



(21) 申請案號：113123540 (22) 申請日：中華民國 113 (2024) 年 06 月 25 日
(51) Int. Cl. : C22C29/08 (2006.01) B23B27/14 (2006.01)
(30) 優先權：2023/09/26 世界智慧財產權組織 PCT/JP2023/035008
(71) 申請人：日商住友電氣工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
(JP)
日本
(72) 發明人：城戶保樹 KIDO, YASUKI (JP)；木村好博 KIMURA, YOSHIHIRO (JP)；帕索斯
阿儂薩克 PASEUTH, ANONGSACK (LA)
(74) 代理人：陳長文
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：5 共 43 頁

(54) 名稱

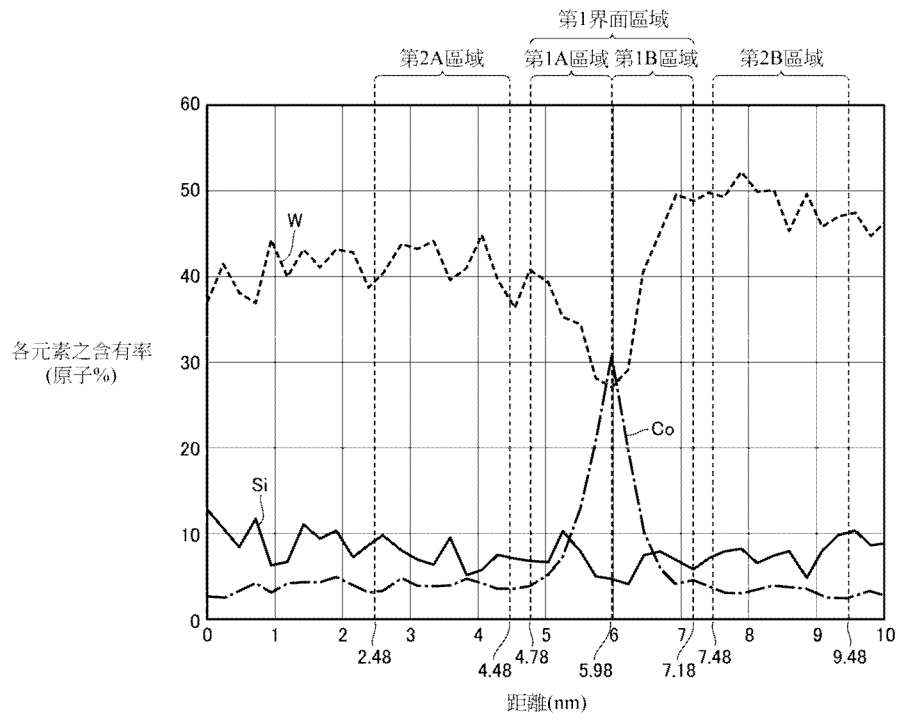
超硬合金及切削工具

(57) 摘要

本發明係一種超硬合金，其具備複數個碳化鎢粒子及結合相，並且上述超硬合金包含合計 89 體積%以上之上述碳化鎢粒子及上述結合相，上述超硬合金包含 1.5 體積%以上 23 體積%以下之上述結合相，上述結合相包含 40 質量%以上之鈷，上述結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈦、鐵、銱及鉑所組成之群中之至少 1 種第 1 元素，於相互相鄰之上述碳化鎢粒子彼此之間之第 1 界面區域中，上述第 1 元素無偏析，且於相互相鄰之上述碳化鎢粒子與上述結合相之間之第 2 界面區域中，上述第 1 元素無偏析。

Provided is a cemented carbide comprising a plurality of tungsten carbide grains and a binder phase, wherein the cemented carbide comprises the tungsten carbide grains and the binder phase in a total of 89% by volume or more, the cemented carbide comprises 1.5% by volume or more and 23% by volume or less of the binder phase, the binder phase contains 40% by mass or more of cobalt, the binder phase further contains at least one first element selected from the group consisting of silicon, phosphorus, germanium, tin, rhenium, ruthenium, osmium, iridium, and platinum, the first element is not segregated in a first interface region between the tungsten carbide grains that are adjacent to each other, and the first element is not segregated in a second interface region between the tungsten carbide grain and binder phase that are adjacent to each other.

指定代表圖：



【圖3】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

超硬合金及切削工具

【英文發明名稱】

CEMENTED CARBIDE AND CUTTING TOOL

【中文】

本發明係一種超硬合金，其具備複數個碳化鎢粒子及結合相，並且上述超硬合金包含合計89體積%以上之上述碳化鎢粒子及上述結合相，上述超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之上述結合相，上述結合相包含40質量%以上之鈷，上述結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈦、鐵、銱及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，於相互相鄰之上述碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，上述第1元素無偏析，且於相互相鄰之上述碳化鎢粒子與上述結合相之間之第2界面區域中，上述第1元素無偏析。

【英文】

Provided is a cemented carbide comprising a plurality of tungsten carbide grains and a binder phase, wherein the cemented carbide comprises the tungsten carbide grains and the binder phase in a total of 89% by volume or more, the cemented carbide comprises 1.5% by volume or more and 23% by volume or less of the binder phase, the binder phase contains 40% by mass or more of cobalt, the binder phase further contains at least one first element selected from the group consisting of silicon, phosphorus, germanium, tin, rhenium, ruthenium, osmium, iridium, and

platinum, the first element is not segregated in a first interface region between the tungsten carbide grains that are adjacent to each other, and the first element is not segregated in a second interface region between the tungsten carbide grain and binder phase that are adjacent to each other.

【指定代表圖】

圖3

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

超硬合金及切削工具

【英文發明名稱】

CEMENTED CARBIDE AND CUTTING TOOL

【技術領域】

【0001】

本發明係關於一種超硬合金及切削工具。

【先前技術】

【0002】

先前，將具備複數個碳化鎢粒子及結合相之超硬合金用於切削工具之材料(專利文獻1)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0003】

[專利文獻1]日本專利特開2004-131769號公報

【發明內容】

【0004】

本發明之超硬合金具備複數個碳化鎢粒子及結合相，並且上述超硬合金包含合計89體積%以上之上述碳化鎢粒子及上述結合相，
上述超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之上述結合相，
上述結合相包含40質量%以上之鈷，

上述結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈮、鐵、鉍及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，上述第1元素無偏析，且

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子與上述結合相之間之第2界面區域中，上述第1元素無偏析。

【圖式簡單說明】

【0005】

圖1係實施方式1之超硬合金之模式性剖視圖。

圖2係表示實施方式1之超硬合金之第1圖像之一例的圖。

圖3係用於說明於第1界面區域中第1元素無偏析之確認方法的圖，表示第1曲線圖。

圖4係用於說明於第2界面區域中第1元素無偏析之確認方法的圖，表示第2曲線圖。

圖5係實施方式2之切削工具之模式圖。

【實施方式】

【0006】

[本發明所欲解決之問題]

近年來，於切削加工中被切削材料之難切削化發展，切削工具之使用條件變得嚴酷。例如，於印刷電路基板中，隨著5G(5th Generation Mobile Communication System，第五代移動通信系統)之擴大，資訊之高容量化發展，對印刷電路基板要求進一步之耐熱性。為了提高印刷電路基板之耐熱性，開發提高構成印刷電路基板之樹脂或玻璃填料之耐熱性之技

術。另一方面，因此印刷電路基板之難切削化發展。因此，於印刷電路基板之加工中，有切削工具容易發生磨耗或破損之傾向。

【0007】

因此，本發明之目的在於提供一種超硬合金及具備其之切削工具，該超硬合金尤其是即便於用作印刷電路基板之開孔加工用切削工具之材料之情形時，亦可使切削工具長壽命化。

【0008】

[本發明之效果]

根據本發明，能夠提供一種超硬合金及具備其之切削工具，該超硬合金尤其是即便於用作印刷電路基板之開孔加工用切削工具之材料之情形時，亦可使切削工具長壽命化。

【0009】

[本發明之實施方式之說明]

首先對本發明之實施方式進行羅列說明。

(1)本發明之超硬合金具備複數個碳化鎢粒子及結合相，並且

上述超硬合金包含合計89體積%以上之上述碳化鎢粒子及上述結合相，

上述超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之上述結合相，

上述結合相包含40質量%以上之鈷，

上述結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈦、鐵、銱及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，上述第1元素無偏析，且

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子與上述結合相之間之第2界面區域中，上述第1元素無偏析。

【0010】

根據本發明，能夠提供一種超硬合金，其尤其是即便於用作印刷電路基板之開孔加工用切削工具之材料之情形時，亦可使切削工具長壽命化。

【0011】

(2)於上述(1)中，在上述結合相中，相對於上述第1元素之質量M1及鈷之質量M2之合計M1 + M2，上述第1元素之質量M1之百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 可為1%以上6%以下。此處，質量M1與質量M2之單位相同。藉此，能夠提供一種可進一步延長切削工具之工具壽命之超硬合金。

【0012】

(3)於上述(1)或(2)中，

上述超硬合金可不包含：

金屬間化合物，其包含選自由上述第1元素、鈷及鎢所組成之群中之2種以上之元素；以及

第1化合物，其包含選自由上述第1元素、鈷及鎢所組成之群中之至少1種元素、及選自由碳、氮及氧所組成之群中之至少1種元素。

此處，上述第1化合物不包含碳化鎢。

【0013】

藉此，可抑制超硬合金之強度下降。

【0014】

(4)本發明之切削工具具備包含如上述(1)至(3)中任一項所記載之超

硬合金之刀尖。

【0015】

藉此，能夠提供一種切削工具，其尤其是即便於用於印刷電路基板之開孔加工之情形時，亦具有較長之工具壽命。

【0016】

[本發明之實施方式之詳情]

以下參照圖式對本發明之超硬合金及切削工具之具體例進行說明。於本發明之圖式中，同一參照符號表示同一部分或相當部分。又，為了使圖式明瞭化及簡化，長度、寬度、厚度、深度等尺寸關係適當變更，不一定表示實際尺寸關係。

【0017】

於本發明中，「A~B」之形式之記法意指範圍之上限下限(即A以上B以下)，於在A中無單位之記載且僅在B中記載有單位之情形時，A之單位與B之單位相同。

【0018】

於本發明中，於以化學式表示化合物等之情形時，當原子比無特別限定時，包含先前公知之所有原子比，不應一定僅限定於化學計量範圍。

【0019】

於本發明中，於分別記載1個以上之數值作為數值範圍下限及上限之情形時，亦揭示有下限所記載之任意1個數值與上限所記載之任意1個數值之組合。例如，於記載a1以上、b1以上、c1以上作為下限，記載a2以下、b2以下、c2以下作為上限之情形時，揭示有a1以上a2以下、a1以上b2以下、a1以上c2以下、b1以上a2以下、b1以上b2以下、b1以上c2以下、c1

以上a2以下、c1以上b2以下、c1以上c2以下。

【0020】

[實施方式1：超硬合金]

使用圖1對本發明之一實施方式之超硬合金進行說明。

本發明之一實施方式(以下亦記為「實施方式1」)之超硬合金3具備複數個碳化鎢粒子1及結合相2，並且

超硬合金3包含合計89體積%以上之碳化鎢粒子1及結合相2，

超硬合金3包含1.5體積%以上23體積%以下之結合相2，

結合相2包含40質量%以上之鈷，

結合相2進而包含選自由矽、磷、鎳、錫、銻、鈦、鐵、鉍及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，

於相互相鄰之碳化鎢粒子1彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析，且

於相互相鄰之碳化鎢粒子1與結合相2之間之第2界面區域中，第1元素無偏析。

【0021】

實施方式1之超硬合金能夠提供一種超硬合金及具備其之切削工具，該超硬合金尤其是即便於用作印刷電路基板之開孔加工用切削工具之材料之情形時，亦可使切削工具長壽命化。其理由雖不明確，但推測如下。

【0022】

實施方式1之超硬合金具備複數個碳化鎢粒子(以下亦記為「WC粒子」)及結合相，超硬合金之WC粒子及結合相之合計含有率為89體積%以上。藉此，超硬合金能夠具有較高之硬度及強度，具備該超硬合金之切削

工具能夠具有優異之耐磨耗性及耐破損性。

【0023】

實施方式1之超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之結合相，結合相包含40質量%以上之鈷。藉此，超硬合金能夠具有較高之硬度及強度，具備該超硬合金之切削工具能夠具有優異之耐磨耗性及耐破損性。

【0024】

於實施方式1之超硬合金中，結合相包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、釷、鐵、銻及鉑所組成之群中之至少1種第1元素。進而於相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析，且於相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域中，第1元素無偏析。藉此，於超硬合金中，碳化鎢粒子彼此之間之界面強度以及碳化鎢粒子與結合相之間之界面強度進一步提高，切削加工時碳化鎢粒子之脫落得到抑制。因此，將該超硬合金用作材料之切削工具能夠具有較長之工具壽命。進而，切削工具之孔位置精度亦提高。

【0025】

<超硬合金之組成>

實施方式1之超硬合金包含合計89體積%以上之碳化鎢粒子及結合相。藉此，能夠提高超硬合金之硬度。超硬合金可包含合計89體積%以上100體積%以下之碳化鎢粒子及結合相，亦可包含90體積%以上100體積%以下，亦可包含91體積%以上100體積%以下，或者亦可包含92體積%以上100體積%以下。

【0026】

實施方式1之超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之結合相。藉

此，能夠提高超硬合金之硬度及韌性。超硬合金之結合相之含有率可為2.0體積%以上19.0體積%以下，亦可為3.0體積%以上18.0體積%以下，或者還可為4.0體積%以上17.0體積%以下。

【0027】

實施方式1之超硬合金可包含複數個碳化鎢粒子及結合相。於該情形時，於不損害本發明之效果之範圍內，超硬合金可包含雜質。

【0028】

超硬合金除碳化鎢粒子及結合相以外，還可包含其他相(未圖示)。作為其他相，可例舉包含選自由鈦(Ti)、鉭(Ta)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鈪(Hf)及鉬(Mo)所組成之群中之至少1種元素之碳化物、氮化物或碳氮化物。其他相之組成例如可為選自由TiCN、TaC、NbC、ZrC、HfC及Mo₂C所組成之群中之至少1種。

【0029】

實施方式1之超硬合金可包含碳化鎢粒子、結合相及其他相。於該情形時，於不損害本發明之效果之範圍內，超硬合金可包含雜質。

【0030】

超硬合金之其他相之含有率係於不損害本發明之效果之範圍內容許。例如，超硬合金之其他相之含有率可超過0體積%且為11體積%以下，亦可超過0體積%且為7體積%以下，或者還可超過0體積%且為4體積%以下。

【0031】

實施方式1之超硬合金可包含雜質。作為雜質，例如可例舉鐵(Fe)、鈣(Ca)、矽(Si)、硫(S)。超硬合金之雜質之含有率係於不損害本發明之效

果之範圍內容許。例如，超硬合金之雜質之含有率可為0質量%以上且未達0.1質量%。超硬合金之雜質之含有率係藉由ICP發光分析(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy，感應耦合電漿發光分析)進行測定。測定裝置可使用島津製作所製造之「ICPS-8100」(商標)。

【0032】

實施方式1之超硬合金之碳化鎢粒子之含有率可為67體積%以上98.5體積%以下，亦可為70體積%以上97體積%以下，或者還可為75體積%以上96體積%以下。

【0033】

超硬合金之碳化鎢粒子之含有率(體積%)及超硬合金之結合相之含有率(體積%)之測定方法如下。

【0034】

(A1)切出超硬合金之任意位置並使剖面露出。藉由截面拋光儀(日本電子公司製造)對該剖面進行鏡面加工。

【0035】

(B1)對於超硬合金之鏡面加工面，使用掃描式電子顯微鏡附帶之能量色散X射線光譜裝置(SEM-EDX)進行分析(裝置：Carl Zeiss公司製造之Gemini450(商標))，特定出超硬合金所包含之元素。

【0036】

(C1)藉由掃描式電子顯微鏡(SEM)對超硬合金之鏡面加工面進行拍攝，獲得反射電子圖像。拍攝區域設定為超硬合金之剖面之中央部，即不包含超硬合金之表面附近等性狀明顯不同於主體部分之部分的位置(拍攝區域全部為超硬合金之主體部分的位置)。觀察倍率為5000倍。測定條件

為加速電壓3 kV、電流值2 nA、工作距離(WD)5 mm。

【0037】

(D1)使用SEM-EDX對上述(C1)之拍攝區域進行分析，特定出該拍攝區域中之上述(B1)特定出之元素之分佈，獲得元素映射圖像。

【0038】

(E1)將上述(C1)所獲得之反射電子圖像錄入電腦，使用圖像解析軟體(OpenCV、SciPy)進行二值化處理。於二值化處理後之圖像中，碳化鎢粒子以白色表示，結合相以灰色～黑色表示。再者，由於二值化之閾值根據對比度而變化，故對每個圖像逐一設定。

【0039】

(F1)藉由將上述(D1)所獲得之元素映射圖像與上述(E1)所獲得之二值化處理後之圖像重疊，而於該二值化處理後之圖像上特定出碳化鎢粒子及結合相各者之存在區域。具體而言，於二值化處理後之圖像中以白色表示且於元素映射圖像中存在鎢(W)及碳(C)的區域相當於碳化鎢粒子之存在區域。於二值化處理後之圖像中以灰色～黑色表示且於元素映射圖像中存在鈷(Co)的區域相當於結合相之存在區域。

【0040】

(G1)於上述二值化處理後之圖像中設定 $24.9\ \mu\text{m} \times 18.8\ \mu\text{m}$ 之矩形測定視野。使用上述圖像解析軟體，將該測定視野整體之面積作為分母來測定碳化鎢粒子及結合相各者之面積百分率。

【0041】

(H1)於5個互不重複之不同測定視野中進行上述(G1)之測定。於本發明中，5個測定視野中之碳化鎢粒子之面積百分率之平均值相當於超硬合

金之碳化鎢粒子之含有率(體積%)，5個測定視野中之結合相之面積百分率之平均值相當於超硬合金之結合相之含有率(體積%)。

【0042】

於超硬合金除WC粒子及結合相以外還包含其他相之情形時，超硬合金之其他相之含有率可藉由自超硬合金整體(100體積%)減去以上述順序測得之碳化鎢粒子之含有率(體積%)及結合相之含有率(體積%)來獲得。

【0043】

只要於同一試樣中進行測定，則即便任意設定超硬合金之剖面之切出部位、上述(C1)所記載之拍攝區域、上述(G1)所記載之測定視野，按照上述順序對超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率進行複數次測定，亦確認到測定結果幾乎無偏差。

【0044】

實施方式1之超硬合金之鈷含有率可為1.0質量%以上20質量%以下，亦可為2.0質量%以上15質量%以下，或者還可為3.0質量%以上12質量%以下。

【0045】

超硬合金之鈷之含有率之測定方法如下。藉由與上述超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率之測定方法之(A1)~(D1)相同的方法，使用SEM-EDX進行分析而獲得元素映射圖像。基於元素映射圖像，特定出超硬合金中之鈷之區域，測定鈷之含有率。於5個互不重複之不同拍攝區域中進行該測定。於本發明中，5個拍攝區域中之鈷之含有率之平均值相當於超硬合金之鈷之含有率。

【0046】

只要於同一試樣中進行測定，則即便任意設定超硬合金之剖面之切出部位、上述(C1)所記載之拍攝區域，按照上述順序對超硬合金之鈷之含有率進行複數次測定，亦確認到測定結果幾乎無偏差。

【0047】

<碳化鎢粒子>

於實施方式1之超硬合金中，碳化鎢粒子包含「純WC粒子(亦包括不含任何雜質元素之WC、雜質元素之含量未達檢測極限之WC)」及「只要不損害本發明之效果，則其內部刻意或不可避免地含有雜質元素之WC粒子」中之至少任一者。碳化鎢粒子之雜質之含有率(於構成雜質之元素為2種以上之情形時，為其等之合計濃度)未達0.1質量%。碳化鎢粒子之雜質元素之含有率係藉由ICP發光分析來測定。

【0048】

於實施方式1中，碳化鎢粒子之平均粒徑並無特別限制。碳化鎢粒子之平均粒徑例如可為0.1 μm 以上3.5 μm 以下。確認到實施方式1之超硬合金不論碳化鎢粒子之平均粒徑如何，於用作切削工具之材料之情形時，均可使工具長壽命化。

【0049】

<結合相>

於實施方式1之超硬合金中，結合相包含40質量%以上之鈷。藉此，超硬合金能夠具有優異之韌性。結合相之鈷含有率可為40質量%以上且未達100質量%，亦可為50質量%以上90質量%以下，或者還可為60質量%以上80質量%以下。

【0050】

結合相之鈷含有率之測定方法如下。藉由與上述超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率之測定方法之(A1)~(E1)相同的方法，獲得元素映射圖像及二值化處理後之圖像。藉由將元素映射圖像與二值化處理後之圖像重疊，而於元素映射圖像中特定出結合相之存在區域。於元素映射圖像之圖像中，設定1個 $24.9\ \mu\text{m}\times 18.8\ \mu\text{m}$ 之矩形測定視野。於測定視野中之結合相之存在區域中，測定鈷含有率。於5個互不重複之不同測定視野中進行上述測定。於本發明中，5個測定視野中之結合相之存在區域中之鈷含有率的平均值相當於結合相之鈷含有率。

【0051】

只要於同一試樣中進行測定，則即便任意設定超硬合金之剖面之切出部位、上述(C1)所記載之拍攝區域及上述測定視野，按照上述順序對結合相之鈷含有率進行複數次測定，亦確認到測定結果幾乎無偏差。

【0052】

於實施方式1之超硬合金中，結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈮、鐵、銻及鉑所組成之群中之至少1種第1元素。

【0053】

結合相包含第1元素係藉由以下順序來確認。藉由與上述超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率之測定方法之(A1)~(E1)相同的方法，獲得元素映射圖像及二值化處理後之圖像。藉由將元素映射圖像與二值化處理後之圖像重疊，而於元素映射圖像中特定出結合相之存在區域。於元素映射圖像中，在結合相之存在區域中存在第1元素之情形時，確認到結合相包含第1元素。

【0054】

於實施方式1之超硬合金之結合相中，相對於第1元素之質量M1及鈷之質量M2之合計M1 + M2，第1元素之質量M1之百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 可為1%以上6%以下。此處，質量M1與質量M2之單位相同。藉此，結合相能夠兼具更優異之硬度及更優異之韌性，故具備包含該結合相之超硬合金之切削工具能夠具有更長之工具壽命。此處，於結合相包含2種以上之第1元素之情形時，第1元素之質量M1意指全部種類之第1元素之合計質量。百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 可為2%以上5%以下，亦可為3%以上4%以下。

【0055】

上述百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 之測定方法如下。藉由與上述超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率之測定方法之(A1)~(E1)相同的方法，獲得元素映射圖像及二值化處理後之圖像。藉由將元素映射圖像與二值化處理後之圖像重疊，而於元素映射圖像中特定出結合相之存在區域。於元素映射圖像之圖像中，設定1個 $24.9 \mu\text{m} \times 18.8 \mu\text{m}$ 之矩形測定視野。於測定視野中之結合相之存在區域中，算出第1元素之質量m1相對於第1元素之質量m1及鈷之質量m2之合計m1 + m2的百分率 $\{m1/(m1 + m2)\} \times 100$ 。於5個互不重複之不同測定視野中進行上述測定。於本發明中，5個測定視野中之百分率 $\{m1/(m1 + m2)\} \times 100$ 之平均值相當於超硬合金之結合相中之「百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 」。

【0056】

只要於同一試樣中進行測定，則即便任意設定超硬合金之剖面之切出部位、上述(C1)所記載之拍攝區域及上述測定視野，按照上述順序對百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 進行複數次測定，亦確認到測定結果幾乎無偏

差。

【0057】

於實施方式1之超硬合金中，結合相除鈷及第1元素以外，還可包含選自由鐵(Fe)、鎳(Ni)及鉻(Cr)所組成之群中之至少1種第2元素。該結合相可包含鈷、第1元素及第2元素。該結合相可包含鈷、第1元素、第2元素及不可避免之雜質。作為該不可避免之雜質，例如可例舉鐵(Fe)、鎳(Ni)及硫(S)等。

【0058】

<第1界面區域及第2界面區域>

於實施方式1之超硬合金中，於相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析，且於相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域中，第1元素無偏析。藉此，碳化鎢粒子彼此之界面強度以及碳化鎢粒子與結合相之界面強度提高，超硬合金之耐磨耗性及耐破損性提高。

【0059】

於本發明中，使用圖2及圖3對在超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中第1元素無偏析的確認方法進行說明。

【0060】

(A2)使用氬離子切片機(日本電子公司製造之「冷凍離子切片機IB-09060BCIS」(商標))，於加速電壓6 kV、最後加工2 kV之條件下，將超硬合金薄片化成30～100 nm之厚度，製作測定用試樣。使用TEM(Transmission Electron Microscopy，穿透式電子顯微鏡)(日本電子公司製造之「JEM-ARM300F2」(商標))，於加速電壓200 V之條件下，以

20萬倍對該測定用試樣進行觀察，藉此獲得第1圖像。第1圖像之一例示於圖2。

【0061】

(B2)於第1圖像中，以白色～灰色區域之形式觀察到碳化鎢粒子1，以黑色區域之形式觀察到結合相2，以黑色區域之形式觀察到位於相互相鄰之碳化鎢粒子1之間之界面4。於第1圖像中，界面4之寬度例如為2 nm以下。於第1圖像中，任意選擇相互相鄰之碳化鎢粒子之間之界面。以下，於本發明中，亦將相互相鄰之碳化鎢粒子記為第1碳化鎢粒子及第2碳化鎢粒子。

【0062】

(C2)其次，以穿過圖像之中央附近之方式對所選擇之界面進行定位，以視野尺寸成為5 nm×5 nm之方式調整觀察倍率進行觀察，藉此獲得第2圖像。於第2圖像中，確認界面伸長之伸長方向。在垂直於該伸長方向且自第1碳化鎢粒子朝向第2碳化鎢粒子之方向上，藉由TEM附帶之能量分散型X射線分析裝置(TEM-EDX)實施線分析，獲得測定鈷、鎢及第1元素之分佈所得之曲線圖(以下亦記為第1曲線圖)。於超硬合金包含2種以上之第1元素之情形時，測定各元素之分佈。此處，相對於界面之伸長方向垂直之方向意指沿著相對於伸長方向之切線以 $90^\circ \pm 5^\circ$ 之角度交叉之直線的方向。例如，於圖2中，箭頭所表示之方向相當於相對於界面之伸長方向垂直之方向。取得第2圖像時之測定條件為加速電壓200 kV、相機長度10 cm、像素數128×128 pixel、停留時間0.02～3 s/pixel。

【0063】

圖3係第1曲線圖之一例。於圖3中，橫軸(X軸)表示距測定起點之距

離(nm)，縱軸(Y軸)表示各元素之含有率(原子%)。於圖3所示之超硬合金中，第1元素為矽(Si)。

【0064】

(D2)於第1曲線圖中，特定出鈷之峰位置。於本發明中，將鈷之峰位置記為第1界面。第1界面形成於相互相鄰之第1碳化鎢粒子與第2碳化鎢粒子之間。於圖3之第1曲線圖中，第1界面位於X軸5.98 nm處。

【0065】

於第1曲線圖中，特定出自第1界面至第1碳化鎢粒子側之距離為1.20 nm以內的第1A區域、及自第1界面至第2碳化鎢粒子側之距離為1.20 nm以內的第1B區域。於本發明中，包含第1A區域及第1B區域之區域為第1界面區域。於圖3之第1曲線圖中，第1界面區域位於X軸4.78~7.18 nm之區域。於本發明中，相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域亦可表達為位於相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域。

【0066】

於第1曲線圖中，特定出自第1界面至第1碳化鎢粒子側之距離為1.50 nm以上3.50 nm以下之第2A區域、及自第1界面至第2碳化鎢粒子側之距離為1.50 nm以上3.50 nm以下之第2B區域。於圖3之第1曲線圖中，第2A區域位於X軸2.48~4.48 nm之區域，第2B區域位於X軸7.48~9.48 nm之區域。

【0067】

(E2)基於第1曲線圖，算出包含第2A區域及第2B區域之基準線區域中之第1元素之含有率的平均值B(原子%)。於第1曲線圖中，測定第1界面區域中之第1元素之含有率之最大值A(原子%)。於最大值A相對於平均值

B之比率A/B未達3之情形時，確認到於超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析。

【0068】

於圖3之第1曲線圖中，矽(第1元素)於包含第2A區域及第2B區域之基準線區域中之含有率之平均值B為7.68原子%，矽(第1元素)於第1界面區域中之含有率之最大值A為6.75原子%。於圖3所示之超硬合金中，由於A/B為0.9，故確認到於超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析。

【0069】

(F2)於超硬合金中，任意取得5個互不重複之第1圖像，基於各第1圖像獲得第1曲線圖，反覆實施上述分析，於4個以上之第1曲線圖中未確認到於第1界面區域中第1元素有偏析之情形時，判斷於該超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，第1元素無偏析。

【0070】

於本發明中，使用圖4對在相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域中第1元素無偏析的確認方法進行說明。

【0071】

(A3)藉由與在上述第1界面區域中第1元素無偏析之確認方法中記載之(A2)相同之方法獲得第1圖像。於第1圖像中，任意選擇相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之界面。

【0072】

(B3)其次，以穿過圖像之中央附近之方式對所選擇之界面進行定位，以視野尺寸成為5 nm×5 nm之方式調整觀察倍率進行觀察，藉此獲得

第3圖像。於第3圖像中，確認界面伸長之伸長方向。在垂直於該伸長方向且自碳化鎢粒子朝向結合相之方向上，藉由TEM-EDX實施線分析，獲得測定鈷、鎢及第1元素之分佈所得之曲線圖(以下亦記為第2曲線圖)。於超硬合金包含2種以上之第1元素之情形時，測定各元素之分佈。此處，相對於界面之伸長方向垂直之方向意指沿著相對於伸長方向之切線以 $90^\circ \pm 5^\circ$ 之角度交叉之直線的方向。取得第3圖像時之測定條件為加速電壓200 kV、相機長度10 cm、像素數 128×128 pixel、停留時間 $0.02 \sim 3$ s/pixel。

【0073】

圖4係第2曲線圖之一例。於圖4中，橫軸(X軸)表示距測定起點之距離(nm)，縱軸(Y軸)表示各元素之含有率(原子%)。於圖4所示之超硬合金中，第1元素為矽(Si)。

【0074】

於第2曲線圖中，特定出鎢之含有率與鈷之含有率交叉之位置。於本發明中，將鎢之含有率與鈷之含有率交叉之位置記為第2界面。第2界面形成於相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間。於圖4之第2曲線圖中，第2界面位於X軸5.97 nm處。

【0075】

於第2曲線圖中，特定出自第2界面至碳化鎢粒子側之距離為1.20 nm以內之第1C區域、及自第2界面至結合相側之距離為1.20 nm以內之第1D區域。於本發明中，包含第1C區域及第1D區域之區域為第2界面區域。於圖4之第2曲線圖中，第2界面區域位於X軸4.76~7.16 nm之區域。於本發明中，相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域亦可表達為位於相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域。

【0076】

於第2曲線圖中，特定出自第2界面至碳化鎢粒子側之距離為1.50 nm以上3.50 nm以下之第2C區域、及自第2界面至結合相側之距離為1.50 nm以上3.50 nm以下之第2D區域。於圖4之第2曲線圖中，第2C區域位於X軸2.46~4.46 nm之區域，第2D區域位於X軸7.46~9.46 nm之區域。

【0077】

基於第2曲線圖，算出包含第2C區域及第2D區域之基準線區域中之第1元素之含有率的平均值D(原子%)。於第2曲線圖中，測定第2界面區域中之第1元素之含有率之最大值C(原子%)。於最大值C相對於平均值D之比率C/D未達3之情形時，確認到於超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域中，第1元素無偏析。

【0078】

(C3)於超硬合金中，任意取得互不重複之5個第1圖像，基於各第1圖像獲得第2曲線圖，反覆實施上述分析，於4個以上之第2曲線圖中未確認到於第2界面區域中第1元素有偏析之情形時，判斷於該超硬合金之相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間之第2界面區域中，第1元素無偏析。

【0079】

只要於同一試樣中進行測定，則即便任意設定超硬合金之剖面之切出部位，於該剖面上任意取得第1圖像，按照上述順序，變更線分析之區域而對第1界面區域及第2界面區域中之第1元素有無偏析進行複數次確認，亦確認到第1界面區域及第2界面區域中之第1元素有無偏析之結果幾乎無偏差。因此，只要對超硬合金進行上述第1元素之偏析之確認方法，確認到於第1界面區域及第2界面區域中，第1元素無偏析，則推測該超硬

合金之碳化鎢粒子彼此之界面強度以及碳化鎢粒子與結合相之界面強度提高。

【0080】

<金屬間化合物及第1化合物>

實施方式1之超硬合金可不包含：金屬間化合物(以下亦記為「第1合金間化合物」)，其包含選自由第1元素、鈷及鎢所組成之群中之2種以上之元素；以及第1化合物，其包含選自由第1元素、鈷及鎢所組成之群中之至少1種元素、及選自由碳、氮及氧所組成之群中之至少1種元素。此處，第1化合物不包含碳化鎢。藉此，可抑制超硬合金之強度下降。

【0081】

作為第1金屬間化合物，例如可例舉 Co_2Si 、 Co_3Si 、 CoSi 。

【0082】

作為第1化合物，例如可例舉 $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ 、 $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$ 。

【0083】

於本發明中，超硬合金不包含第1金屬間化合物及第1化合物中之任一者係藉由超硬合金之剖面之組織觀察及EDX分析來確認。

【0084】

<超硬合金之製造方法>

實施方式1之超硬合金可藉由依序進行原料粉末之準備步驟、混合步驟、成型步驟、燒結步驟、第1冷卻步驟、HIP(Hot Isostatic Pressing，熱均壓加壓法)步驟及第2冷卻步驟來製造。以下對各步驟進行說明。

【0085】

<準備步驟>

準備步驟係準備超硬合金之原料粉末之步驟。作為原料粉末，例如可例舉碳化鎢粉末(以下亦記為「WC粉末」)、鈷(Co)粉末、第1元素粉末、第1元素與鈷之合金粉末。作為第1元素粉末，可例舉矽(Si)粉末、磷(P)粉末、鍺(Ge)粉末、錫(Sn)粉末、銻(Re)粉末、鈦(Ru)粉末、鐵(Os)粉末、銱(Ir)粉末及鉑(Pt)粉末。作為原料粉末，可進而準備鎳(Ni)粉末、碳化鈮(NbC)粉末、碳化鉭(TaC)粉末、碳氮化鈦(TiCN)粉末等。該等原料粉末可使用市售者。該等原料粉末之平均粒徑並無特別限制，例如可設為0.5~5 μm。原料粉末之平均粒徑意指藉由FSSS(Fisher Sub-Sieve Sizer，費氏微篩分粒器)法所測得之平均粒徑。該平均粒徑係使用Fisher Scientific公司製造之「Sub-Sieve Sizer model 95」(商標)來測定。

【0086】

<混合步驟>

混合步驟係將於準備步驟中準備之各原料粉末以規定之比率混合之步驟。藉由混合步驟，可獲得各原料粉末混合而成之混合粉末。各原料粉末之混合比率係根據目標超硬合金之組成適當調整。

【0087】

於各原料粉末之混合中，可使用磨碎機、球磨機及珠磨機等先前公知之混合方法。混合條件亦可使用先前公知之條件。混合時間例如可設為2小時以上20小時以下。

【0088】

於混合步驟後，可視需要對混合粉末進行造粒。藉由對混合粉末進行造粒，於下述成形步驟時容易向模或模具中填充混合粉末。造粒可應用公知之造粒方法，例如可使用噴霧乾燥器等市售造粒機。

【0089】**< 成形步驟 >**

成形步驟係使混合步驟中所獲得之混合粉末成形為切削工具用形狀，獲得成形體之步驟。成形步驟中之成形方法及成形條件只要採用一般方法及條件即可，並無特別限制。

【0090】**< 燒結步驟 >**

燒結步驟係對成形步驟中所獲得之成形體進行燒結，獲得超硬合金中間體之步驟。實施方式1中之燒結條件如下。以30°C/分鐘之升溫速度將成形體加熱至1360°C，於1360°C下保持15分鐘。

【0091】**< 第1冷卻步驟 >**

第1冷卻步驟係將燒結步驟後之超硬合金中間體進行冷卻之步驟。具體而言，將超硬合金中間體冷卻至800°C。降溫速度為-20°C/分鐘。

【0092】**< HIP步驟 >**

HIP步驟係對第1冷卻步驟後之超硬合金中間體進行HIP處理之步驟。HIP步驟之條件如下。將超硬合金中間體於200 MPa及1310°C之條件下保持15分鐘。

【0093】**< 第2冷卻步驟 >**

第2冷卻步驟係將HIP步驟後之超硬合金中間體進行冷卻之步驟。具體而言，將超硬合金中間體冷卻至800°C。降溫速度為-30°C/分鐘。其

後，可進行徐冷而獲得實施方式1之超硬合金。徐冷時之降溫速度只要採用一般條件即可，並無特別限制。

【0094】

<實施方式1之超硬合金之製造方法之特徵>

於實施方式1之超硬合金之製造方法中，燒結步驟中之升溫速度為30°C/分鐘，大於一般升溫速度。又，第2冷卻步驟中之降溫速度為-30°C/分鐘，大於一般降溫速度。藉由該等條件，可製造實施方式1之超硬合金，該實施方式1之超硬合金之結合相包含40質量%以上之鈷，且包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈦、鐵、銱及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，於第1界面區域及第2界面區域中，第1元素無偏析。本發明人等進行了銳意研究，結果發現藉由採用此種燒結步驟中之升溫速度及第2冷卻步驟中之降溫速度，能夠實現本發明之超硬合金。

【0095】

[實施方式2：切削工具]

本發明之一實施方式(以下亦記為「實施方式2」)之切削工具含有包含實施方式1之超硬合金之刀尖。於本發明中，刀尖意指參與切削之部分。更具體而言，刀尖意指由刀尖稜線及自該刀尖稜線至超硬合金側之距離為0.5 mm或2 mm之假想面所包圍之區域。

【0096】

作為切削工具，例如可例示：切削工具、鑽孔器、端銑刀、銑削加工用刀尖更換型切削片、車削加工用刀尖更換型切削片、金屬用鋸、齒輪切製工具、鉸刀或螺絲攻等。尤其是如圖5所示，於實施方式2之切削工具10為印刷電路基板加工用小徑鑽孔器之情形時，能夠發揮優異之效果。圖

5所示之切削工具10之刀尖11包含實施方式1之超硬合金。

【0097】

於實施方式2之切削工具中，實施方式1之超硬合金可構成該等工具之整體，亦可構成一部分。此處，「構成一部分」表示將實施方式1之超硬合金硬焊於任意基材之規定位置而製成刀尖部之形態等。

【0098】

實施方式2之切削工具可進而具備被覆包含超硬合金之基材之表面之至少一部分的硬質膜。作為硬質膜，例如可使用類鑽碳或金剛石。

【0099】

實施方式2之切削工具可使實施方式1之超硬合金成形為所需之形狀來獲得。

【0100】

[備註1]

於本發明之超硬合金中，在將相互相鄰之碳化鎢粒子設為第1碳化鎢粒子及第2碳化鎢粒子之情形時，於第1碳化鎢粒子與第2碳化鎢粒子之間形成第1界面，

第1界面區域可包含自第1界面至第1碳化鎢粒子側之距離為1.2 nm以內之第1A區域、及自第1界面至第2碳化鎢粒子側之距離為1.2 nm以內之第1B區域。

【0101】

[備註2]

於本發明之超硬合金中，於相互相鄰之碳化鎢粒子與結合相之間形成第2界面，

第2界面區域可包含自第2界面至碳化鎢粒子側之距離為1.2 nm以內之第1C區域、及自第2界面至結合相側之距離為1.2 nm以內之第1D區域。

[實施例]

【0102】

藉由實施例對本實施方式更具體地進行說明。但是，本實施方式並不受該等實施例限定。

【0103】

[超硬合金之製作]

按照以下順序製作各試樣之超硬合金。

<準備步驟>

準備WC粉末(平均粒徑：1 μm)、Co粉末(平均粒徑：1 μm)、第1元素粉末、Ni粉末(平均粒徑：1 μm)、TiCN粉末(平均粒徑：1 μm)、TaC粉末(平均粒徑：1 μm)、NbC粉末(平均粒徑：1 μm)作為原料粉末。準備矽(Si)粉末(平均粒徑：1 μm)、磷(P)粉末(平均粒徑：1 μm)、鍺(Ge)粉末(平均粒徑：1 μm)、錫(Sn)粉末(平均粒徑：1 μm)、銻(Re)粉末(平均粒徑：1 μm)、鈦(Ru)粉末(平均粒徑：1 μm)、鐵(Os)粉末(平均粒徑：1 μm)、銱(Ir)粉末(平均粒徑：1 μm)及鉑(Pt)粉末(平均粒徑：1 μm)作為第1元素粉末。

【0104】

<混合步驟>

以表1中記載之比率，使用磨碎機，將各原料粉末混合10小時，藉此獲得混合粉末。表1中記載之各原料粉末之比率(質量%)係將混合粉末整體設為100質量%之情形時的比率。

【0105】

[表1]

表1

試樣No.	混合步驟					
	WC粉末	Co粉末	第1元素粉末		其他粉末	
	質量%	質量%	種類	質量%	種類	質量%
1	98.99	1	Si	0.01	-	-
2	89.9	10	Si	0.1	-	-
3	89.4	10	Si	0.6	-	-
4	89.4	4.2	Si	0.6	Ni	5.8
5	85.4	10	Si	0.6	TiCN	4
6	85.4	10	Si	0.6	TaC	4
7	85.4	10	Si	0.6	NbC	4
8	84.2	15	Si	0.8	-	-
9	89.4	10	P	0.6	-	-
10	89.4	10	Ge	0.6	-	-
11	89.9	10	Sn	0.1	-	-
12	89.4	10	Re	0.6	-	-
13	89.4	10	Ru	0.6	-	-
14	89.4	10	Os	0.6	-	-
15	89.4	10	Ir	0.6	-	-
16	89.4	10	Pt	0.6	-	-
17	89.4	10	Si、Re	Si : 0.4 Re : 0.2	-	-
101	90.0	10	-	-	-	-
102	90.0	10	-	-	-	-
103	89.4	3.9	Si	0.6	Ni	6.1
104	89.4	10	Ru	0.6	-	-

【0106】

<成形步驟>

藉由對混合粉末進行加壓，獲得圓桿形狀之成形體。

【0107】

<燒結步驟>

將成形體以表2之「燒結步驟」之「升溫速度」欄所記載之升溫速度加熱至「保持溫度」欄中記載之溫度，於該溫度下保持「保持時間」欄中記載之時間。藉此，獲得超硬合金中間體。

【0108】

< 第1冷卻步驟 >

將燒結步驟後之超硬合金中間體以表2之「第1冷卻步驟」之「降溫速度」欄中記載之降溫速度冷卻至800℃。

【0109】

[表2]

表2

試樣No.	燒結步驟			第1冷卻步驟
	升溫速度	保持溫度	保持時間	降溫速度
	℃/分鐘	℃	分鐘	℃/分鐘
1	30	1360	15	-20
2	30	1360	15	-20
3	30	1360	15	-20
4	30	1360	15	-20
5	30	1360	15	-20
6	30	1360	15	-20
7	30	1360	15	-20
8	30	1360	15	-20
9	30	1360	15	-20
10	30	1360	15	-20
11	30	1360	15	-20
12	30	1360	15	-20
13	30	1360	15	-20
14	30	1360	15	-20
15	30	1360	15	-20
16	30	1360	15	-20
17	30	1360	15	-20
101	30	1360	15	-20
102	15	1360	60	-10
103	30	1360	15	-20
104	15	1360	60	-10

【0110】

< HIP步驟 >

對第1冷卻步驟後之超硬合金中間體進行HIP處理。於HIP處理中，於表3之「HIP步驟」之「壓力」欄中記載之壓力及「溫度」欄中記載之溫度下，保持「時間」欄中記載之時間。

【0111】

< 第2冷卻步驟 >

將HIP步驟後之超硬合金中間體以表3之「第2冷卻步驟」之「降溫速度」欄中記載之降溫速度冷卻至800℃。其後，進行徐冷而獲得各試樣之超硬合金。

【0112】

[表3]

表3

試樣No.	HIP步驟			第2冷卻步驟
	壓力	溫度	時間	降溫速度
	MPa	℃	分鐘	℃/分鐘
1	200	1310	15	-30
2	200	1310	15	-30
3	200	1310	15	-30
4	200	1310	15	-30
5	200	1310	15	-30
6	200	1310	15	-30
7	200	1310	15	-30
8	200	1310	15	-30
9	200	1310	15	-30
10	200	1310	15	-30
11	200	1310	15	-30
12	200	1310	15	-30
13	200	1310	15	-30
14	200	1310	15	-30
15	200	1310	15	-30
16	200	1310	15	-30
17	200	1310	15	-30
101	200	1310	15	-30
102	10	1310	60	-10
103	200	1310	15	-30
104	10	1310	60	-10

【0113】

[超硬合金之評估]

< 超硬合金之碳化鎢粒子之含有率(體積%)及結合相之含有率(體積%) >

測定各試樣之超硬合金之碳化鎢粒子之含有率(體積%)及結合相之含

有率(體積%)。具體之測定方法如實施方式1所記載。結果示於表4之「超硬合金」之「WC粒子含有率」及「結合相含有率」欄。進而，超硬合金之碳化鎢粒子之含有率及結合相之含有率的合計示於表4之「超硬合金」之「WC粒子+結合相含有率」欄。於表4中，確認到「WC粒子+結合相含有率」欄未達100體積%之超硬合金進而包含TiCN、TaC或NbC。

【0114】

<第1金屬間化合物及第1化合物之有無>

於各試樣之超硬合金中，藉由超硬合金之剖面之組織觀察及EDX分析來確認有無第1金屬間化合物及第1化合物。結果示於表4之「超硬合金」之「第1金屬間化合物/第1化合物」欄。於第1金屬間化合物及第1化合物均未確認到之情形時記為「無」，於確認到第1金屬間化合物及第1化合物中之至少任一者之情形時記為「有」。

【0115】

<超硬合金之鈷之含有率>

於各試樣之超硬合金中，測定超硬合金之鈷之含有率。具體之測定方法如實施方式1所記載。結果示於表4之「超硬合金」之「Co含有率」欄。

【0116】

[表4]

表4

試樣No.	超硬合金				
	WC粒子含有率	結合相含有率	WC粒子+結合相含有率	第1金屬間化合物/第1化合物	Co含有率
	體積%	體積%	體積%	有/無	質量%
1	98.2	1.8	100	無	1
2	83.2	16.8	100	無	10
3	80.6	19.4	100	無	10
4	80.6	19.4	100	無	6
5	73.5	16.1	89.6	無	10
6	78.6	17.2	95.8	無	10
7	76.4	16.8	93.2	無	10
8	83.0	17.0	100	無	15
9	77.4	22.6	100	無	10
10	91.0	9.0	100	無	10
11	93.5	6.5	100	無	10
12	97.6	2.4	100	無	10
13	96.0	4.0	100	無	10
14	97.8	2.2	100	無	10
15	97.8	2.2	100	無	10
16	97.8	2.2	100	無	10
17	98.0	2.0	100	無	10
101	83.7	16.3	100	無	10
102	83.7	16.3	100	無	10
103	80.6	19.4	100	無	6.1
104	96.0	4.0	100	無	10

【0117】

< 結合相之鈷含有率 >

於各試樣之超硬合金中，測定結合相之鈷含有率。具體之測定方法如實施方式1所記載。結果示於表5之「結合相」之「Co含有率」欄。

【0118】

< 第1元素之種類及 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ >

於各試樣之超硬合金之結合相中，測定第1元素之種類、以及第1元

素之質量M1相對於第1元素之質量M1及鈷之質量M2之合計M1 + M2的百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 。具體之測定方法如實施方式1所記載。結果示於表5之「結合相」之「第1元素」欄及「 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 」欄。

「第1元素」欄中記載為「-」之試樣表示不包含第1元素。

【0119】

<第1界面區域及第2界面區域中第1元素有無偏析>

於各試樣之超硬合金中，確認第1界面區域及第2界面區域中第1元素有無偏析。具體之確認方法如實施方式1所記載。結果示於表5之「第1元素之偏析」之「第1界面區域」及「第2界面區域」欄。

【0120】

[切削試驗]

對包含各試樣之超硬合金之圓桿進行加工，製作刀刃直徑 $\phi 0.10$ mm之印刷電路基板加工用鑽孔器(PCB(Printed Circuit Board)鑽孔器)。使用PCB鑽孔器，對市售之半導體封裝用印刷電路基板進行開孔加工，評估孔位置精度。該印刷電路基板使用重疊2片厚度為0.4 mm之基板而成者。開孔加工之條件設為轉速160 krpm、進給速度2.0 m/min、引伸速度25 m/min。測定開孔次數為8000次(8000 hit)時之孔位置精度(ave + 3 σ (μ m))。進行3次測定，算出3次之平均孔位置精度。結果示於表5之「切削試驗」欄。孔位置精度之數值越小，表示切削工具之孔位置精度越優異，工具壽命越長。

【0121】

[表5]

表5

試樣No.	結合相			第1元素之偏析		切削試驗
	Co含有率	第1元素	$\{M1/(M1+M2)\} \times 100$	第1界面區域	第2界面區域	孔位置精度
	質量%	種類	%	有/無	有/無	μm
1	99	Si	1.0	無	無	37
2	99	Si	1.0	無	無	45
3	94	Si	5.5	無	無	43
4	40	Si	5.4	無	無	48
5	94	Si	5.5	無	無	42
6	94	Si	5.5	無	無	43
7	94	Si	5.5	無	無	43
8	95	Si	5.0	無	無	47
9	94	P	5.5	無	無	45
10	94	Ge	5.5	無	無	42
11	99	Sn	1.2	無	無	43
12	94	Re	5.5	無	無	41
13	94	Ru	5.5	無	無	40
14	94	Os	5.6	無	無	41
15	94	Ir	5.6	無	無	40
16	94	Pt	5.7	無	無	40
17	94	Si、Re	5.7	無	無	41
101	100	-	0	無	無	62
102	100	-	0	無	無	65
103	37	Si	5.3	無	無	60
104	94	Ru	0.9	有	有	60

【0122】

[探討]

試樣1～試樣17之超硬合金及切削工具相當於實施例。試樣101～試樣104之超硬合金及切削工具相當於比較例。確認到與試樣101～試樣104之切削工具相比，試樣1～試樣17之切削工具之孔位置精度更優異，工具壽命更長。

【0123】

如上所述，雖對本發明之實施方式及實施例進行了說明，但最初便計劃適當組合上述各實施方式及實施例之構成，或進行各種變化。

應當認為此次所揭示之實施方式及實施例於所有方面均為例示，而非限制性者。本發明之範圍由申請專利範圍而非上述實施方式及實施例表示，旨在包括與申請專利範圍同等之含義及範圍內之所有變更。

【符號說明】

【0124】

- 1:碳化鎢粒子
- 2:結合相
- 3:超硬合金
- 4:界面
- 10:切削工具
- 11:刀尖

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種超硬合金，其具備複數個碳化鎢粒子及結合相，並且
上述超硬合金包含合計89體積%以上之上述碳化鎢粒子及上述結合相，

上述超硬合金包含1.5體積%以上23體積%以下之上述結合相，

上述結合相包含40質量%以上之鈷，

上述結合相進而包含選自由矽、磷、鍺、錫、銻、鈦、鐵、鉍及鉑所組成之群中之至少1種第1元素，

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子彼此之間之第1界面區域中，上述第1元素無偏析，且

於相互相鄰之上述碳化鎢粒子與上述結合相之間之第2界面區域中，上述第1元素無偏析。

【請求項2】

如請求項1之超硬合金，其中於上述結合相中，相對於上述第1元素之質量M1及鈷之質量M2之合計M1 + M2，上述第1元素之質量M1之百分率 $\{M1/(M1 + M2)\} \times 100$ 為1%以上6%以下。

【請求項3】

如請求項1或2之超硬合金，其中上述超硬合金不包含：

金屬間化合物，其包含選自由上述第1元素、鈷及鎢所組成之群中之2種以上元素；以及

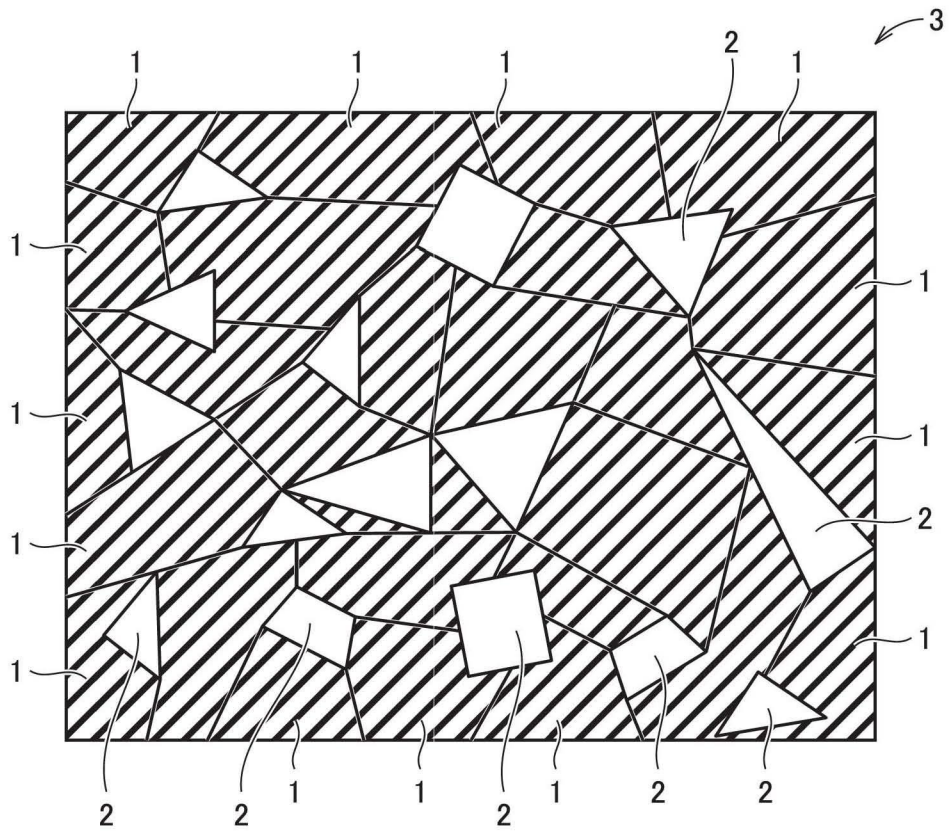
第1化合物，其包含選自由上述第1元素、鈷及鎢所組成之群中之至少1種元素、及選自由碳、氮及氧所組成之群中之至少1種元素，

上述第1化合物不包含碳化鎢。

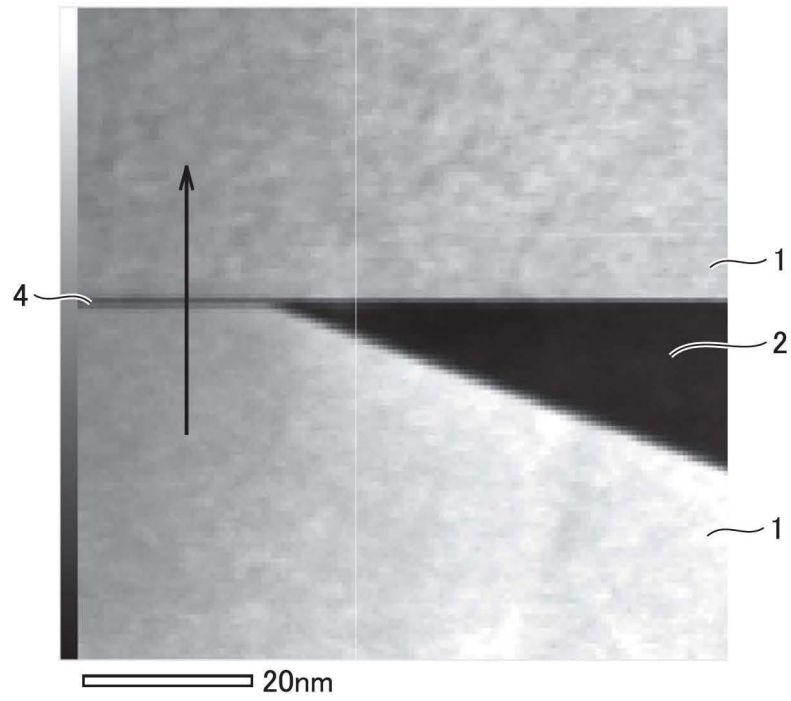
【請求項4】

一種切削工具，其具備包含如請求項1至3中任一項之超硬合金之刀尖。

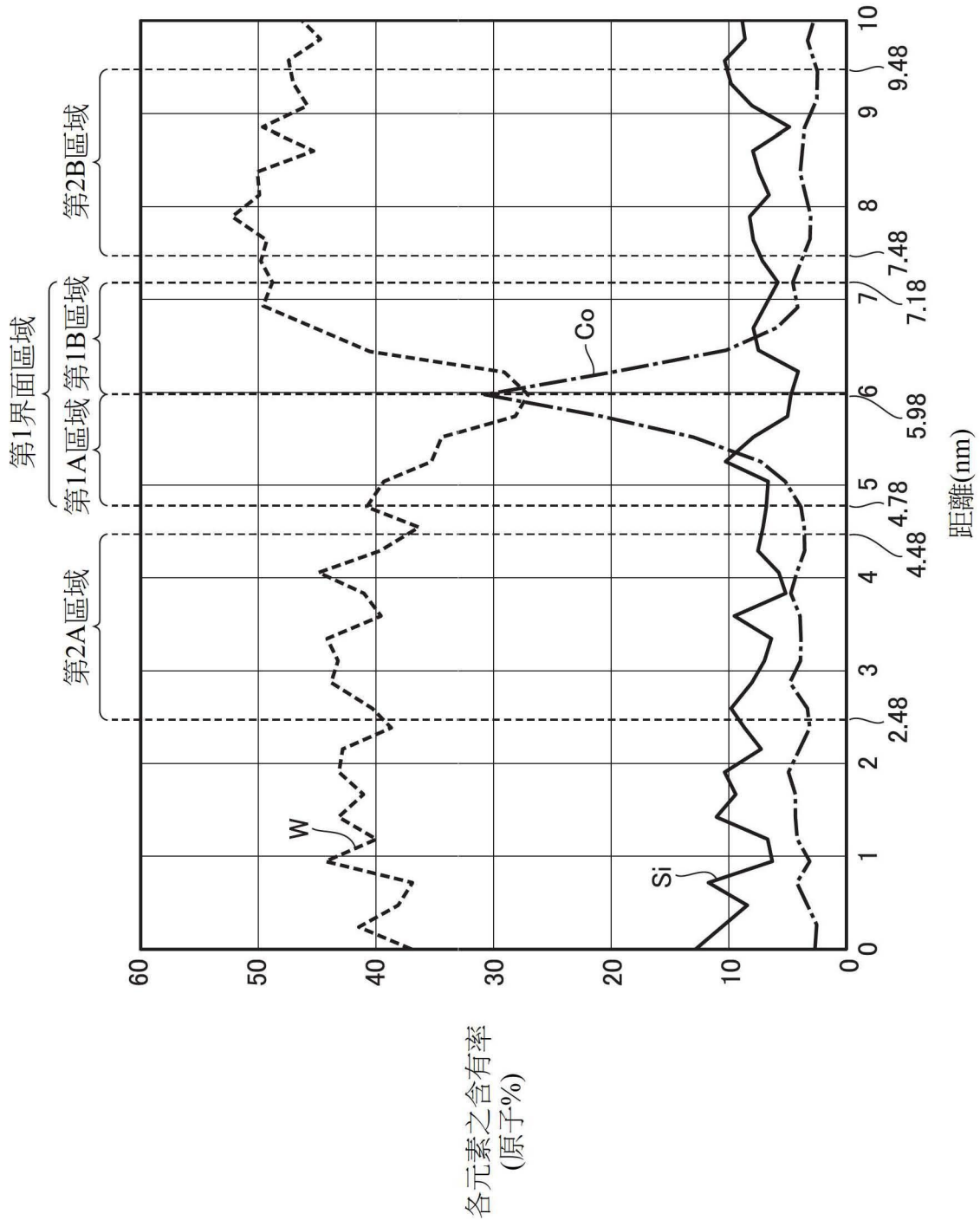
【發明圖式】



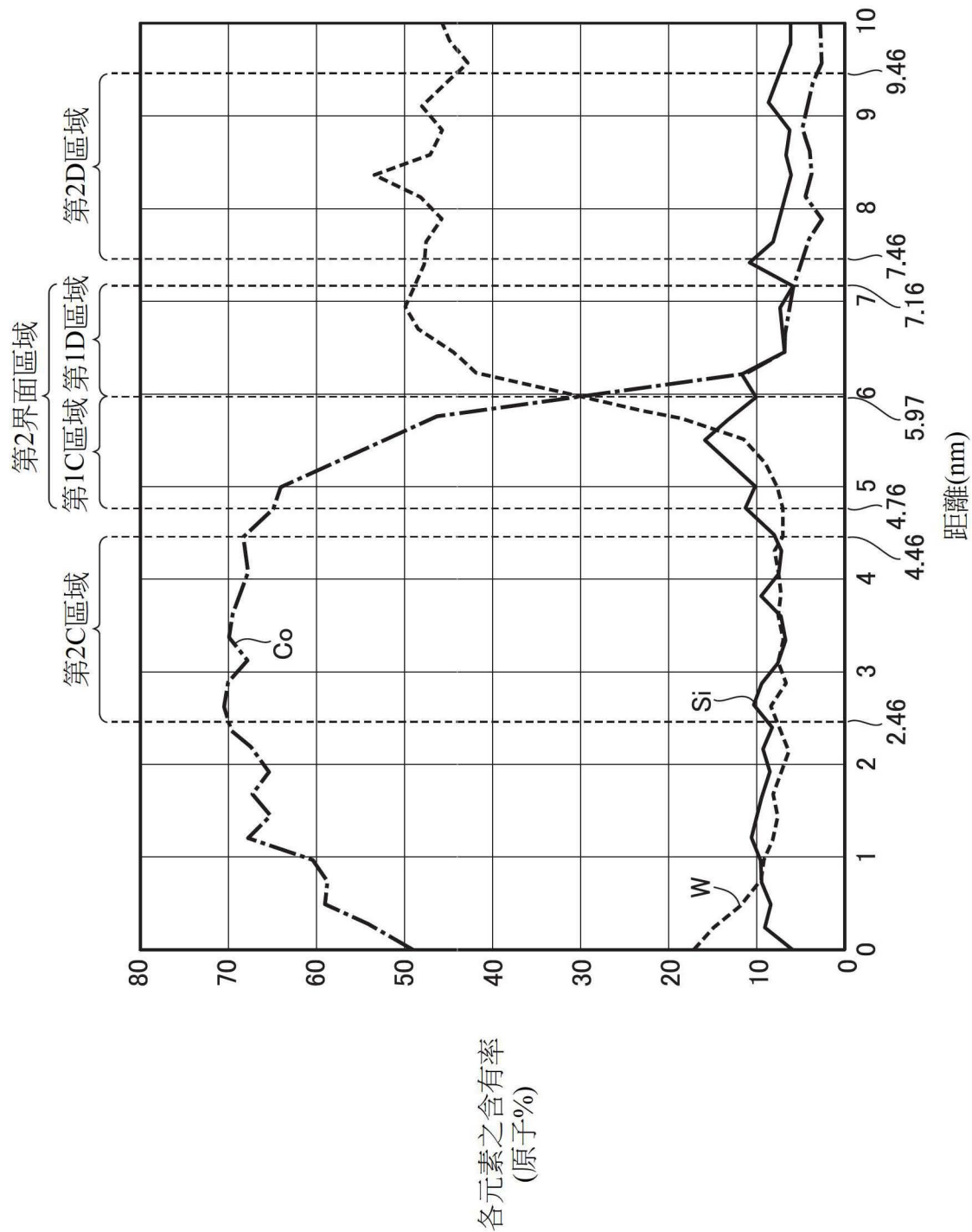
【圖1】



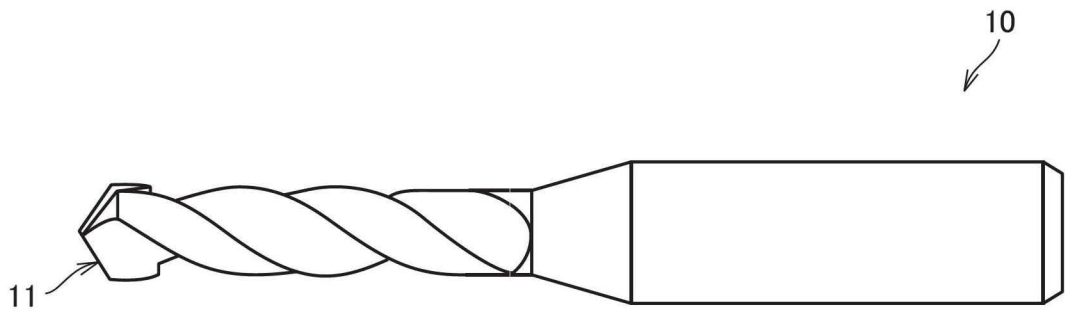
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】