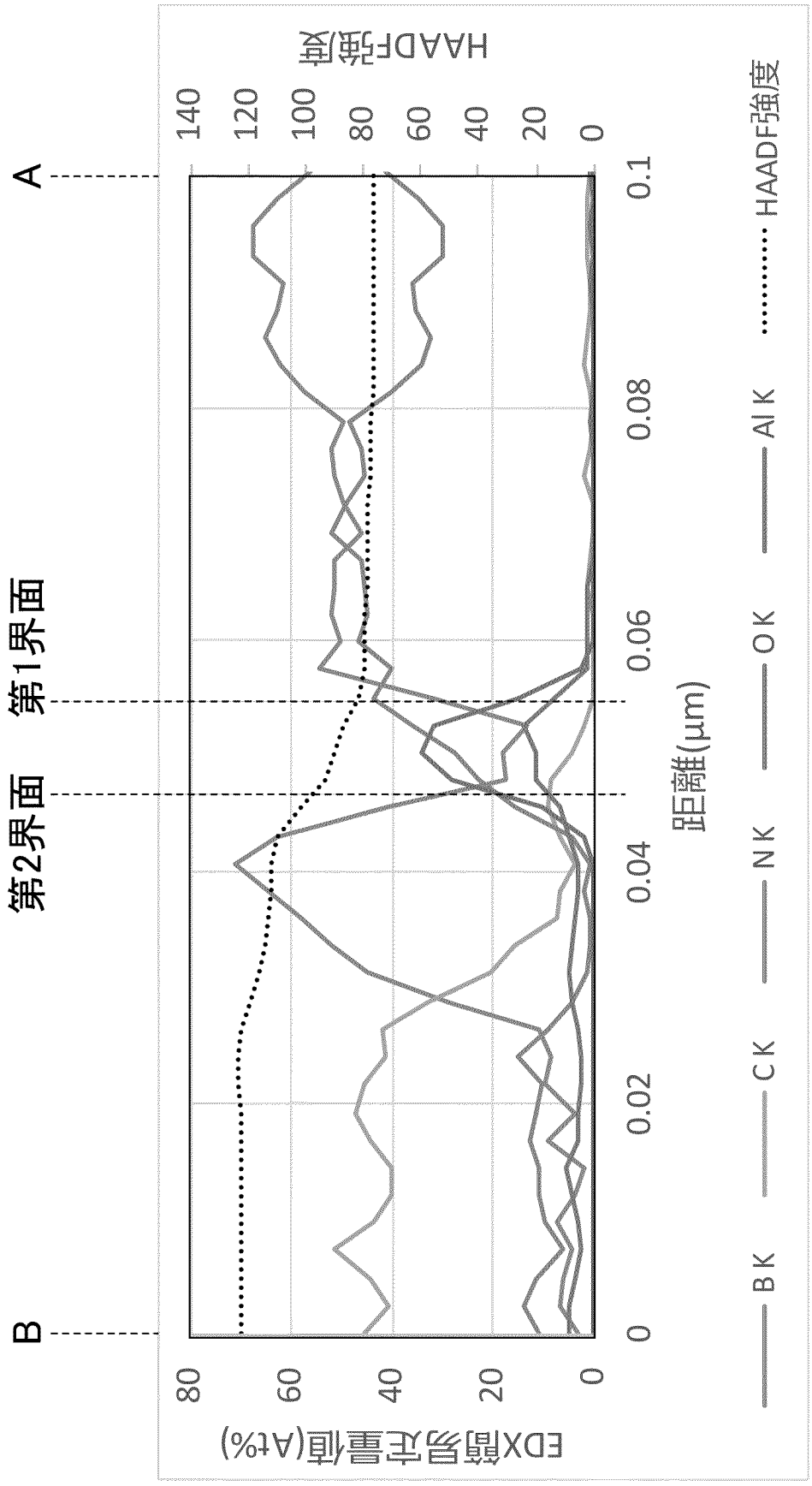

A
B
第2界面
第1界面
EDX簡易定量値(At%)
HAADF強度
距離(μm)
0
20
40
60
80
0
20
40
60
80
100
120
140
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
B K
C K
N K
O K
Al K
HAADF強度

FIG.3

[図4]

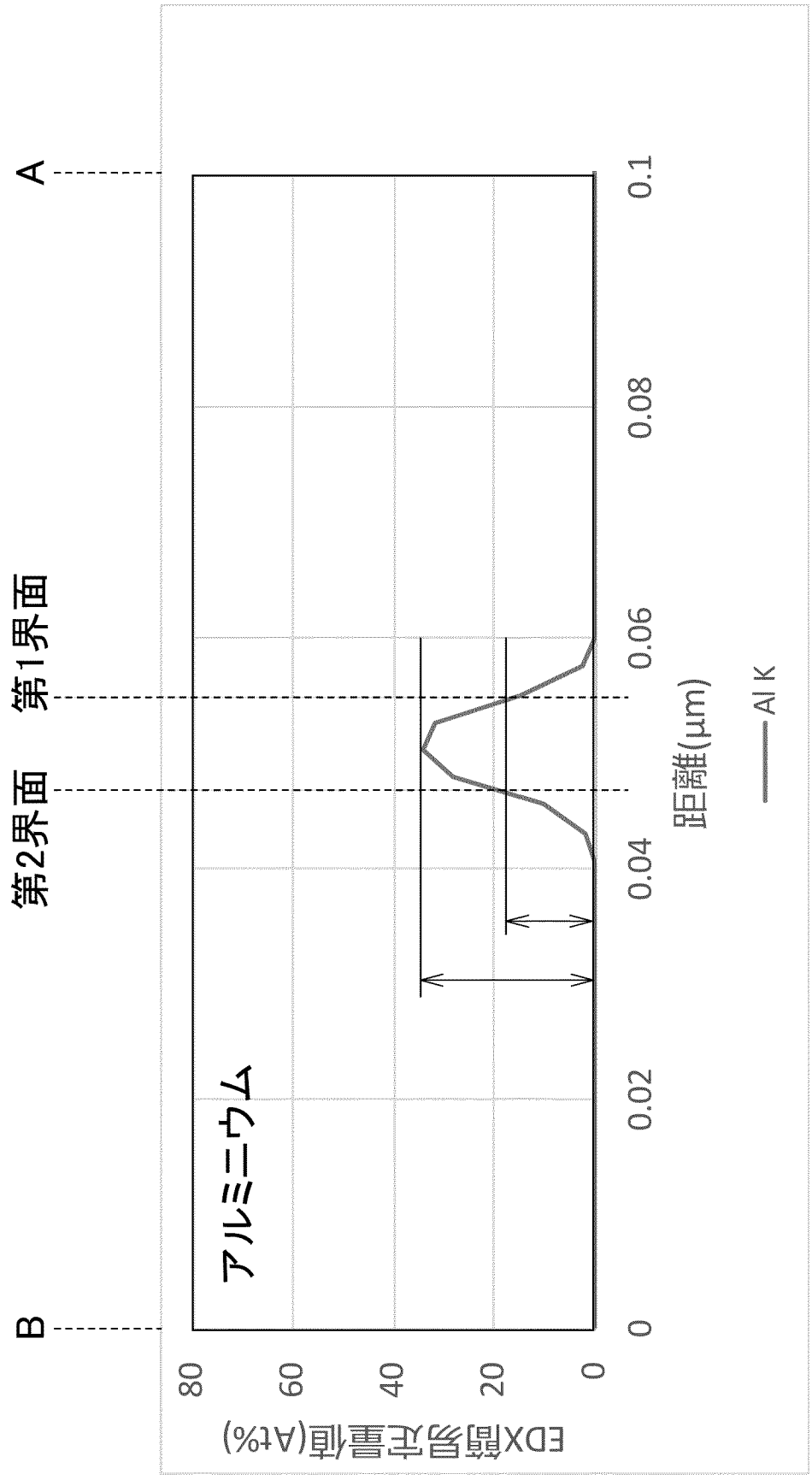

A
第1界面
第2界面
B
アルミニウム
EDX簡易定量値(At%)
0
20
40
60
80
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
距離(μm)
Al K

FIG.4

[図5]

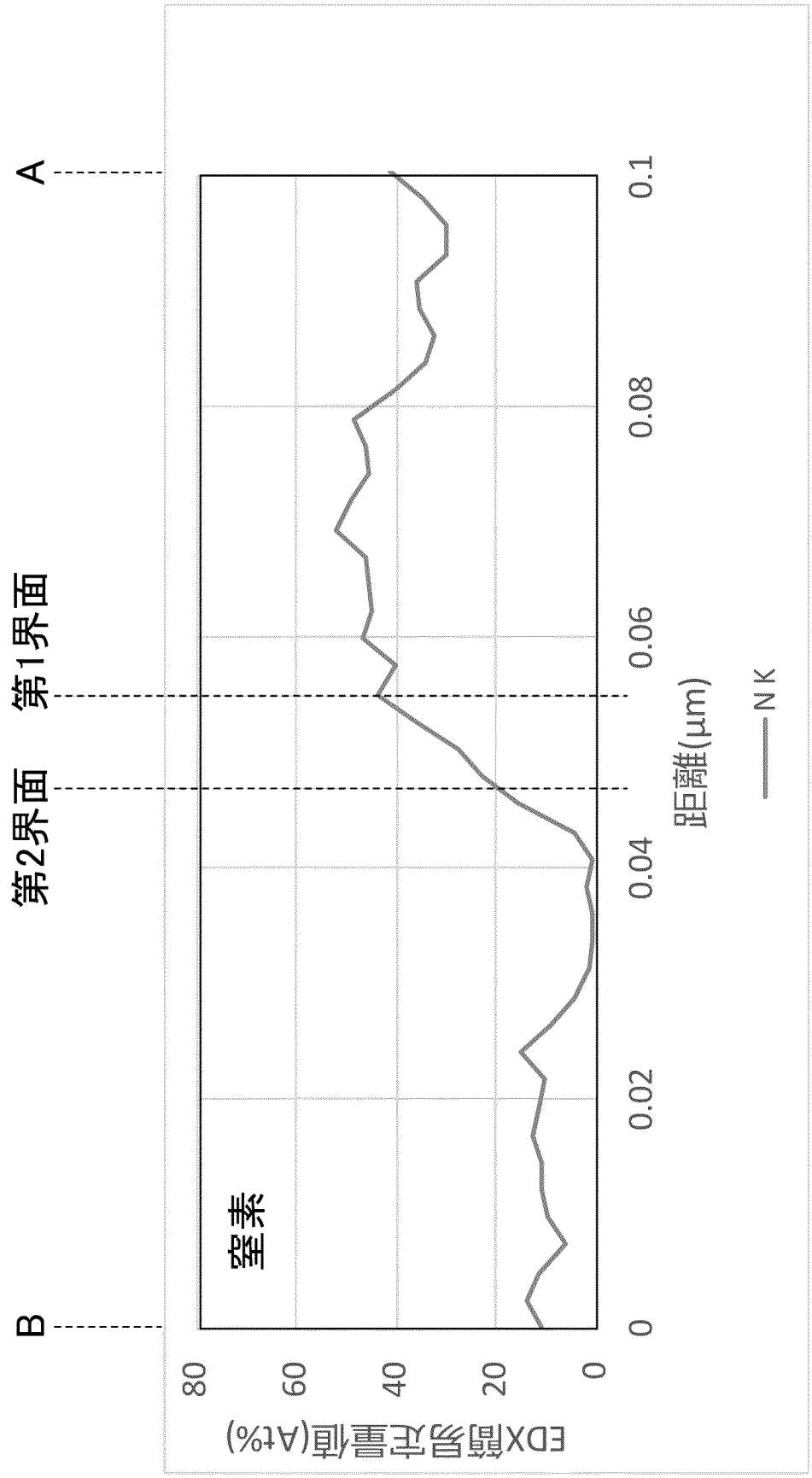

A
第2界面
第1界面
B
窒素
EDX簡易定量値(At%)
0
20
40
60
80
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
距離(μm)
N K

FIG.5

[図6]

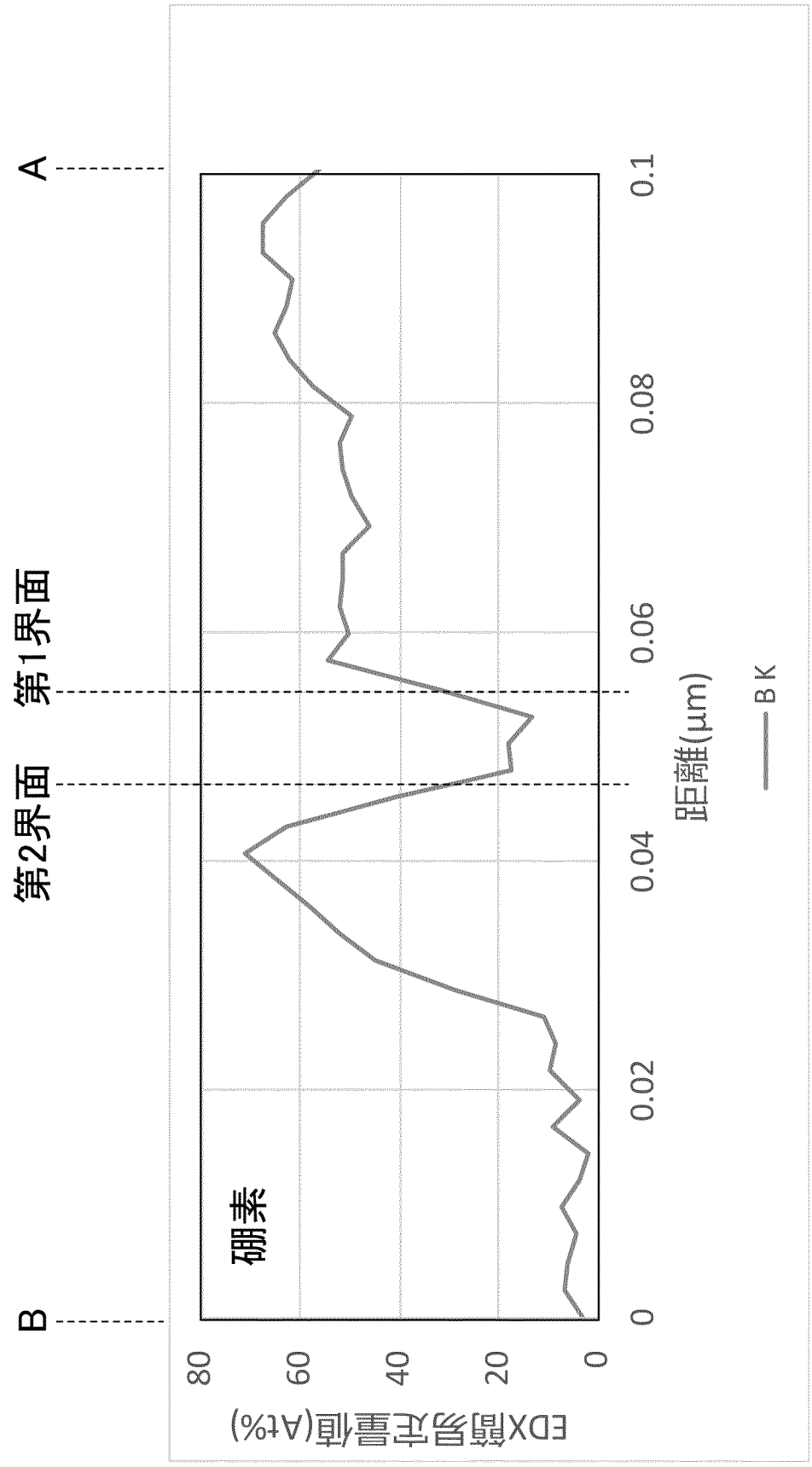

A
第1界面
第2界面
B
硼素
EDX簡易定量値(At%)
0
20
40
60
80
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
距離(μm)
B K

FIG.6

[図7]

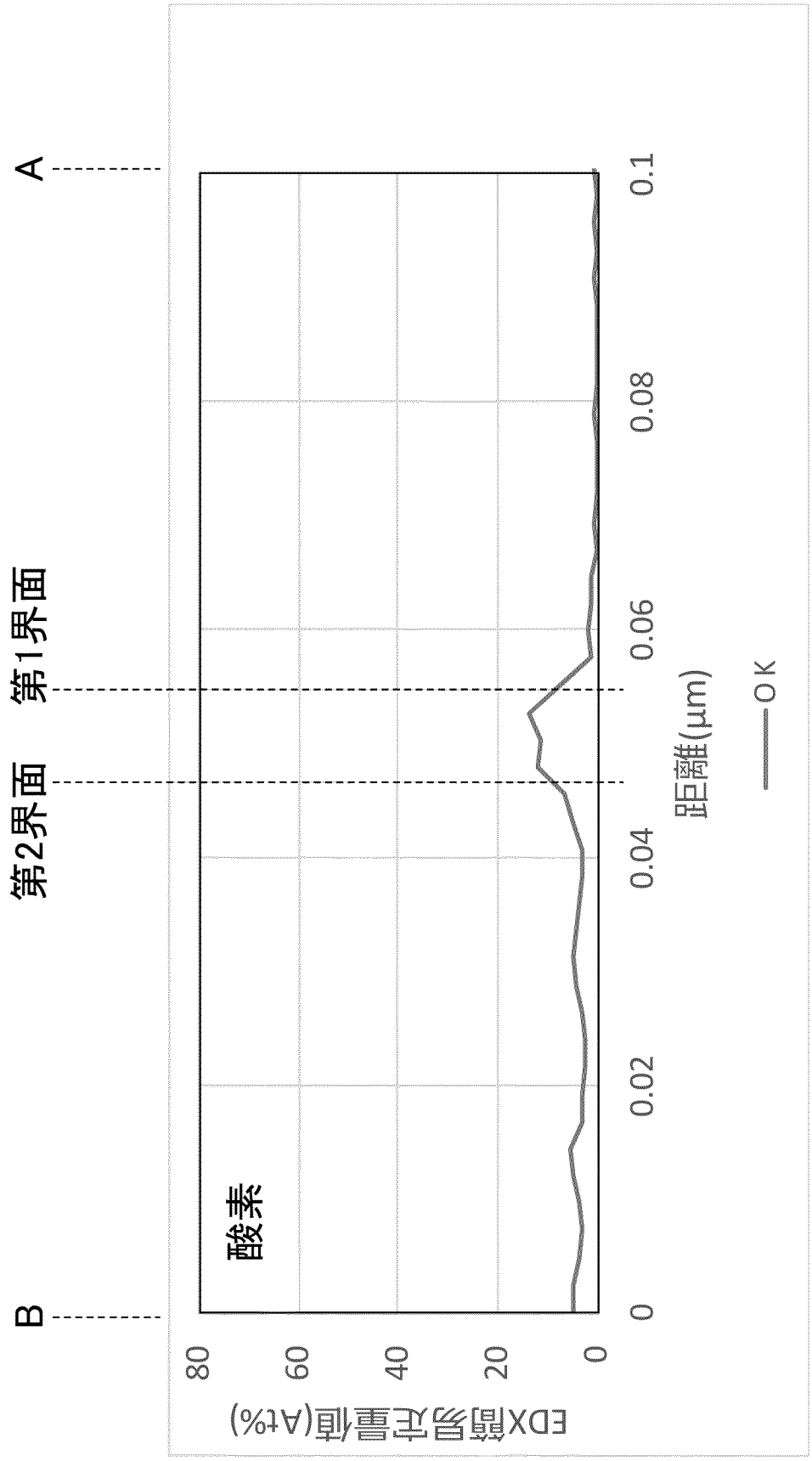

A
第1界面
第2界面
B
酸素
EDX簡易定量値(At%)
80
60
40
20
0
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
距離(μm)
O K

FIG.7

[図8]

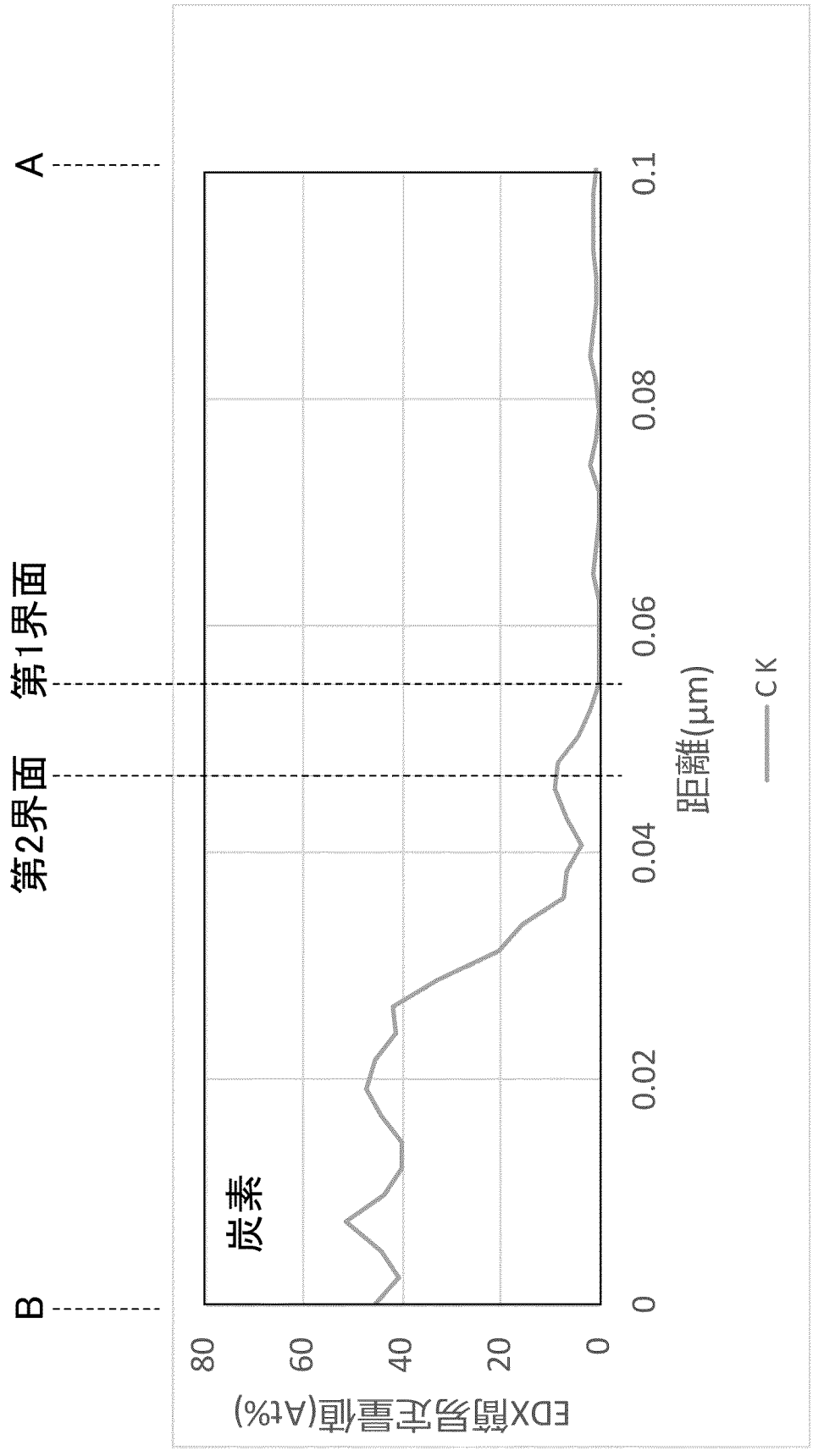
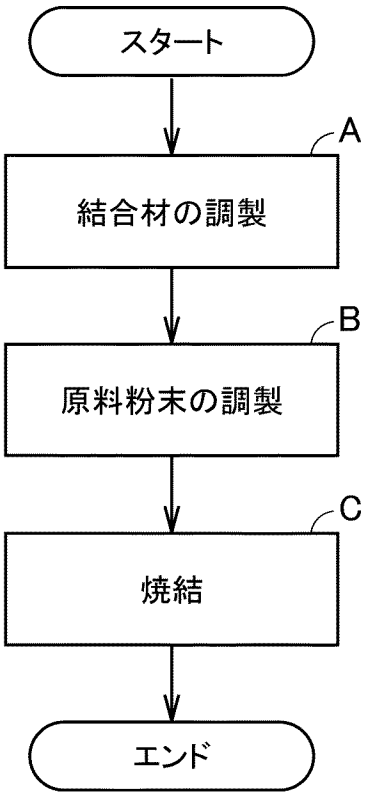

A
第1界面
第2界面
B
炭素
EDX簡易定量値(At%)
0
20
40
60
80
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
距離(μm)
C K

FIG.8

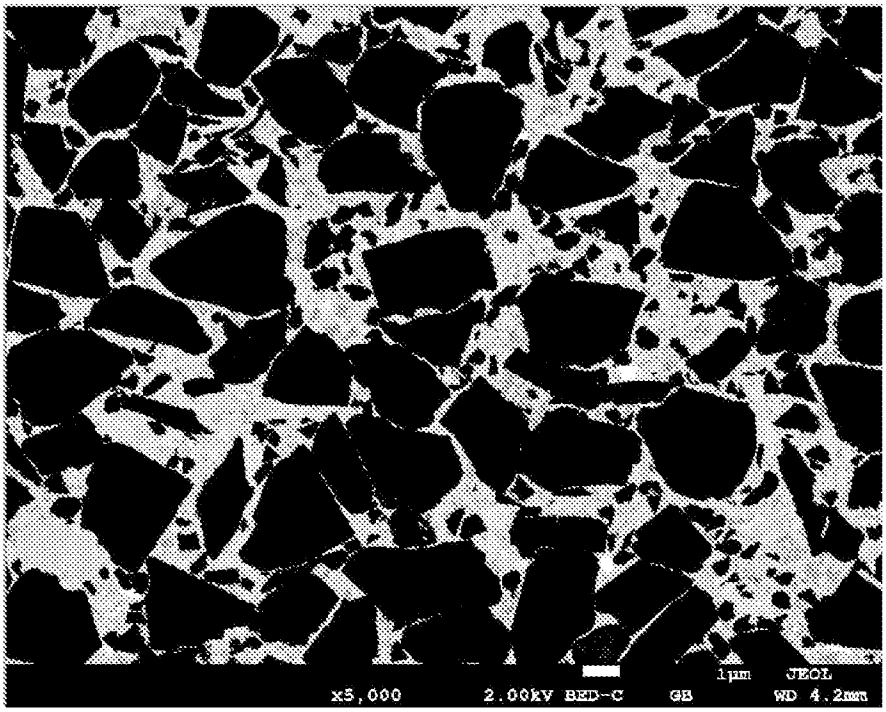
[図9]

FIG.9



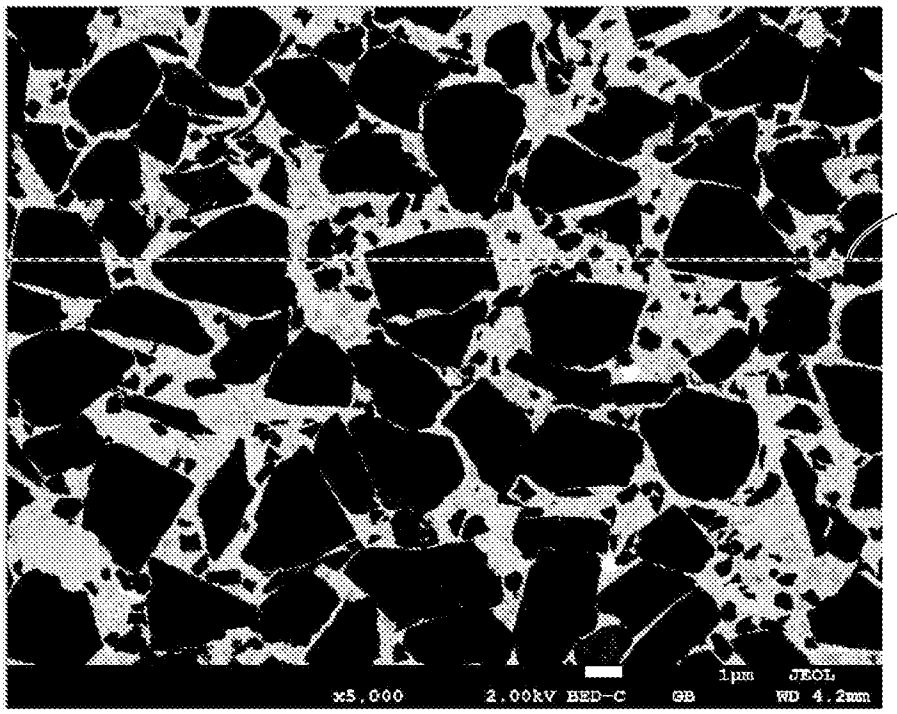
[図10]

FIG.10



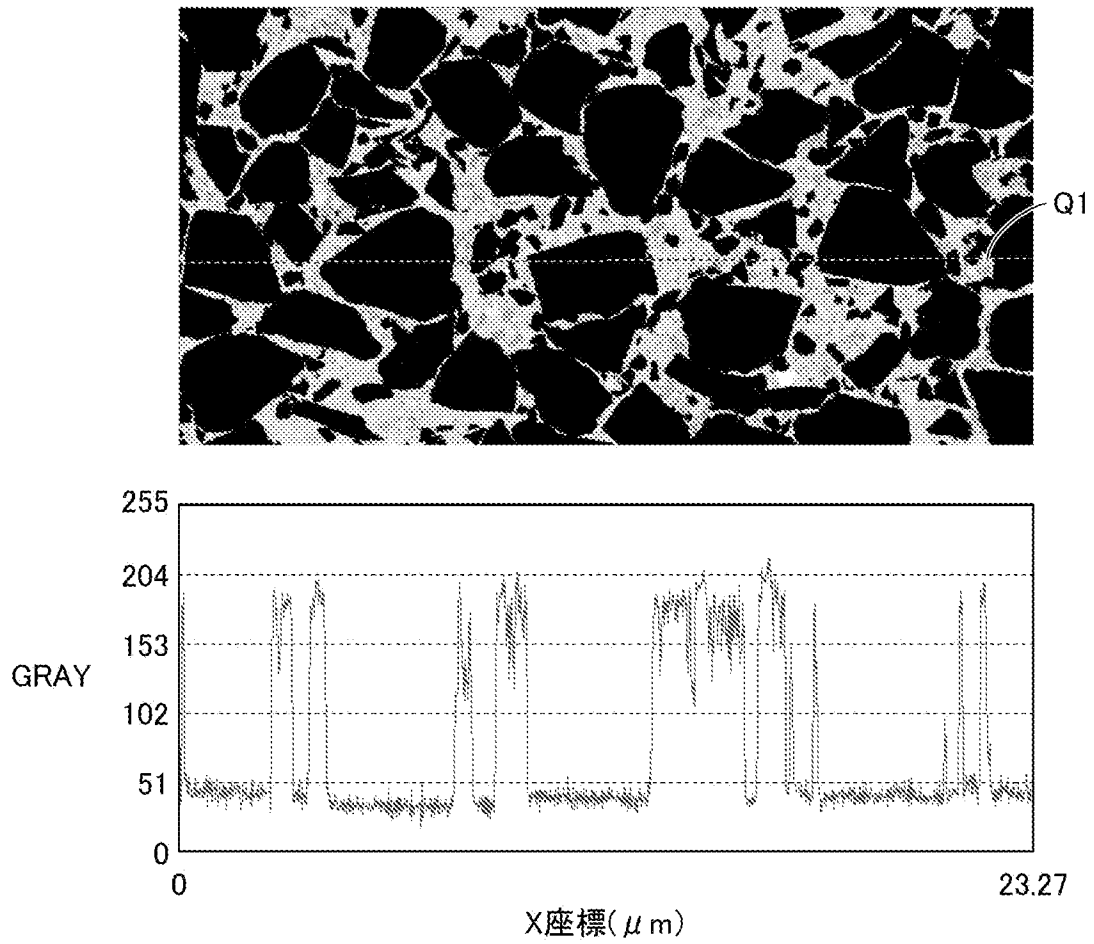
[図11]

FIG.11



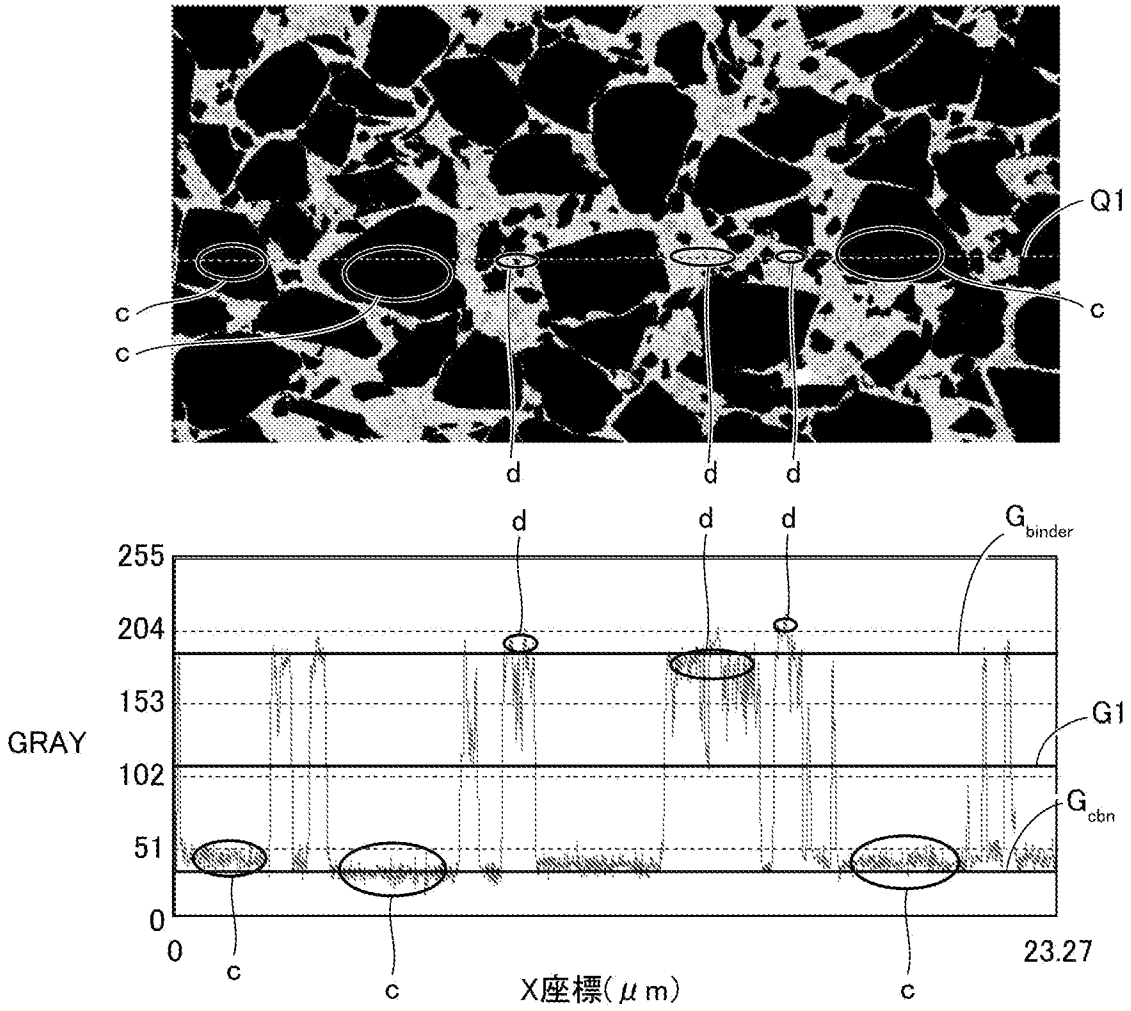
[図12]

FIG.12



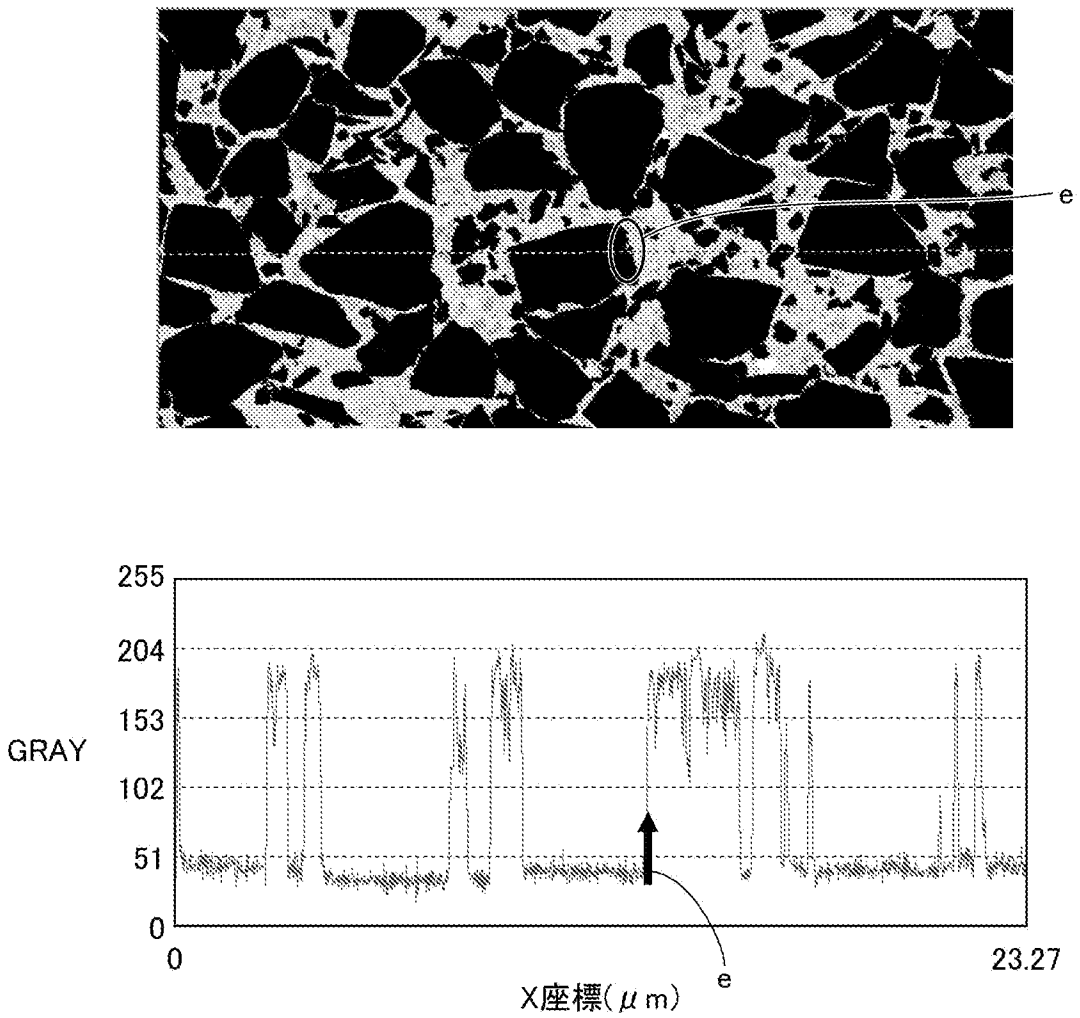
[図13]

FIG.13


Q1
c
c
c
d
d
d
d
d
d
G_{binder}
255
204
153
102
51
0
GRAY
G1
G_{cbn}
0
23.27
c
c
c
X座標(μm)

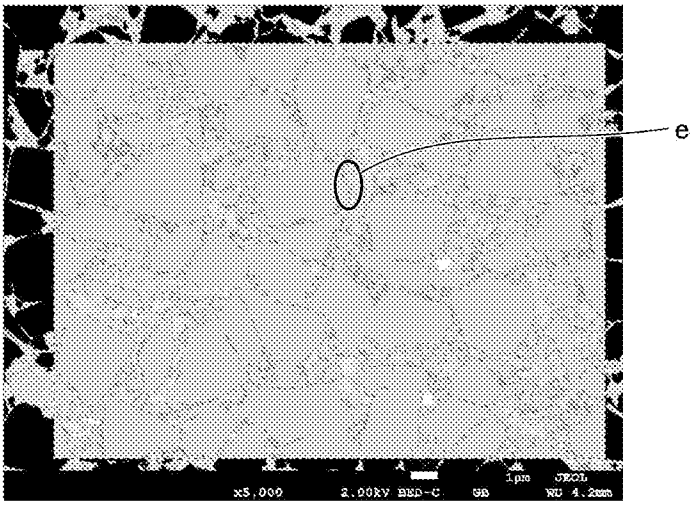
[図14]

FIG.14



[図15]

FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/027899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23B 27/14(2006.01)i; B23B 27/20(2006.01)i; C04B 35/5831(2006.01)i
FI: C04B35/5831; B23B27/14 B; B23B27/20; B23B27/14 A
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23B27/14; B23B27/20; C04B35/5831

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 61-141672 A (MITSUBISHI METAL CORP.) 28.06.1986 (1986-06-28) table 1	1-3, 7-9 4-6
A	JP 2019-65513 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 25.04.2019 (2019-04-25)	1-9
A	JP 2013-234237 A (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) 21.11.2013 (2013-11-21)	1-9
A	JP 2006-169080 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 29.06.2006 (2006-06-29)	1-9
A	JP 2007-70148 A (INDEPENDENT ADMINISTRATIVE INSTITUTION NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) 22.03.2007 (2007-03-22)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 September 2020 (07.09.2020)	29 September 2020 (29.09.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application no.
PCT/JP2020/027899

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 61-141672 A	28 Jun. 1986	(Family: none)	
JP 2019-65513 A	25 Apr. 2019	(Family: none)	
JP 2013-234237 A	21 Nov. 2013	(Family: none)	
JP 2006-169080 A	29 Jun. 2006	(Family: none)	
JP 2007-70148 A	22 Mar. 2007	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/027899

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B 27/14(2006.01)i; B23B 27/20(2006.01)i; C04B 35/5831(2006.01)i
FI: C04B35/5831; B23B27/14 B; B23B27/20; B23B27/14 A

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B27/14; B23B27/20; C04B35/5831

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 61-141672 A (三菱金属株式会社) 28.06.1986 (1986-06-28) 第1表	1-3,7-9
A		4-6
A	JP 2019-65513 A (三菱マテリアル株式会社) 25.04.2019 (2019-04-25)	1-9
A	JP 2013-234237 A (信越化学工業株式会社) 21.11.2013 (2013-11-21)	1-9
A	JP 2006-169080 A (住友電気工業株式会社) 29.06.2006 (2006-06-29)	1-9
A	JP 2007-70148 A (独立行政法人物質・材料研究機構) 22.03.2007 (2007-03-22)	1-9

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
07.09.2020	29.09.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
小川　武 4T 9270
電話番号 03-3581-1101 内線 3465

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/027899

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 61-141672 A	28.06.1986	（ファミリーなし）	
JP 2019-65513 A	25.04.2019	（ファミリーなし）	
JP 2013-234237 A	21.11.2013	（ファミリーなし）	
JP 2006-169080 A	29.06.2006	（ファミリーなし）	
JP 2007-70148 A	22.03.2007	（ファミリーなし）	