

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5610357号
(P5610357)

(45) 発行日 平成26年10月22日 (2014. 10. 22)

(24) 登録日 平成26年9月12日 (2014. 9. 12)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 B 27/14 (2006. 01)	B 2 3 B 27/14 B
B 2 3 B 27/20 (2006. 01)	B 2 3 B 27/20
C O 4 B 35/583 (2006. 01)	C O 4 B 35/58 1 O 3 H
	C O 4 B 35/58 1 O 3 Y

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-504276 (P2012-504276)	(73) 特許権者	503212652
(86) (22) 出願日	平成22年10月29日 (2010. 10. 29)		住友電工ハードメタル株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/069337		兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02011/111261	(74) 代理人	110001195
(87) 国際公開日	平成23年9月15日 (2011. 9. 15)		特許業務法人深見特許事務所
審査請求日	平成25年5月23日 (2013. 5. 23)	(72) 発明者	岡村 克己
(31) 優先権主張番号	特願2010-55326 (P2010-55326)		兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
(32) 優先日	平成22年3月12日 (2010. 3. 12)		電工ハードメタル株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	瀬戸山 誠
			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
		(72) 発明者	久木野 暁
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立方晶窒化硼素焼結体工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いた立方晶窒化硼素焼結体工具であって、

前記立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合を X 体積 % とし、前記立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を Y (W / m ・ K) とすると、以下の式 (I) と、式 (I I) または式 (I I I) のいずれか一方とを満たし、

$$20 \leq X \leq 98 \quad \cdots (I)$$

$$Y \geq 0.6 \times X + 3 \quad (\text{ただし式中、} 20 \leq X < 88) \quad \cdots (II)$$

$$Y \geq 5.8 \times X - 455 \quad (\text{ただし式中、} 88 \leq X \leq 98) \quad \cdots (III)$$

前記立方晶窒化硼素焼結体は、前記立方晶窒化硼素に加え、結合相を含有し、

前記結合相に用いられる組成は、Ti、W、Co、Zr および Cr からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の元素の炭化物、硼化物、炭窒化物、酸化物またはこれらの相互固溶体の少なくとも 1 種と Al との化合物である、立方晶窒化硼素焼結体工具。

【請求項 2】

少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いた立方晶窒化硼素焼結体工具であって、

前記立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合を X 体積 % とし、前記立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を Y (W / m ・ K) とすると、以下の式 (I I ') を満たす、立方晶窒化硼素焼結体工具。

$Y = 0.5 \times X + 1$ (ただし式中、 $60 \leq X < 88$) $\cdots (I I')$

【請求項 3】

前記立方晶窒化硼素焼結体は、前記立方晶窒化硼素と前記結合相とに加え、断熱相を含有し、

前記断熱相は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素と、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第1化合物を1種以上含み、

前記第1化合物は、前記立方晶窒化硼素焼結体中に1質量%以上20質量%以下含まれ、かつ100nm未満の平均粒子径を有する、請求項1に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

10

【請求項 4】

前記第1化合物は、50nm未満の平均粒子径を有する、請求項3に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

【請求項 5】

前記断熱相は、その一部として未焼結の領域を0.01体積%以上3体積%以下含む、請求項3に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

【請求項 6】

前記第1化合物は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素の窒化物、炭化物、および炭窒化物に対し、酸素および硼素のいずれか一方もしくは両方が0.1質量%以上10質量%以下固溶した化合物である、請求項3に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

20

【請求項 7】

前記断熱相は、前記第1化合物に加え、Wおよび/またはReと、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第2化合物を1種以上含み、

前記第2化合物は、前記立方晶窒化硼素焼結体中に0.1質量%以上2質量%以下含まれる、請求項3に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

【請求項 8】

前記立方晶窒化硼素は、平均粒子径が1μm以下の立方晶窒化硼素粒子からなる、請求項1に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

【請求項 9】

前記立方晶窒化硼素粒子は、その表面が被覆層に覆われており、

前記被覆層は、その平均層厚が5nm以上50nm以下である、請求項1に記載の立方晶窒化硼素焼結体工具。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立方晶窒化硼素焼結体工具に関し、特に耐摩耗性および耐欠損性に優れる立方晶窒化硼素焼結体工具に関する。

【背景技術】

【0002】

材料の切削に際しては被削材料に適した切削工具および切削方法が選択される。切削加工において長寿命化を達成するためには、いかに切削時の刃先温度を抑制できるかが重要であり、熱伝導率に優れる工具材料が重用されている。一般に、熱伝導率に優れるダイヤモンド焼結体や立方晶窒化硼素(「cBN」と記すこともある)焼結体などの超高压焼結体工具を用いた切削加工においても、高速条件や、大切り込み、高送り条件での高能率条件では、刃先温度の上昇により、被削材の拡散や、酸化などの化学的な摩耗が発達する。このような摩耗を抑制する方策として、低速条件への変更、工具刃先の楔角の低減によって切削抵抗を抑制すること、またはクーラントの切削点への吐出によって切削点を冷却することなどが行なわれている。

40

【0003】

50

たとえば、難削材の切削加工におけるさらなる長寿命化の方策として、特開 2 0 0 9 - 0 4 5 7 1 5 号公報（特許文献 1）では、刃先の少なくとも切削に關与する部分に熱伝導率 1 0 0 W / m · K 以上の放熱性が高い超高压焼結体材料を適用した切削工具を用いる。そして、かかる切削工具の刃先を高压クーラントで冷却しながら加工を行なうことにより、切削熱による刃先の温度上昇を抑える発明が開示されている。

【 0 0 0 4 】

一方、たとえばガラスやセラミックス、超硬、鉄系焼結合金難削材料などの脆性難削材の切削加工では、高速条件で切削を行なうことや、レーザーアシストにより被削材の切削点の温度を上昇させることにより、被削材を軟化させるか、もしくは切り屑の生成メカニズムを脆性モードから延性モードへ変化させて、良好な加工面を達成させることが提案されている。

10

【 0 0 0 5 】

しかしながら、原理的には工具刃先が高温に曝され、かつ急冷もされることから刃具が劣化しやすく、チッピングや突発的な欠損が生じやすくなる。また工作機械にも、主軸回転数の制約や、高価なレーザー装置の設置が必要などの問題が生ずる。

【 0 0 0 6 】

c B N 焼結体は、主に T i N、T i C、C o、および A l を主成分とする結合相により c B N 粒子を結合させたものである。c B N 粒子は、ダイヤモンドに次ぐ硬度および熱伝導率を有し、かつセラミックス材料よりも靱性に優れた材料である。このため、c B N 粒子を 8 0 体積 % 以上含有するような高 c B N 含有率の c B N 焼結体は、耐塑性変形性、耐欠損性等の特性が優れている。

20

【 0 0 0 7 】

このような特性を有する c B N 焼結体を用いた c B N 焼結体工具は、従来の超硬工具等の工具材料に比し、化学的な安定性が優れていること、鉄との親和性が低いこと、長寿命であること、材料的に高硬度であるため加工の能率が高いこと等の点で優れており高く評価されている。このような高性能の c B N 焼結体工具は、N i 基系および鉄系の高硬度難削材の切削加工の用途、冷間鍛造用のパンチ用工具の塑性加工の用途等において従来から用いられてきた工具を置換してきた。

【 0 0 0 8 】

ここで、切削加工とは、被削材を局部的にせん断かつ破碎し、切屑を削り出しながら所望の寸法形状の品物を機械加工することをいう。一方、塑性加工とは、加工物に力を加えて変形させて、所定の形状および寸法の製品に成形加工することをいう。ちなみに、塑性加工は、切屑が発生しないという点で切削加工とは異なる。

30

【 0 0 0 9 】

c B N 焼結体工具は、上述のように優れた特性を有することから、切削加工および塑性加工のいずれの用途でも、突発的な欠損が生じにくいというメリットがあり、極めて好適に用いられる。

【 0 0 1 0 】

従来の c B N 焼結体工具として、たとえば特開平 0 7 - 2 9 1 7 3 2 号公報（特許文献 2）および特開平 1 0 - 1 5 8 0 6 5 号公報（特許文献 3）では、c B N 焼結体に含まれる A l 等の金属、酸素等を不純物として捉えている。そして、当該不純物の混入を極力低減して c B N 粒子の混合比率を高めることにより、c B N 焼結体の硬度および靱性を向上させるという技術が開示されている。

40

【 0 0 1 1 】

また、c B N 焼結体工具は、高硬度、高靱性に加え、高熱伝導性を有することが高性能であると考えられ、通説とされてきた。この通説に倣い、特開 2 0 0 5 - 1 8 7 2 6 0 号公報（特許文献 4）および国際公開第 2 0 0 5 / 0 6 6 3 8 1 号パンフレット（特許文献 5）では、高純度の c B N 粒子の熱伝導率が高いことを利用して、高純度の c B N 粒子を高濃度に含む c B N 焼結体を用いることが提案されている。これにより硬度および靱性に加え、熱伝導性をも向上させた c B N 焼結体工具とすることができる。このような c B N

50

焼結体工具は、低延性の材料を塑性加工する場合にも、特に、鉄系焼結合金を切削加工する場合にも欠損が生じにくく、耐摩耗性にも優れるため、好適に使用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2009-045715号公報

【特許文献2】特開平07-291732号公報

【特許文献3】特開平10-158065号公報

【特許文献4】特開2005-187260号公報

【特許文献5】国際公開第2005/066381号パンフレット

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかし、高cBN含有率のcBN焼結体工具を、最近の低延性の特性を有する難削材料の切削加工に適用した場合、cBN焼結体が高熱伝導性を有するため、切削加工時に加工部で生じる摩擦熱がcBN焼結体側に拡散する。このため、高温を維持したまま切削加工を進めることができず、切削効率が著しく劣るという問題があった。

【0014】

すなわち、cBN焼結体成分が80体積%以上の高cBN含有率焼結体は耐欠損性に優れているが、同時に高い熱伝導率を有するため、加工により生じる摩擦熱がcBN焼結体から逃げてしまう。このため、加工で生じる熱が被削材に十分に伝導しないことにより被削材が軟化しなくなり、工具に負荷がかかり、耐欠損性の高いcBN焼結体工具といえども、欠損が生じる。

20

【0015】

特に、鉄系焼結合金の切削では、その低延性により、被削材の温度が不十分な切削環境においては、せん断がスムーズに進行せず、加工面にむしれが発生し、面粗度が悪化する問題がある。面粗度を向上させるために、切削速度を速める、すなわち被削材の温度を高めると、摩耗が急速に進展し満足のいく工具寿命が得られない。また、高温硬度に優れるNi基に代表される超耐熱合金をせん断切削加工する場合、または被削材に相応の加工熱が流入した場合にも、高温硬度に優れる特性により、被削材が軟化しにくいため、cBN焼結体に欠損が生じやすい。

30

【0016】

このようなcBN焼結体に生じる欠損は、cBN粒子自身の強度不足による破砕や、cBN粒子間の結合力不足によるcBN粒子の脱落の集積といった、機械的な損傷メカニズムを主要因とするものと推定される。

【0017】

ところで、cBN焼結体工具は、塑性加工においてもさらなる高性能化が求められている。すなわち、塑性加工においては、加工物が高性能化していることに伴い、高硬度かつ低延性の特性を有する難加工材料を塑性加工する場合に冷間鍛造で加工すると、加工物に亀裂や割れ等の不良が発生しやすい。このことから、温間鍛造、熱間鍛造等のように加工物を400℃以上1000℃以下に加熱することにより、加工物の硬度を下げるとともに延性を高めた上で塑性加工する必要がある。しかし、温間鍛造、熱間鍛造等で塑性加工する場合、加工部で生じる摩擦熱により加工部の温度は冷間鍛造で加工するとき以上に高くなり、その高温による影響のため工具に負荷がかかり、結果として工具の寿命が極めて短いものとなっていた。

40

【0018】

また、0.5質量%以上の炭素量を含む鋼材料の塑性加工は、cBN焼結体の熱伝導率が高いことにより、加工熱がcBN焼結体工具に急速に流出し、加工物が急冷されることとなり、マルテンサイト組織や残留オーステナイトを有する脆性層が生成される。これにより加工物の材料強度および疲労強度が劣化しやすいという問題もある。

50

【 0 0 1 9 】

加工物の急冷を防ぐために c B N 含有率を 8 0 体積 % 未満にすると、熱伝導率が比較的低下することにより、加工熱が c B N 焼結体工具に流出されにくくなる。このため、加工物の急冷を抑制することができる。しかし、c B N 粒子よりも強度および靱性に劣る結合相が相対的に多くなるため、c B N 焼結体工具が早期に欠損する問題がある。

【 0 0 2 0 】

このように c B N 粒子の含有率を増減させるというアプローチでは、工具の硬度を高めると工具の熱伝導性を低下させることがトレードオフの関係にあり、両者を満足させることは困難であった。

【 0 0 2 1 】

本発明は、上記のような現状に鑑みなされたものであって、その目的とするところは、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導性を低く保つことと、工具の硬度を向上させることとを両立させることにより、立方晶窒化硼素焼結体の硬度を切削加工時の被削材の硬度よりも大幅に高く保ち、もって上記の切削加工および塑性加工のいずれの用途においても、安定して長寿命を実現することができる立方晶窒化硼素焼結体工具を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

本発明者は、上述の切削加工および塑性加工の用途における要求特性を解明した上で、材料開発を進めた。その結果、c B N 焼結体の作製時に 2 0 体積 % 以上 9 8 体積 % 以下の c B N 成分を含んだ上で、結合相の成分に A l、S i、T i、Z r、N i、M o、C r 等の超微粒の金属間化合物粉末を添加することにより、A l、S i、T i、Z r、N i、M o、および C r からなる群より選択される 1 種以上の元素と、N、C、O、および B からなる群より選択される 1 種以上の元素とからなる化合物であって、その平均粒子径が 1 0 0 n m 未満のものが熱伝導性を低下させる断熱相となることを見出した。さらに、熱伝導率に優れる c B N 粒子を、平均膜厚が 1 0 0 n m 未満の金属成分からなる被覆層によって被覆した上で、結合相成分と混合することにより、焼結時に被覆層が N、C、O、および B と金属間化合物を形成する。この金属間化合物が、熱伝導を妨げる役割をし、c B N 焼結体の熱伝導率を効果的に低下させることを見出した。

【 0 0 2 3 】

加えて、上記の超微粒化合物の各成分は焼結性に劣るため、超高压焼結時に c B N 焼結体の一部に未焼結の領域が点在することになる。その結果、c B N 焼結体の熱伝導率を低下させることができるとの知見が得られ、この知見に基づき、さらに鋭意検討を重ねた。これにより切削性能を飛躍的に高める熱伝導率と c B N の割合との関係を見出し、ついに本発明の c B N 焼結体工具を完成した。

【 0 0 2 4 】

すなわち、本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いたものであって、該立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合を X 体積 % とし、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を Y (W / m · K) とすると、以下の式 (I) と、式 (I I) または式 (I I I) のいずれか一方とを満たすことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

$$20 \leq X \leq 98 \quad \cdots (I)$$

$$Y \geq 0.6 \times X + 3 \quad (\text{ただし式中、} 20 \leq X < 88) \quad \cdots (II)$$

$$Y \geq 5.8 \times X - 455 \quad (\text{ただし式中、} 88 \leq X \leq 98) \quad \cdots (III)$$

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いたものであって、該立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合を X 体積 % とし、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を Y (W / m · K) とすると、以下の式 (I I ') とを満たすことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

$$Y \geq 0.5 \times X + 1 \quad (\text{ただし式中、} 60 \leq X < 88) \quad \cdots (II')$$

10

20

30

40

50

また、立方晶窒化硼素焼結体は、立方晶窒化硼素に加え、断熱相と、結合相とを含有し、該断熱相は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素と、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第1化合物を1種以上含み、該第1化合物は、立方晶窒化硼素焼結体中に1質量%以上20質量%以下含まれ、かつ100nm未満の平均粒子径を有することが好ましい。上記の第1化合物は、50nm未満の平均粒子径を有することが好ましい。また、断熱相は、その一部として未焼結の領域を0.01体積%以上3体積%以下含むことが好ましい。

【0027】

第1化合物は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素の窒化物、炭化物、および炭窒化物に対し、酸素および硼素のいずれか一方もしくは両方が0.1質量%以上10質量%以下固溶した化合物であることがより好ましい。

【0028】

断熱相は、第1化合物に加え、Wおよび/またはReと、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第2化合物を1種以上含み、該第2化合物は、立方晶窒化硼素焼結体中に0.1質量%以上2質量%以下含まれることが好ましい。

【0029】

立方晶窒化硼素は、平均粒子径が1μm以下の立方晶窒化硼素粒子からなることが好ましく、立方晶窒化硼素粒子は、その表面が被覆層に覆われており、該被覆層は、その平均層厚が5nm以上50nm以下であることが好ましい。

【発明の効果】

【0030】

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、上記の構成を有することにより、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導性を低く保つことと、工具の硬度を向上させることとを両立することができる。これにより上記の切削加工および塑性加工のいずれの用途においても、安定して長寿命な立方晶窒化硼素焼結体工具を提供することができる。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具の各構成についてさらに説明する。

<立方晶窒化硼素焼結体工具>

本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも工具作用点にcBN焼結体を用いる構成を有する。具体的には、本発明のcBN焼結体工具は、工具シャンク部に防振耐熱板を介してcBN焼結体が固定されている構成を有していてもよいし、超硬合金からなる基材に接合層を介してcBN焼結体が固定されている構成を有していてもよい。このような構成を有する本発明のcBN焼結体工具は、鉄系焼結合金、難削鋳鉄、焼入鋼等の機械加工において特に有効に用いることができる他、これら以外の一般的な金属の各種加工においても好適に用いることができる。ここで、「工具作用点」とは、cBN焼結体工具の表面のうちの加工物と接触する部分を意味する。なお、工具シャンク部および防振耐熱板については後述する。

【0032】

本発明のcBN焼結体工具を切削加工の用途に用いる場合、たとえばドリル、エンドミル、フライス加工用または旋削加工用刃先交換型切削チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップ、またはクランクシャフトのピンミーリング加工用チップ、ガラス基板切断用切り駒、光ファイバーカッター等として極めて有用に用いることができる。

【0033】

一方、本発明のcBN焼結体工具を塑性加工の用途に用いる場合、たとえばパンチプレス金型、ダイス用金型、摩擦圧接、摩擦攪拌接合用工具等として極めて有用に用いることができる。そして、塑性加工では、たとえばエンジン部品、HDD（ハードディスクドライブ）、HDDヘッド、キャプスタン、ウェハーチャック、半導体搬送用アーム、自動車

10

20

30

40

50

駆動系部品、カメラ用ズームレンズシールリングの成型に用いられる。

【0034】

<立方晶窒化硼素焼結体>

本発明のcBN焼結体は、立方晶窒化硼素に加え、断熱相と結合相とを含有することが好ましい。熱伝導率の高い立方晶窒化硼素間に断熱相の成分を配置することにより、cBN焼結体の熱伝導性を低下させることができ、以下の式(I)と、式(II)または式(III)のいずれか一方とを満たすようにすることができる。

【0035】

すなわち、立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合をX体積%とし、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率をY(W/m・K)とすると、

$$20 \leq X \leq 98 \quad \cdots (I)$$

$$Y \leq 0.6 \times X + 3 \quad (\text{ただし式中、} 20 \leq X < 88) \quad \cdots (II)$$

$$Y \leq 5.8 \times X - 455 \quad (\text{ただし式中、} 88 \leq X \leq 98) \quad \cdots (III)$$

このようなcBN焼結体を用いたcBN焼結体工具を用いて切削加工または塑性加工すると、加工時に生じる摩擦熱およびせん断熱がcBN焼結体工具に伝導するよりも加工物に伝導する。これにより加工物が軟化しやすくなり、cBN焼結体工具の刃先にかかる負荷を低減し、以ってcBN焼結体工具に摩耗および欠損を発生しにくくすることができる。

【0036】

cBN焼結体に含まれるcBNの割合(X)を高めると、cBN焼結体の熱伝導率(Y)の上限値は上昇する。そして、上記式(II)および(III)中のXの係数は、いずれも実験的に定められた正の数値であり、cBNの割合を増やしたときの、cBN焼結体の熱伝導率の上限値の上昇率を示している。すなわち、cBN焼結体に含まれるcBNの含有量が高めるほど、cBN焼結体の熱伝導率が上昇し、切削時に発生する切削熱の刃先側に配分される割合が高まる。このため、刃先と接触する被削材の温度の上昇が抑制され、被削材の硬度の低下が抑制されるというデメリットがあるが、これと同時にcBN焼結体の硬度が高められるというメリットがある。このデメリットとメリットが相殺されるバランスに基づいて、cBNの割合(X)の係数が定められる。

【0037】

ここで、cBN粒子の含有率(X)が88体積%前後において、Xの係数が0.6から5.8へと格段に大きくなるが、これは、cBN粒子の含有率が88体積%以上になると、cBN粒子同士が接触し始めてcBN粒子同士が結合することにより、cBN焼結体の強度を向上させる効果が顕著になることによるものである。

【0038】

Xが20体積%未満であると、cBN焼結体の熱伝導率を低くするというメリットを享受できるが、それよりもcBN粒子の含有量が低くなることによる硬度の低下のデメリットが大きくなる。一方、Xが98体積%を超えると、cBN粒子の含有量を高めたことによる硬度向上のメリットよりも、cBN焼結体の熱伝導率が高くなることによるデメリットが大きく、被削材に切削熱が流入されにくくなる。

【0039】

Xが20体積%以上88体積%未満のときに、 $Y > 0.6 \times X + 3$ となる場合、またはXが88体積%以上98体積%以下のときに、 $Y > 5.8 \times X - 455$ となる場合、cBN焼結体の熱伝導率が向上することに伴い、加工物の温度上昇を抑えられる。このため、cBN焼結体が高温となったときの硬度に対して、切削時の被削材の硬度の低下が不十分となり、刃先に欠損が生じたり、被削材の面粗度が悪化したりする。

【0040】

このようにcBN焼結体の熱伝導率と、cBN粒子の含有率とを上記の範囲に設定することにより、切削性能が向上するとともに、被削材の加工面の面粗度を改善することができる。これは、切削時の被削材の軟化による硬度低下に加え、cBN焼結体を高温にしたときの硬度が十分高いことにより、工具作用点における被削材のせん断をスムーズに進行

10

20

30

40

50

し、以って加工面にむしれ等が生成されにくく、優れた加工面を得ることができることによるものと推定される。

【0041】

また、本発明の立方晶窒化硼素焼結体工具は、少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いたものであって、該立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合をX体積%とし、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率をY(W/m・K)とすると、以下の式(I I')を満たすことを特徴とする。

【0042】

$$Y = 0.5 \times X + 1 \quad (\text{ただし式中、} 60 \leq X < 88) \quad \cdots (I I')$$

かかる式(I I')を満たす立方晶窒化硼素焼結体は、c B N粒子の含有量と断熱相の含有量とのバランスが極めて良好であり、c B N焼結体の熱伝導率が低く、かつ高温での硬度が高いものである。このようにc B N焼結体の熱伝導率が低いことにより被削材に切削熱が流入されて被削材の硬度を低下させるとともに、c B N粒子の含有量が高いことによりc B N焼結体の硬度が高められる。これらの効果が相俟って極めて長寿命のc B N焼結体工具を作製することができる。

【0043】

ここで、工具作用点におけるc B N焼結体の最低厚みは、2 mm以上であることが好ましく、より好ましくは3 mm以上である。工具作用点におけるc B N焼結体の最低厚みが2 mm未満の場合、その摩耗幅が2 mmを超えたときに工具シャンク部で加工することになり極端に寿命が低下する。ここで「最低厚み」とは、c B N焼結体の最も薄い部分の厚みをいう。

【0044】

工具作用点は、1 μm以上20 μm以下の面粗さR_zであることが好ましい。R_zが1 μm未満では、工具作用点における摩擦熱が発生しにくくなり、作用点での被削材の温度が十分に上がらないことにより、欠損が発生しやすくなる場合がある。一方、R_zが20 μmを超えると、加工時に加工物の成分が刃先に溶着しやすくなり、加工物の面粗さが悪化する場合がある。工具寿命を向上し、かつ加工物の面粗さを良好にするという観点から、R_zは1.5 μm以上10 μm以下であることがより好ましく、さらに好ましくは、2 μm以上5 μm以下である。なお、本発明において、面粗さR_zは、JIS B0601で定められた10点平均粗さであり、表面粗さ測定機(SURFCOM 2800E(株式会社東京精密製))を用いて得られた測定値を採用する。

【0045】

<立方晶窒化硼素焼結体>

本発明において、立方晶窒化硼素はc B N焼結体中に20体積%以上98体積%以下含まれることを特徴とする。ここで、c B N焼結体中のc B Nが20体積%未満の場合、耐摩耗性が不足し、98体積%を超えると、相対的に結合相が少なくなり接合強度が低下する。耐摩耗性と接合強度のバランスから、c B Nの含有率は60体積%以上88体積%未満とすることがより好ましい。

【0046】

ここで、c B N焼結体は、c B N粒子と断熱相を構成する第1化合物の原料粉末と結合相を構成する原料粉末とを含んだ上で焼結することにより製造されることが好ましい。材料強度を高め、かつ熱伝導率を低下させる効果を強めるという観点から、c B N粒子の平均粒子径は小さいことがより好ましく、c B N粒子は、1 μm以下の平均粒子径であることが好ましい。また、c B N焼結体の靱性を損なわないようにするという観点から、c B N粒子の平均粒子径は、0.1 μm以上であることが好ましい。材料強度、熱伝導率、および靱性のバランスの観点からは、c B N粒子の平均粒子径が0.2 μm以上0.5 μm以下であることがさらに好ましい。

【0047】

また、c B N粒子の表面を被覆層で被覆した被覆c B N粒子を用いることが好ましい。被覆c B N粒子は、被覆層により熱伝導率が高いc B N粒子同士が接触しにくくなり、も

10

20

30

40

50

ってcBN焼結体の熱伝導率の向上が抑制される。

【0048】

cBN粒子を被覆する被覆層は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素と、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第3化合物を1種以上含み、断熱相としての効果を示すものである。ここで、第3化合物は、第1化合物で例示した組成と同一の組成のものを用いることができる。このような被覆層は、PVDスパッタリング法によりcBN粒子の表面上に形成されることが好ましく、その平均層厚は、5nm以上50nm以下であることが好ましい。なお、被覆層の平均層厚は、透過型電子顕微鏡(TEM: transmission electron microscope)、二次電子顕微鏡、または反射電子顕微鏡により得られた画像から10箇所の被覆層の層厚を計測し、それにより得られた値を平均した値を採用する。

10

【0049】

<結合相>

本発明において、cBN焼結体に含まれる結合相(結合材とも呼ばれる)は、cBN粒子同士を結合する作用を示すものであって、cBN焼結体の結合相として知られる従来公知の組成の結合相をいずれも採用することができる。結合相に用いられる組成としては、Ti、W、Co、Zr、およびCrからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素と、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素と、Alとの化合物であることが好ましく、Ti、W、Co、Zr、およびCrからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素の炭化物、硼化物、炭窒化物、酸化物、またはこれらの相互固溶体の少なくとも一種とAlとの化合物であることがより好ましい。これにより鉄系焼結合金、および鋳鉄の機械加工で、特に良好な耐摩耗性を得ることができる。

20

【0050】

<断熱相>

本発明において、断熱相はcBN焼結体中に点在することにより、cBN焼結体の熱伝導率を低下させることができ、以って加工時に生じる熱がcBN焼結体工具に伝導しにくく加工物への伝導が促進される。このような断熱相は、焼結性に劣る材料からなり、具体的には、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素と、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第1化合物を1種以上含み、該第1化合物は、cBN焼結体中に1質量%以上20質量%以下含まれ、かつ100nm未満の平均粒子径を有することが好ましい。第1化合物が1質量%未満であると、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を低下させる効果が十分に得られず、加工物への熱の伝導が促進されない。また、第1化合物が20質量%を超えると、焼結が不十分となり、立方晶窒化硼素焼結体の硬度が低下するという問題がある。また、第1化合物の平均粒子径が100nm以上であると、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を下げる効果が小さく、本発明の効果を得ることができない。立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率を低下させるという観点からは、第1化合物の平均粒子径が50nm未満であることが好ましい。

30

【0051】

このような断熱相は、cBN焼結体中に未焼結の領域として第1化合物を含むことが好ましい。本発明における「未焼結の領域」とは、断熱相とcBN粒子との界面に形成される焼結によって生じる粒状、または微細な層状の反応物が存在しない粒界・界面付近の領域、および該領域に接する粒子を含む領域をいう。このような未焼結の領域は、cBN焼結体に対し0.01体積%以上3体積%以下含まれることが好ましい。未焼結の領域が0.01体積%未満であると、断熱相としての効果を十分に得ることができないため好ましくなく、3体積%を超えると、cBN焼結体の強度が低下するため好ましくない。

40

【0052】

なお、第1化合物が未焼結の領域となる詳細のメカニズムは明らかになっていないが、おそらくcBN粒子と、第1化合物の原料粉末と、結合相を構成する原料粉末とを混合して超高压焼結する際に、第1化合物の原料粉末の平均粒子径が結合相を構成する原料粉末

50

の平均粒子径よりも小さいことによるものと考えられる。すなわち、平均粒子径が小さい第1化合物の原料粉末への圧力が十分に伝達されずに、断熱相とその周囲の結合相およびcBN粒子との界面に微細な層状の未焼結の領域が形成されるものと推測される。

【0053】

なおまた、本発明において、未焼結の領域は、エネルギー分散型X線分光装置(EDX: Energy Dispersive X-ray spectroscopy)付のTEM、オージェ電子顕微鏡、または二次電子顕微鏡を用いて、断熱相とcBN成分との両方の元素を同時に検出する領域が本質的に存在しない粒界に接する粒子が占有する領域により確認することができる。また、cBN焼結体に占める未焼結の領域の体積%は、cBN焼結体を一の面で切断したときの切断面の面積に対し、未焼結の領域が占める面積の比率に基づいて算出する。

10

【0054】

上記の第1化合物は、Al、Si、Ti、Zr、Mo、Ni、およびCrからなる群より選択される1種以上の元素の窒化物、炭化物、および炭窒化物に対し、酸素および硼素のいずれか一方もしくは両方が0.1質量%以上10質量%以下固溶した化合物であることが好ましく、0.2質量%以上7質量%以下固溶した化合物であることがより好ましく、さらに好ましくは1質量%以上3質量%以下固溶した化合物である。このような割合で酸素および硼素を含むことにより、cBN焼結体中に断熱相としての効果を有する未焼結の領域が形成されやすくなることから、耐欠損性を損なうことなく、cBN焼結体工具の断熱性を高めることができる。特に、第1化合物に硼素を含む場合、断熱相とcBN粒子との界面に形成される焼結によって生じる粒状、もしくは微細な層状の反応物とは、第1化合物より高い濃度で硼素が検出される粒界・界面付近の領域のことを意味する。

20

【0055】

本発明のcBN焼結体は、上記の第1化合物の成分に加え、Wおよび/またはReと、N、C、O、およびBからなる群より選択される1種以上の元素とからなる第2化合物を1種以上含み、第2化合物は、cBN焼結体中に0.1質量%以上2質量%以下含まれることが好ましい。ここで、第2化合物は、cBN焼結体の組織中に不連続に配置されるものである。Wを含む原料としては、たとえばパラタングステン酸アンモニウム($5(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)を挙げることができ、Reを含む材料としては、過レニウム酸アンモニウム(NH_4ReO_4)等を挙げることができる。

【0056】

30

上記の第1化合物の原料粉末に加え、第2化合物の原料粉末(すなわちたとえば、 $5(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ からなる粉末または NH_4ReO_4 からなる粉末)と、結合相を構成する原料粉末と、cBN粒子とを混合して超高压焼結することにより、その超高压焼結下で第2化合物の原料粉末に含まれる NH_4 および/または H_2O が触媒として機能する。そして、この触媒の機能によりcBN粒子同士を直接結合させることができ、によってcBN焼結体の強度を高めることができる。

【0057】

しかも、このような第2化合物の原料粉末とともにcBN粒子を超高压焼結することにより、cBN焼結体の組織中に、高温硬度および靱性に優れるW、Re、またはWとReとの合金、およびこれらの酸化物が不連続に配置する。この結果、cBN焼結体の熱伝導率を低下させることができる。よって、このような第2化合物をcBN焼結体を含むことにより、cBN焼結体工具の耐摩耗性および耐熱性を低下させることなく、耐欠損性を向上させることができる。

40

【0058】

<工具シャンク部>

本発明において、cBN焼結体が固定される工具シャンク部は、この種の工具シャンク部として知られる従来公知のものであればいずれのものであっても採用することができ、特に限定されない。このような工具シャンク部としては、たとえば超硬合金製またはステンレス製のものを好適に用いることができる。

【0059】

50

ここで、上記の c B N 焼結体と工具シャンク部とは、ネジ止め方式および / またはセルフグリップ方式により固定されることが好ましい。このような方式で c B N 焼結体を固定することにより、c B N 焼結体工具が摩耗して、その機能が損なわれた場合に、摩耗した c B N 焼結体のみを交換することができる。これにより工具シャンク部を交換することなく繰り返し利用することができる。

【 0 0 6 0 】

< 防振耐熱板 >

本発明において、c B N 焼結体と工具シャンク部との固定部分に防振耐熱板を介在させることが好ましい。防振耐熱板を介在させることにより、加工時に c B N 焼結体に生じる振動が工具シャンク部に伝播するのを抑制することができる。すなわち、防振耐熱板を設けることにより、加工時に工具シャンク部にかかる振動の負荷を軽減することができる。

10

【 0 0 6 1 】

防振耐熱板は、 $40 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下の熱伝導率であることが好ましい。防振耐熱板が $40 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下の熱伝導性を示すことにより、加工時に生じる摩擦熱が工具シャンク部に伝導しにくくなり、加工物（たとえば被削材を含む）に伝導させることができる。これにより加工物の軟化を促進することができ、以って c B N 焼結体工具の欠損を発生しにくくすることができる。このような防振耐熱板は、 $20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下の熱伝導率であることがより好ましく、さらに好ましくは、 $5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下の熱伝導率である。また、防振耐熱板は、酸化物からなるものを用いることにより、さらに熱伝導率を低下させることができる。

20

【 0 0 6 2 】

< c B N 焼結体の製造方法 >

本発明に用いられる c B N 焼結体は、c B N 粒子と断熱相を構成する原料粉末と結合相を構成する原料粉末とを超高圧装置に導入した上で、これらの粉末を超高圧焼結することにより得ることができる。このように断熱相を構成する原料粉末を含めた上で、超高圧焼結することにより、c B N 焼結体の熱伝導率を低下させることができる。ここで、超高圧焼結の条件として、超高圧焼結時の圧力は、低圧力であることが好ましく、より具体的には 2 GPa 以上 7 GPa 以下であることが好ましい。超高圧焼結時の温度は、 1100 以上 1800 以下であることが好ましく、超高圧焼結の処理に要する時間は 5 分以上 30 分以下であることが好ましい。

30

【 0 0 6 3 】

また、上記の超高圧焼結以外の焼結方法として、低圧焼結してもよい。これにより断熱相を構成する原料粉末の焼結が完全に進行しにくくなるため、断熱相の一部として、意図的に未焼結の領域を点在させることができ、熱伝導を妨げる効果を得ることができる。ここで、低圧焼結としては、たとえばホットプレス法や放電プラズマ焼結法 (S P S : Spark Plasma Sintering) を適用することができる。

【 0 0 6 4 】

(実施例)

以下、実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

40

【 0 0 6 5 】

< 実施例 1 >

以下のようにして、c B N 焼結体工具を作製した。まず、平均粒子径 $0.8 \mu\text{m}$ の W C 粉末と、平均粒子径 $0.9 \mu\text{m}$ の C o 粉末と、平均粒子径 $2 \mu\text{m}$ の A l 粉末とを質量比で、W C : C o : A l = 3 5 : 5 5 : 1 0 となるように混合した。そして、真空中で 1100 、 40 分間熱処理した化合物を、 3 mm の超合金製ボールを用いて粉砕し結合相を構成する原料粉末を得た。

【 0 0 6 6 】

次に、断熱相を形成する第 1 化合物の成分として、平均粒子径 $0.7 \mu\text{m}$ の S i 粉末と平均粒子径 $0.6 \mu\text{m}$ の Z r 粉末とを混ぜ合わせたものを窒素雰囲気中で 1000 、 3

50

0 分の間熱処理することにより化合物を作製した。その後、同化合物を粗粉碎した後に、
0.5 mm のジルコニア製メディアを用いて、流速 0.2 L / min のエタノールの溶媒中で、メディアと化合物とを微粉碎した。そして、粉碎に用いたメディアを取り除くことにより、断熱相を構成する第 1 化合物の原料粉末（平均粒子径 35 nm）を準備した。
【0067】

また、平均粒子径 0.5 μm の cBN 粒子に対し、PVD スパッタリング法を用いて、Ti を含む被覆層を平均層厚 40 nm で被覆することにより、被覆 cBN 粒子を準備した。後述するが、被覆層の組成は、EDX による各種元素の重なり状態から化合物を推定した。

【0068】

10

そして、上記で得られた結合相を構成する原料粉末と、断熱相を構成する第 1 化合物の原料粉末と、被覆 cBN 粒子とを焼結後の cBN の割合が 75 体積% になるように配合し、混合し乾燥させた。なお、第 1 化合物の原料粉末は、結合相を構成する原料粉末の 10 質量% を配合した。さらに、これらの粉末を超合金製支持板に積層して Mo 製カプセルに充填した。そして、超高压装置によって、圧力 6.5 GPa、温度 1350 で 30 分間焼結し、以下の表 1 に記した組成および熱伝導率を有する cBN 焼結体を得た。なお、後述するが、X 線回析により結合相を構成する化合物の組成を確認し、表 1 の「結合相」の欄中に示した。

【0069】

上記で得られた cBN 焼結体を所定の形状に切断し、防振耐熱板を介して工具シャンク部に固定することにより、cBN 焼結体工具を作製した。このようにして作製された cBN 焼結体工具に対し、所定の工具形状に研削加工を施した。ここで、工具シャンク部としては超合金製のものを用い、防振耐熱板としては Zr の酸化物からなり、その厚みが 1 mm 以上であり、その熱伝導率は 3 W / m · K であるものを用いた。

20

【0070】

このようにして作製した cBN 焼結体工具の工具作用点の表面粗さ Rz を表面粗さ測定機（SURFCOM 2800E（株式会社東京精密製））により測定したところ、cBN 焼結体工具の工具作用点の Rz は 2.5 μm であった。

【0071】

< 実施例 2 ~ 3 >

30

実施例 1 の cBN 焼結体工具に対し、被覆層の有無および組成、ならびに断熱相の組成が表 1 のように異なる他は、実施例 1 と同様の方法により実施例 2 ~ 3 の cBN 焼結体工具を作製した。たとえば、実施例 2 では、断熱相を構成する成分として、平均粒子径 0.85 μm の Mo 粉末と、平均粒子径 0.7 μm の Ni 粉末とを第 1 化合物の原料粉末に用い、cBN 粒子を被覆する被覆層の組成を TiAl としたことを除いては実施例 1 と同様のものとした。

【0072】

また、実施例 3 では、断熱相を構成する成分として、平均粒子径 0.75 μm の Mo 粉末と、平均粒子径 0.9 μm の Cr 粉末とを第 1 化合物の原料成分に用いるとともに、平均粒子径 0.6 μm のパラタングステン酸アンモニウム（ $5(NH_4)_2O \cdot 12WO_3 \cdot 5H_2O$ ）粉末と、平均粒子径 0.8 μm の過レニウム酸アンモニウム（ NH_4ReO_4 ）粉末とを第 2 化合物の原料粉末に用いた。さらに、cBN 粒子は、実施例 1 のように被覆層で被覆していないものを用いた。

40

【0073】

< 実施例 4 ~ 6 >

実施例 1 の cBN 焼結体工具に対し、cBN の割合が表 1 のように異なる他は実施例 1 と同様の方法により実施例 4 ~ 6 の cBN 焼結体工具を作製した。

【0074】

< 実施例 7 >

実施例 1 の cBN 焼結体工具に対し、被覆層を有さない cBN 原料粉末を用いたこと、

50

c B Nの割合を98体積%としたこと、および結合相を構成する粉末の50質量%の粉末量の第1化合物を使用したことを除いては、実施例1と同様の方法により、本実施例のc B N焼結体工具を作製した。

【0075】

<実施例8>

以下のようにして、c B N焼結体工具を作製した。なお、実施例8~13のc B N焼結体工具は、c B N焼結体のみからなる工具である。まず、平均粒子径 $1.2\mu\text{m}$ のTiC粉末と平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のAl粉末とを質量比で、TiC:Al=90:10となるように混合し、真空中で1200、30分間熱処理した化合物を、3mmの超合金製ボールを用いて粉碎し結合相を構成する原料粉末を得た。

10

【0076】

次に、断熱相を形成する第1化合物の成分として、平均粒子径 $0.7\mu\text{m}$ のSi粉末と平均粒子径 $0.6\mu\text{m}$ のTi粉末とを混ぜ合わせたものを窒素雰囲気中で1000、30分の間熱処理することにより化合物を作製した。その後、同化合物を粗粉碎した後に、0.3mmの窒化珪素製メディアを用いて、流速 $0.2\text{L}/\text{min}$ のエタノールの溶媒中で、メディアと化合物とを微粉碎した。この粉碎に用いたメディアを取り除くことにより、断熱相を構成する平均粒径30nmの第1化合物の原料粉末を準備した。

【0077】

また、平均粒子径 $0.3\mu\text{m}$ のc B N粒子に対し、PVDスパッタリング法を用いて、TiAlを含む被覆層を平均層厚30nmで被覆することにより、被覆c B N粒子を準備した。

20

【0078】

そして、上記で得られた結合相を構成する原料粉末と断熱相を構成する第1化合物の原料粉末と被覆c B N粒子とを焼結後のc B Nの割合が50体積%になるように配合し、混合し乾燥させた。ここで、第1化合物は、結合相を構成する原料粉末の7質量%を配合した。さらに、これらの粉末を超合金製支持板に積層してMo製カプセルに充填後、超高压装置によって、圧力5.8GPa、温度1250で30分間焼結し、以下の表1に記した組成および熱伝導率を有するc B N焼結体を得た。

【0079】

<実施例9>

30

実施例8のc B N焼結体工具に対し、c B Nの割合が表1のように異なる他は実施例8と同様の方法により本実施例のc B N焼結体工具を作製した。

【0080】

<実施例10>

実施例8のc B N焼結体工具に対し、被覆層を有さないc B N原料粉末を用いたこと、c B Nの割合を75体積%としたこと、および焼結時の温度を1450に設定したことが異なる他は実施例8と同様の方法により本実施例のc B N焼結体工具を作製した。

【0081】

<実施例11>

実施例10のc B N焼結体工具に対し、焼結時の圧力を2.8GPaに設定したことが異なる他は、実施例10と同様の方法により本実施例のc B N焼結体工具を作製した。

40

【0082】

このようにして得られたc B N焼結体を一の面で切断し、その断面に対しTEMを用いて10000倍で観察および分析をした。その結果、その断面の断面積の0.4%が未焼結であることを確認した。このことから、c B N焼結体中に0.4体積%の未焼結の領域を含むことが明らかとなった。

【0083】

<実施例12>

実施例10のc B N焼結体工具に対し、超高压焼結装置を用いる代わりに、放電プラズマ焼結(SPS: Spark Plasma Sintering)装置を用いることにより、c B N焼結体工

50

具を作製した。具体的には、SPS装置内の温度を1450とし、焼結時の圧力を0.06 GPaに調整した上で、cBN粉末と結合相を構成する原料粉末と断熱相を構成する第1化合物の原料粉末とを焼結することによりcBN焼結体を得た。なお、SPS装置を用いたcBN焼結体の作製方法を具体的に説明すると、cBN粉末と結合相を構成する原料粉末と断熱相を構成する第1化合物の原料粉末とを混合したものをグラファイト製焼結型に充填した上で、0.06 GPaに加圧し、真空加熱条件で装置内の温度を1450として、30分以下の間、放電プラズマ焼結を行なうことにより行なった（たとえば特開2008-121046号公報の段落[0014]参照）。

【0084】

このようにして得られたcBN焼結体を一の面で切断し、その断面に対しSEMを用いて10000倍で観察した。その結果、その断面の断面積の1.3%が未焼結であることを確認した。このことから、cBN焼結体中に1.3体積%の未焼結の領域を含むことが明らかとなった。

【0085】

また、本実施例で得られたcBN焼結体をX線回析すると、一部の領域で六方晶となっていることが確認された。このことから、本実施例の立方晶窒化硼素焼結体は、六方晶窒化硼素(hBN: Hexagonal Boron Nitride)を一部含むことが明らかとなった。このようにhBNが生じた理由は、おそらく焼結時の焼結圧力が低いことにより、cBNからhBNに逆変換したことによるものと推定される。

【0086】

<実施例13>

実施例10のcBN焼結体工具に対し、超高压焼結装置を用いる代わりに、ホットプレス装置を用いることにより、cBN焼結体工具を作製した。具体的には、ホットプレス装置内の温度を1450とし、焼結時の圧力を0.02 GPaに調整した上で、cBN粉末と結合相を構成する原料粉末と断熱相を構成する第1化合物の原料粉末とを焼結することによりcBN焼結体を得た。

【0087】

このようにして得られたcBN焼結体を一の面で切断し、その断面に対しTEMを用いて10000倍で観察および分析をした。その結果、その断面の断面積の3.5%が未焼結であることを確認した。このことから、cBN焼結体中に3.5体積%の未焼結の領域を含むことが明らかとなった。

【0088】

また、本実施例で得られたcBN焼結体をX線回析すると、実施例12と同様にhBNを一部含むことが確認された。

【0089】

このようにして作製された各実施例のcBN焼結体工具は、少なくとも工具作用点に立方晶窒化硼素焼結体を用いた立方晶窒化硼素焼結体工具であって、立方晶窒化硼素焼結体中に含まれる立方晶窒化硼素の割合をX体積%とし、立方晶窒化硼素焼結体の熱伝導率をY(W/m・K)とすると、以下の式(I)と、式(II)または式(III)のいずれか一方とを満たすものである。

【0090】

$$20 \leq X \leq 98 \quad \cdots (I)$$

$$Y \geq 0.6 \times X + 3 \quad (\text{ただし式中、} 20 \leq X < 88) \quad \cdots (II)$$

$$Y \geq 5.8 \times X - 455 \quad (\text{ただし式中、} 88 \leq X \leq 98) \quad \cdots (III)$$

<比較例1～2>

比較例1～2の立方晶窒化硼素焼結体工具は、実施例1の立方晶窒化硼素焼結体工具に対して、cBNの割合、および結合相の組成が表1のように異なり、かつ断熱相を含まないことを除いては実施例1と同様の方法により作製した。なお、このようにして作製された立方晶窒化硼素焼結体に対し、結合相を構成する成分の平均粒子径を測定したところ、いずれも100 nm以上であった。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

< 比較例 3 >

市販されている c B N 焼結体（製品名：M B 8 0 2 5（三菱マテリアル株式会社製））を用いた。

【 0 0 9 2 】

< 比較例 4 >

市販されている c B N 焼結体（製品名：B X 4 8 0（株式会社タンガロイ製））を用いた。

【 0 0 9 3 】

【表 1】

	結合相	断熱相 (第 1 化合物, 第 2 化合物)	被覆層	cBN 率 X (体積%)	20 ≤ X < 88	88 ≤ X ≤ 98	60 ≤ X < 88	熱伝導率 Y (W/m · K)
					0.6 × X + 3 (II)	5.8 × X - 455 (III)	0.5 × X + 1 (I')	
実施例 1	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	SiO ₂ , ZrO ₂ , ZrC	TiB ₂ , TiO ₂ , TiN	75	48	-	38.5	43
実施例 2	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	MoO ₃ , Mo ₂ C, NiO	TiAlN, TiB ₂ , AlB ₂	75	48	-	38.5	38
実施例 3	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	MoO ₃ , Mo ₂ C, Cr ₂ O ₃ , WO ₃ , ReO ₄	-	75	48	-	38.5	46
実施例 4	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	SiO ₂ , ZrO ₂ , ZrC	TiB ₂ , TiO ₂ , TiN	60	39	-	31	33
実施例 5	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	SiO ₂ , ZrO ₂ , ZrC	TiB ₂ , TiO ₂ , TiN	88	-	55.4	-	55
実施例 6	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	SiO ₂ , ZrO ₂ , ZrC	TiB ₂ , TiO ₂ , TiN	92	-	78.6	-	78
実施例 7	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	SiO ₂ , ZrO ₂ , ZrC	-	98	-	113.4	-	110
実施例 8	TiC, TiB ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN, TiO ₂	TiAlN, TiB ₂ , AlB ₂	50	33	-	-	32
実施例 9	TiC, TiB ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN, TiO ₂	TiAlN, TiB ₂ , AlB ₂	20	15	-	-	14
実施例 10	TiC, TiB ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN	-	75	48	-	38.5	48
実施例 11	TiC, TiB ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN	-	75	48	-	38.5	43
実施例 12*1	TiC, TiB ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN	-	75	48	-	38.5	38.5
実施例 13*2	TiC, TiC ₂ , AlB ₂	Si ₃ N ₄ , SiO ₂ , TiSiN	-	75	48	-	38.5	32
比較例 1	TiN, TiB ₂ , AlN	-	-	75	48	-	38.5	70
比較例 2	WC, CoWB, AlB ₂	-	-	88	-	55.4	-	95
比較例 3*3	TiN, TiB ₂ , AlN	-	-	60	39	-	31	60
比較例 4*3	WC, W ₂ Co ₂₁ B ₆ , Co ₃ W ₃ C, AlB ₂	-	-	95*4	-	96	-	120

- ※ 1 放電プラズマ焼結装置を用いて cBN 焼結体を作製した。
 ※ 2 ホットプレス装置を用いて cBN 焼結体を作製した。
 ※ 3 市販されている cBN 焼結体を使用した。
 ※ 4 カタログ値を記載した。

【0094】

ここで、表 1 の「cBN 率」は、cBN 焼結体に含まれる cBN の割合 (X) を示すものであるが、以下のようにして算出した。まず、各実施例および各比較例で作製された cBN 焼結体を鏡面研磨し (ただし研磨する厚みは 50 μm 未満にとどめた)、任意の領域の cBN 焼結体組織を電子顕微鏡にて 10000 倍で写真撮影したところ、黒色領域と灰

10

20

30

40

50

色領域と白色領域が観察された。付属のEDXにより、黒色領域はcBN粒子、灰色領域と白色領域は結合相であることが確認された。さらに、灰色領域はCo化合物、Ti化合物、およびAl化合物であり、白色領域はW化合物であることも確認された。

【0095】

次に、上記で撮影された10000倍の写真に対し画像処理ソフトを用いて2値化処理を施し、同写真のcBN粒子が占める領域（黒色領域）の合計面積を算出し、その写真中のcBN焼結体に占める黒色領域の割合の百分率を、体積%として表1に記載した。

【0096】

また、表1中の「熱伝導率」は、レーザーフラッシュ法により測定して得られたcBN焼結体の熱拡散率と、別の方法で算出されたcBN焼結体の比熱および密度とに基づいて算出した。

【0097】

結合相は、上記のX線回折により化合物を同定することができるが、断熱相を構成する第1化合物、第2化合物、および被覆層は、その含有量が微量であるため、X線回折では明瞭な強度ピークを得ることができなかった。このため、cBN焼結体を鏡面研磨した面の任意の領域を電子顕微鏡にて50000倍で写真撮影し、付属のEDXにより、各種元素の重なり状態から化合物を推定した。このようにして測定したEDXの組成分析の結果を表1の「断熱層」および「被覆層」の欄に示す。

【0098】

このようにして得られた各実施例および各比較例の立方晶窒化硼素焼結体を用いて、以下の工具形状を有するcBN焼結体工具を作製し、切削試験1、2および塑性試験1、2を実施した。その結果を表2～5に示す。

【0099】

< 切削試験1 >

実施例1～7、および比較例1～4について、工具型番がSNMA120430のcBN焼結体工具を作製し、以下の条件で切削試験を行なった。

被削材：Ni基超耐熱合金インコネル718の外径加工

被削材硬度：Hv430

切削条件：切削速度 $V_c = 150 \text{ m/min}$.

送り量 $f = 0.13 \text{ mm/rev}$.

切り込み量 $a_p = 0.2 \text{ mm}$

クーラント エマルジョン20倍希釈

【0100】

【表2】

	工具寿命に到達する までの切削距離(km)	損傷形態
実施例1	1.8	正常摩耗
実施例2	2.5	正常摩耗
実施例3	1.7	境界欠損
実施例4	2.0	境界欠損
実施例5	1.7	正常摩耗
実施例6	1.6	正常摩耗
実施例7	1.5	正常摩耗
比較例1	0.4	境界欠損
比較例2	0.6	境界欠損
比較例3	0.2	境界欠損
比較例4	0.1	境界欠損

【 0 1 0 1 】

表 2 の「工具寿命に到達するまでの切削距離」の欄において、摩耗幅が 0 . 3 mm を超えるまでに欠損が生じなかった場合には c B N 焼結体の摩耗幅が 0 . 3 mm を超えた時点の切削距離 (k m) を示し、摩耗幅が 0 . 3 mm を超えるまでに欠損が生じた場合には、その時点で切削試験を中断し、その時点までの切削距離 (k m) を示した。なお、切削距離の長さが長いものほど、工具寿命が長いことを示している。

【 0 1 0 2 】

また、表 2 中の「損傷形態」においては、切削試験後の c B N 焼結体の摩耗幅が 0 . 3 mm を超えた場合に「正常摩耗」と記し、それまでに欠損が生じた場合に「境界欠損」と記した。

10

【 0 1 0 3 】

表 2 から明らかなように、実施例 1 ~ 7 の本発明に係る立方晶窒化硼素焼結体工具は、比較例 1 ~ 4 の立方晶窒化硼素焼結体工具に比し、工具寿命を長寿命化したものであることが明らかである。

【 0 1 0 4 】

実施例 1 ~ 7 の中でも実施例 2 の立方晶窒化硼素焼結体工具は、X が 6 0 以上 8 8 未満であって、 $Y = 0.5 \times X + 1$ を満たすため、その立方晶窒化硼素焼結体工具の寿命が最も長くなっていると考えられる。

【 0 1 0 5 】

また、比較例の立方晶窒化硼素焼結体工具はいずれも、 $20 < X < 88$ のときには、 $Y > 0.6 \times X + 3$ であるか、または $88 < X < 98$ のときには、 $Y > 5.8 \times X - 455$ である。このため、c B N 焼結体の高温硬度に対し、被削材を十分に軟化することができず、境界欠損が早期に生じたものと推定される。

20

【 0 1 0 6 】

< 切削試験 2 >

実施例 8 ~ 13、比較例 1 および 3 において、工具型番が C N G A 1 2 0 4 0 8 の c B N 焼結体工具を作製し、以下の条件で切削試験を行なった。

被削材 : 0 . 8 C - 2 . 0 C u - 残 F e (J P M A 記号 : S M F 4 0 4 0)

被削材硬度 : 7 8 H R B

切削条件 : 切削速度 $V_c = 100 \text{ m/min}$.

送り量 $f = 0.08 \text{ mm/rev}$.

切り込み量 $a_p = 0.2 \text{ mm}$

切削液あり

30

【 0 1 0 7 】

【表 3】

	工具寿命に到達する までの切削距離 (km)	損傷形態
実施例 8	11.9	正常摩耗
実施例 9	8.5	正常摩耗
実施例 10	10.2	正常摩耗
実施例 11	10.9	正常摩耗
実施例 12	12.7	正常摩耗
実施例 13	13.5	微小チップング
比較例 1	0.1	正常摩耗
比較例 3	0.1	正常摩耗

40

【 0 1 0 8 】

表 3 中の「工具寿命に到達するまでの切削距離」には、被削材の面粗度 R_z が 3.2μ

50

mを超えた時点での切削距離 (k m) を示した。なお、切削距離の長さが長いものほど、工具寿命が長いことを示している。また、表 3 中の「損傷形態」において、切削試験後の c B N 焼結体の表面に目視で確認できる程度のチッピングが発生している場合に「微小チッピング」と記した。なお、その他の損傷形態は、切削試験 1 と同様の基準で判断した。

【 0 1 0 9 】

表 3 から明らかなように、実施例 8 ~ 1 3 の本発明に係る立方晶窒化硼素焼結体工具は、比較例 1 および 3 の立方晶窒化硼素焼結体工具に比し、工具寿命を長寿命化したものであることが明らかである。

【 0 1 1 0 】

比較例 1 および 3 の立方晶窒化硼素焼結体工具の工具寿命が短くなった理由はおそらく、 $Y = 0.6 \times X + 3$ を満たさないために、加工熱が工具側に相対的に多く流入することとなり、その結果、被削材の軟化を十分に促進することができず、工具作用点における被削材のせん断がスムーズに進行しなくなり、加工初期から加工面にむしれが発生し、加工面の面粗度が悪化したことによるものと推察される。

【 0 1 1 1 】

< 塑性試験 1 : パンチプレス >

実施例 1 ~ 3、および比較例 1 ~ 2 において、工具形状が 10 の円筒形状の c B N 焼結体工具を作製し、以下の条件で塑性試験を行なった。

加工物 : S U S 3 0 4

加工物の硬度 : H v 1 7 0

加工物の厚み : 2 m m

塑性条件 : 押しぬき荷重 2 . 3 G P a

【 0 1 1 2 】

【表 4】

	パンチ回数 (回)
実施例 1	28500
実施例 2	32000
実施例 3	24000
比較例 1	4000
比較例 2	5000

【 0 1 1 3 】

表 4 の「パンチ回数」には、パンチ穴にバリが発生した時点までに加工物をパンチした回数を示した。なお、パンチ回数が多いほど、立方晶窒化硼素焼結体工具の被削材に対する相対硬度が向上しており、工具寿命が長くなっていることを示している。

【 0 1 1 4 】

表 4 から明らかなように、実施例 1 ~ 3 の本発明に係る立方晶窒化硼素焼結体工具は、比較例 1 ~ 2 の立方晶窒化硼素焼結体工具に比し、工具寿命を長寿命化したものであることが明らかである。このことから、立方晶窒化硼素焼結体工具の寿命が向上していることを確認した。

【 0 1 1 5 】

< 塑性試験 2 : 摩擦圧縮接合 >

実施例 1 ~ 3 および比較例 1 ~ 2 において、直径 12 . 7 m m の円柱の中央部に、ネジ高さが 3 m m の M 4 の左ネジ形状の突起物を形成した c B N 焼結体工具の底面に対し、厚み 2 m m のジルコニア製の防振耐熱板をロウ付けした特殊工具を作製し、以下の条件で塑性試験を行なった。

被接合材 : 高張力鋼を 2 枚重ねしたもの

被接合材の引張強度 : 6 0 0 M P a

被接合物の厚み：1 mm

接合条件：回転数 2 8 0 0 r p m

加圧力 1 1 0 0 0 N

【 0 1 1 6 】

【表 5】

	接合回数 (回)
実施例 1	12000
実施例 2	15000
実施例 3	9000
比較例 1	250
比較例 2	150

10

【 0 1 1 7 】

表 5 の「接合回数」には、c B N 焼結体工具のネジ部が欠損するまでに、被接合材を接合した回数を示した。なお、接合回数が多いほど、工具寿命が長いことを示している。

【 0 1 1 8 】

表 5 から明らかなように、実施例 1 ～ 3 の本発明に係る立方晶窒化硼素焼結体工具は、比較例 1 ～ 2 の立方晶窒化硼素焼結体工具に比し、工具寿命を長寿命化したものであることが明らかである。

20

【 0 1 1 9 】

以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

【 0 1 2 0 】

今回開示された実施の形態および実施例は、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。本発明の範囲は上記した説明ではなくて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。

30

フロントページの続き

審査官 小川 真

(56)参考文献 国際公開第2007/145071(WO,A1)

特開2008-222485(JP,A)

特開2008-208028(JP,A)

久木野 暁,「cBN焼結体工具による自動車部品の加工事例」,機械技術,日本,日刊工業出版
プロダクション,2006年 4月 1日,vol.54,No.4,p29-34

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B23B 27/14

B23B 27/20

C04B 35/583