



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I778013 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：107103025

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 29 日

(51)Int. Cl. : **B23C5/10 (2006.01)**

(30)優先權：2017/03/07 美國 15/451,873

(71)申請人：以色列商艾斯卡公司 (以色列) ISCAR LTD. (IL)
以色列

(72)發明人：布達 埃力亞胡 BUDDA, ELIYAHU (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	200702088A	US	8647025B2
US	8858128B2	US	9211593B2
US	9227253B2	US	9517515B2
US	9555486B2	US	2005/0133277A1
US	2007/0160429A1	US	2009/0185878A1

審查人員：莊文源

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 28 頁

(54)名稱

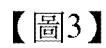
陶瓷面銑刀及加工一英高鎳合金工件之方法

(57)摘要

一種面銑刀包含一圓弧形輪廓且經構形以用於加工英高鎳合金。特定而言，切削部分係由一陶瓷材料製成且具有一軸向子邊緣，該軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角 α 以增加工具壽命。

A face mill includes a circular arc profile and is configured for machining Inconel. In particular the cutting portion is made of a ceramic material, and has an axial sub-edge with a positive axial rake angle α to increase tool life.

指定代表圖：



VI:線



I778013

【發明摘要】

【中文發明名稱】

陶瓷面銑刀及加工一英高鎳合金工件之方法

【英文發明名稱】

CERAMIC FACE MILL AND METHOD OF MACHINING AN
INCONEL WORK PIECE

【中文】

一種面銑刀包含一圓弧形輪廓且經構形以用於加工英高鎳合金。特定而言，切削部分係由一陶瓷材料製成且具有一軸向子邊緣，該軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角 α 以增加工具壽命。

【英文】

A face mill includes a circular arc profile and is configured for machining Inconel. In particular the cutting portion is made of a ceramic material, and has an axial sub-edge with a positive axial rake angle α to increase tool life.

【指定代表圖】

圖3

【代表圖之符號簡單說明】

- | | |
|-----|---------------|
| 10 | 面銑刀/相對易碎陶瓷面銑刀 |
| 14 | 切削部分 |
| 16 | 切削端面 |
| 20A | 第一齒 |
| 20E | 第五齒 |

28	傾斜表面
30	離隙表面
32	切削邊緣
32A	軸向子邊緣
32B	徑向子邊緣
32C	角隅子邊緣
36	點/係切削邊緣之一最後部分之點
38	點/沿著角隅子邊緣之點
A _R	中心旋轉軸線
C _P	圓中心點
I _C	虛圓/圓
L _A	軸向長度
L _{AT}	軸向切線
L _B	平分線
L _D	推薦加工深度/加工深度
L _E	有效切削長度
L _{RT}	徑向切線
P _{AT}	軸向切點
P _{RT}	徑向切點
R _C	半徑量值/角隅半徑
V	線
VI	線

【發明說明書】

【中文發明名稱】

陶瓷面銑刀及加工一英高鎳合金工件之方法

【英文發明名稱】

CERAMIC FACE MILL AND METHOD OF MACHINING AN INCONEL WORK PIECE

【技術領域】

本申請案之標的物係關於具有一圓弧形輪廓且經構形以用於加工特殊材料(特定而言英高鎳合金)之一陶瓷面銑刀。

【先前技術】

當今，端銑刀最通常係由燒結碳化物製成，此係歸因於多種因素之一組合，特定而言端銑刀之粗糙度與韌度品質之平衡以及一相對成本有效價格。

本申請案係關於一陶瓷面銑刀。數十年來，陶瓷一直作為可用於加工之材料中之一種而被人熟知，但(除相對較小切削刀片之外)由於陶瓷相對較易碎且實質上比諸如燒結碳化物(cemented carbide)之其他材料更昂貴，因此很少被使用。

由於加工期間產生之使一切削工具快速降級之極高熱量，難以加工特定特殊材料(諸如英高鎳合金)。因此，通常以一低切削速度(例如約25 m/min)加工此等材料。對於此等材料，上文所提及的陶瓷之缺點部分地由一陶瓷材料比燒結碳化物相對高之溫度容限抵消。標題為「monolithic ceramic end mill」之US 8,647,025中較詳細地論述此溫度品質。

然而，不管有益溫度品質如何，US 8,647,025中所揭示之陶瓷端銑

刀揭示顯著磨損。為詳細說明，即使此處陳述：「端銑刀經檢查且發現具有小碎屑...」(第5欄，第47及48行)，但本申請人指出：熟習此項技術者將理解，實例中所闡述之磨損量(介於0.16 mm至0.40 mm之範圍內)並不認為係所謂的「小碎屑」。相反地，給出之值顯著大於由燒結碳化物製成之一類似直徑工具通常可容許之磨損(在此實例中直徑係8 mm)。舉例而言，對於一8 mm直徑燒結碳化物端銑刀，本申請人對可接受磨損之內部標準係0.08 mm，其係所給出最低磨損實例(0.16 mm)之一半。儘管如此，但由於陶瓷之已知相對易碎性質，相對高磨損並不奇怪。

本申請案進一步涉及專用於平面車削加工應用之一端銑刀(亦即一面銑刀)，該端銑刀主要用一切削端面處之切削邊緣來加工而非沿著該端銑刀之周邊。

更特定而言，本申請案係針對具有一圓弧形輪廓之一面銑刀。即使未明確陳述，亦將理解，隸屬本申請案之所有面銑刀皆具有一圓弧形輪廓。類似地，即使未使用詞語「陶瓷」，亦將理解，面銑刀之至少切削部分(即使未明確陳述)係由一陶瓷材料製成(或換言之「陶瓷切削部分」或「陶瓷面銑刀」)。將理解，此等陳述至少係指一陶瓷基板，且切削部分或整個面銑刀可具有一非陶瓷塗層。

面銑刀在圍繞一旋轉軸線旋轉期間且沿垂直於旋轉軸線之一方向觀看呈現一圓弧形輪廓。出於說明書及申請專利範圍之目的，此將稱為一「輪廓視圖」。圓弧形輪廓界定一虛圓之一部分。圓具有一圓中心點、軸向切線及徑向切線、軸向切點及徑向切點以及可係自圓中心點至圓弧形輪廓量測之一半徑量值。軸向切點位於圓與軸向切線之一相交點處，該軸向切線自圓中心點且沿平行於面銑刀之一旋轉軸線之一方向向前延伸。徑向

切點位於圓與徑向切線之一相交點處，該徑向切線自圓中心點且沿與旋轉軸線垂直之一方向徑向向外延伸。為便於理解，理論上可將一面銑刀之一齒之一切削邊緣劃分成三個子邊緣，亦即位於一面銑刀之一切削端面處之一軸向子邊緣、沿著一面銑刀之一切削部分之一周邊定位之一徑向子邊緣及自軸向子邊緣延伸至徑向子邊緣之一角隅子邊緣。更精確而言，一角隅子邊緣可界定為自一徑向切點延伸至一軸向切點，一徑向子邊緣可界定為沿遠離角隅子邊緣之一方向自一徑向切點延伸，且一軸向子邊緣可界定為沿遠離角隅子邊緣之方向自軸向切點延伸。US 9,517,515中例示一圓弧形輪廓，US 9,517,515之揭示內容以引用方式併入本文中。

將理解，圓及相關聯線、平面、切點及半徑量值係虛構的且因此係一面銑刀上之不可見特徵相反地可透過面銑刀之構造推導出。

本申請案亦係關於具有混合齒隙(舉例而言本申請人及其引文(亦即國家航空標準986 (1973；單號55))之US 8,858,128及US 8,414,228中例示之混合齒隙)之面銑刀。

鑒於具有一陶瓷切削部分之一端銑刀之不利性質(至少在與燒結碳化物相比之情況下)，顯然需要一獨特設計以使得此設計經濟上可行。

【發明內容】

本申請案之一第一設計考量係提供具有一陶瓷切削部分之一可行端銑刀。因此，所選擇之端銑刀類型係一面銑刀，該面銑刀出於至少兩個原因獨特地適合於陶瓷。第一個原因係若一相對易碎陶瓷端銑刀被沿著其一周邊表面頻繁使用，則更可能斷裂。此不僅係由於預期彎曲力，且亦係由於在已發現陶瓷能夠在其下操作之切削速度下所預期之相對高振動。在測試期間，發現切削速度對工具壽命無顯著影響且因此切削速度可能在300

m/min以上，其本質上取決於工作站之最大速度(舉例而言，以工作站可用之最大速度(其係600 m/min)執行測試，此產生了與300 m/min之一測試相當之一工具壽命)。一第二個原因係研磨沿著端銑刀之側之長槽的高成本。因此，本申請案之每一態樣係針對一面銑刀。態樣中詳細闡述了其他獨立有利特徵。

根據本申請案之標的物之一第一態樣，提供一種陶瓷面銑刀，其經組態包括一刀柄部分及一切削部分；至少該切削部分係由一陶瓷材料製成且包括至少一個齒，該至少一個齒包括具有一正軸向傾斜角 α 之一軸向子邊緣。

將理解，具有一正傾斜角之一切削邊緣提供比具有一負傾斜角之一切削邊緣更鋒利之一邊緣以用於加工一工件。雖然可考量一正傾斜角來更流暢地切斷一工件，但正傾斜角比相對較鈍負傾斜角切削邊緣更易受磨損及破裂影響。正是出於此原因而使用具有負傾斜角之切削邊緣，亦即期望邊緣強化之切削邊緣。此等負傾斜角亦係諸如陶瓷之易碎工具材料之預期選擇，此乃因預期會發生快速磨損。

亦將理解，貫穿整個申請案及申請專利範圍，當陳述軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角 α 時，此意指整個軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角(雖然角度自身可在0以上之一範圍中變化)。將理解，本申請案係指主要用軸向子邊緣來執行加工之一面銑刀。然而，當陳述次要子邊緣中之一者(亦即角隅子邊緣或甚至更次要徑向子邊緣)具有一特定傾斜角時，並不暗示整個角隅子邊緣或徑向子邊緣具有為正或為負之一傾斜角，而是應注意傾斜角之明確位置。

由於在使用具有一陶瓷切削部分之一面銑刀時已預期到快速磨損，

因此理論上且在實踐中的確發現藉由併入具有一正軸向傾斜角 α 之一軸向子邊緣(用於平面車削應用之主要邊緣)該邊緣將快速惡化。對於一相對燒結碳化物面銑刀，此惡化(換言之「磨損」)將在一極其短時間段(及不可接受工具壽命)之後導致一機械師斷續加工，因為此惡化被視為工具故障。然而，依據一新的理解，當前工具應視為在操作上與一燒結碳化物面銑刀不同，初始正軸向傾斜角 α 併入有以下預期：快速磨損的確會發生，但此磨損將僅僅將邊緣減小至一負軸向傾斜角幾何形狀。因此，藉由提供一初始正軸向傾斜角工具，壽命相對增加超過設計有先前視為一較有利負傾斜角幾何形狀之特徵之一相對面銑刀。將理解，在本申請案中(舉例而言，在上文所陳述之第一態樣中)，當陳述一軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角 α 時，此係指第一次使用之前的一面銑刀。藉由以前述切削速度300 m/min至600 m/min (或以一較大速度，若一工作站能夠以其的話)面銑削英高鎳合金達一充分時間長度，來將在第一次使用之前呈現之一正軸向傾斜角 α 藉由磨損變換成一負徑向傾斜角。

將理解，雖然陶瓷工具之快速故障及其高昂成本看起來似乎係此等工具很少出售之原因，但藉由利用邊緣係易碎的且將快速磨損之知識，已找到用以延長陶瓷工具之工具壽命之一驚人方法，亦即藉由使用正傾斜角且藉由更改已知用於燒結碳化物工具之故障準則。具體而言，代替監測陶瓷面銑刀之磨損，而針對正被加工之區域之精細加工何時變得不可接受來監測工件自身。

將理解，雖然較少使用，但一角隅子邊緣亦用於平面車削應用且因此存在此邊緣(至少毗鄰於軸向子邊緣)亦應具有一正角隅傾斜角 β 之一額外益處。

相反地，較少利用一徑向子邊緣，且若併入有一負徑向傾斜角 λ 以用於與較頻繁使用之軸向邊緣及角隅邊緣平均磨損或與此相比至少減少磨損，則可甚至係更有利的。

鑒於上文之闡釋，根據本申請案之標的物之一第二態樣，提供一種用於加工一英高鎳合金工件之陶瓷面銑刀，該面銑刀經構形以用於圍繞一中心旋轉軸線 A_R 旋轉，該中心旋轉軸線界定相反之軸向向前方向 D_F 及軸向向後方向 D_R ，以及相反之旋轉切削方向 D_P 及旋轉後繼方向 D_S ，該面銑刀包括：一刀柄部分；及一切削部分，其自該刀柄部分向前延伸至一切削端面；該切削部分包括：一有效切削長度 L_E ；一直徑 D_E ，其位於該切削端面處；複數個齒；及一齒隙，其位於該複數個齒中之每一對毗鄰齒之間；該複數個齒中之一齒包括：一傾斜表面；一離隙表面；及一切削邊緣，其形成於該傾斜表面與該離隙表面之一相交點處；該切削邊緣包括：一軸向子邊緣，其位於該切削端面處；一徑向子邊緣，其沿著該切削部分之一周邊定位；及一角隅子邊緣，其自該軸向子邊緣延伸至該徑向子邊緣且界定一角隅半徑 R_c ；其中該整個面銑刀：由一陶瓷材料製成；且具有一單式整體構造；且其中該整個軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角 α 。

根據本申請案之標的物之一第三態樣，提供一種陶瓷面銑刀，其包括一刀柄部分及一切削部分；至少該切削部分係由一陶瓷材料製成且包括具有一彎曲傾斜表面之至少一個齒。

儘管加工由陶瓷材料製成之彎曲表面相對困難且花費較大，但理論上認為一彎曲傾斜表面優於用於難以加工之材料(諸如陶瓷)及超硬材料(諸如PCD及PCBN)之典型平坦傾斜表面。

根據本申請案之標的物之一第四態樣，提供一種陶瓷面銑刀，其包

括一刀柄部分及一切削部分；至少該切削部分係由一陶瓷材料製成且包括複數個齒及位於該複數個齒中之每一對毗鄰齒之間的一齒隙；每一對毗鄰齒之間的每一齒隙係該對齒之間的唯一齒隙。

具體而言，該齒隙可係一混合齒隙。

鑒於加工由陶瓷材料製成之表面相對困難且花費較大，已發現一切削部分係可行的，其中每一對齒之間僅具有一單個齒隙。在燒結碳化物面銑刀中，通常存在兩個齒隙或一般跟隨一槽之至少一個齒隙。為詳細說明，在陳述存在一單個齒隙或在陳述一所主張齒隙係一對齒之間的唯一齒隙之情況下，此意指該對齒不具有一第二齒隙或與其相關聯之槽。與上文之其中執行對陶瓷面銑刀之額外加工以形成一認為有利之幾何形狀之第三態樣相反，此處避免額外加工步驟(亦即形成一第二齒隙或槽)，使得可最簡化生產步驟。換言之，鑒於陶瓷切削部分之獨特功能，已發現一單個齒隙可足以產生可接受加工效能。

由於陶瓷之易碎性質，端銑刀組態為具有一相對有限有效切削長度之一面銑刀。即使原本一較長切削長度對於材料移除係有利的，但迄今仍認為係一陶瓷切削部分之又一限制。因此，面銑刀可不具有被認為尤其對於一陶瓷切削部分有利之一槽或第二齒隙。

此構造在一切削端面之一端視圖中提供一非尋常外觀，一齒之整個切削邊緣皆係彎曲的。

根據本申請案之標的物之一第五態樣，提供一種陶瓷面銑刀，其包括一刀柄部分及一切削部分；至少該切削部分係由一陶瓷材料製成且包括複數個齒，該等齒中之每一者皆位於中心前面。

雖然已知生產具有位於中心前面以輔助驅逐碎屑之齒之面銑刀，但

應注意，陶瓷面銑刀能夠進行高溫操作且因此對於減小熱轉移之目的驅逐較不重要。進一步應注意，此定位遺漏了面銑刀之中心處之材料且因此需要一額外研磨操作來移除所遺漏材料。儘管如此，但理論上，經改良驅逐仍較佳的高於一相對昂貴陶瓷面銑刀之一額外製造步驟之成本。

根據本申請案之標的物之一第六態樣，提供一種加工一英高鎳合金工件之方法，其包括：提供如先前態樣中之任一者之陶瓷面銑刀；及以大於 300 m/min 之一速度且在足以藉由磨損而將初始正軸向傾斜角變換成一負軸向傾斜角之一時間長度內對該英高鎳合金工件進行面銑削。

根據本申請案之標的物之一第七態樣，提供一種加工一英高鎳合金工件之方法，其包括：(1)提供一陶瓷面銑刀，其包括具有一切削端面及複數個齒之一切削部分，每一齒具有一切削邊緣，每一切削邊緣包括：一軸向子邊緣，其位於該切削端面處且在第一次使用之前具有一初始正軸向傾斜角 α ；一徑向子邊緣，其具有一初始負徑向傾斜角 λ ；及一角隅子邊緣，其具有一初始正角隅傾斜角 β 、毗鄰於該軸向子邊緣；及(2)以大於 300 m/min 之一速度面銑削該英高鎳合金工件且達足以藉由磨損而將初始正軸向傾斜角變換成一負軸向傾斜角之一時間長度。

將理解，上文之態樣中所提及之速度具有由所使用工作站界定之一上限(通常介於 600 m/min 至 800 m/min 之間)，且可用之最高速度係較佳的。舉例而言，上文之態樣中所提及之速度可較佳地係 600 m/min 或更大。

亦將理解，上述係一概括，且上文之態樣中之任何者可進一步包括下文中所闡述特徵中之任何者。具體而言，以下特徵可單獨地或組合地適用於以上態樣中之任何者：

A.一面銑刀可具有一單式整體構造。

B.一面銑刀可經構形以圍繞一中心旋轉軸線 A_R 旋轉，該中心旋轉軸線界定相反之軸向向前方向 D_F 及軸向向後方向 D_R ，以及相反之旋轉切削方向 D_P 及旋轉後繼方向 D_S 。

C.一面銑刀可包括一刀柄部分及自該刀柄部分向前延伸至一切削端面之一切削部分。該刀柄部分可與該切削部分整體地形成。儘管事實係陶瓷係一相對較易碎昂貴材料且因此理論上由一替代材料(諸如燒結碳化物)製成刀柄係有利的，但已在實踐中發現如其可能那樣易碎之一整體式陶瓷刀柄部分對於夾持更可靠且因此係較佳的。

D.一面銑刀之一切削部分係由一陶瓷材料製成。一整個面銑刀可係由一陶瓷材料製成。陶瓷材料可係一SiAlON複合材料。舉例而言，其可係由TAEGUTEC®以商標名TC3030出售之陶瓷材料。

E.一切削部分可包括一有效切削長度 L_E 、位於切削端面處之一直徑 D_E 及複數個齒。

F.一切削部分可不具有一冷卻劑通道。雖然空氣(亦即氣體)或流體之使用在碎屑驅逐中可係有用的，但亦可存在簡化一陶瓷工具之生產之一較佳益處，因為陶瓷工具之生產之成本相對較高。

G.一切削部分之複數個齒中之一個齒或每一齒可包括一傾斜表面、一離隙表面及形成於該傾斜表面與該離隙表面之一相交點處之一切削邊緣。

H.一切削部分之至少一個齒或較佳地每一齒可位於中心前面。

I.每一齒可係相同的。換言之，一切削部分可旋轉地對稱。更精確而言，陶瓷面銑刀可按 360° 除以齒數旋轉地對稱。儘管此對稱缺乏在諸多工

具中發現之一抗陣特性，但亦可存在簡化一陶瓷工具之生產之一較佳益處，因為陶瓷工具之生產之成本相對較高。

J. 複數個齒較佳地等於或大於5個齒。對於加工陶瓷，大數目個齒減少熱轉移(藉由將熱在齒之間分配)且因此至少5個齒係較佳的。然而，增加齒數會減少可用槽空間。因此，複數個齒較佳地等於或小於11個齒。最佳地，複數個齒等於5個、7個或9個齒，其中考量槽空間認為7個齒係最佳齒數目。較佳地，複數個齒係奇數個齒以用於減小振動。

K. 至少一個傾斜表面或每一傾斜表面可係一彎曲傾斜表面。

L. 一切削邊緣可包括：一軸向子邊緣，其位於切削端面處；一徑向子邊緣，其沿著切削部分之一周邊定位；及一角隅子邊緣，其自軸向子邊緣延伸至徑向子邊緣且界定一角隅半徑 R_c 。

M. 在切削端面之一端視圖中，至少一個切削邊緣，較佳地每一、整個切削邊緣係彎曲。

N. 一軸向子邊緣可具有一正軸向傾斜角 α (亦即，第一次使用之前的)。軸向子邊緣之一最大軸向傾斜角 α_1 可具有滿足以下條件之一值： $1^\circ \leq \alpha_1 \leq 5^\circ$ 。在不受理論束縛之情況下，認為具有過大一值之一初始正軸向傾斜角可過快地引發斷裂而對工具壽命無任何益處。

O. 一角隅子邊緣之至少一部分可具有一正角隅傾斜角 β 。正在論述之部分係毗鄰於軸向子邊緣且不遠離該軸向子邊緣的角隅子邊緣之一部分。整個角隅子邊緣可具有一正角隅傾斜角 β 。角隅子邊緣之一最小正角隅傾斜角 β_1 與一毗鄰軸向子邊緣之一最大軸向傾斜角 α_1 可滿足以下條件： $\beta_1 < \alpha_1$ 。一角隅傾斜角 β 可隨著愈來愈接近於一徑向子邊緣而逐漸減小。

P. 毗鄰於角隅子邊緣的一徑向子邊緣之至少一部分可具有一正徑向

傾斜角 λ 。

Q.一齒隙可位於一切削部分之複數個齒中之每一對毗鄰齒之間。換言之，每一對毗鄰齒之間皆可形成有一齒隙。每一對毗鄰齒之間的每一齒隙可係該對齒之間的唯一齒隙。齒隙可係一混合齒隙。一切削部分可在一對齒之間不具有一槽或第二齒隙。每一齒隙可向後延伸至一齒隙端，該齒隙端退出至該切削部分之一周邊表面。

R.至少一個齒隙之一軸向長度 L_A 可係自一切削端面至該至少一個齒隙之一齒隙端而量測。軸向長度 L_A 可滿足以下條件： $L_A < D_E$ ，較佳地 $L_A < 2R_C$ 。該至少一個齒隙可係一切削部分之每一齒隙。換言之，每一齒隙可短於條件 $L_A < D_E$ ，較佳地 $L_A < 2R_C$ 。

S.一刀柄部分可具有一刀柄部分長度。刀柄部分長度可大於一總體切削部分長度。切削部分長度可延伸至面銑刀之一頸部部分之端。較佳地，刀柄部分長度可大於總體切削部分長度之兩倍甚至更佳的三倍。

T.一刀柄部分可具有一基本圓柱形形狀。

【圖式簡單說明】

為較佳地理解本申請案之標的物且為展示可如何在實踐中實施本申請案之標的物，現將參考附圖，在附圖中：

圖1係根據本申請案之標的物之一實例性面銑刀之一透視圖；

圖2係圖1中之面銑刀之一側視圖；

圖3係圖1及圖2中之面銑刀之一切削部分的一經放大側視圖；

圖4係圖3中之切削部分之一切削端面的一端視圖；

圖5係沿著圖3中之線V截取之一剖面圖；

圖6係沿著圖3中之線VI截取之一剖面圖；且

圖7係沿著圖4中之線VII截取之一剖面圖。

【實施方式】

圖1及圖2圖解說明經構形以圍繞一中心旋轉軸線 A_R 旋轉之一面銑刀10，該中心旋轉軸線縱向延伸穿過該面銑刀之中心。

中心旋轉軸線 A_R 界定相反之軸向向前方向 D_F 及軸向向後方向 D_R ，及相反之旋轉前進方向 D_P 及旋轉後繼方向 D_S ，前進方向 D_P 係切削方向。

面銑刀10包括一刀柄部分12及自刀柄部分12向前(亦即，沿向前方向 D_F)延伸之一切削部分14。

刀柄部分可具有一刀柄部分長度 L_s 。

刀柄部分12可具有一基本圓柱形形狀。整個刀柄部分12可係圓柱形的(亦即無凹槽或凹入部)。

切削部分14沿向後方向 D_R 自一切削端面16延伸至一頸部部分18。更精確而言，切削部分14可視為延伸至與刀柄部分12之一頸部相交點19，頸部相交點19界定為頸部部分18開始沿向前方向 D_F 自刀柄部分12減小直徑之軸向位置。

將理解，頸部部分18係選用的且切削部分14應視為自刀柄部分12向前延伸的面銑刀10之部分，刀柄部分12識別為經構形以由一筒夾或夾頭抓握之部分，其本身在此項技術中已知。

切削部分14可具有一總體切削部分長度 L_c 。在此實例中，切削部分長度 L_c 自切削端面16延伸至一頸部部分18之端，或更精確而言延伸至頸部部分18之頸部相交點19。

切削部分14係由一陶瓷材料製成。具體而言，切削部分14可由一SiAlON複合材料製成。更具體而言，切削部分14可係以商標名TC3030出

售之SiAlON複合材料。

較佳地，切削部分14與刀柄部分12整體地形成，或換言之整個面銑刀10具有一單式整體構造。因此，在此實例中，包含刀柄部分12之整個面銑刀10係由相同陶瓷材料製成。

切削部分14與複數個齒20整體地形成。舉例而言，複數個齒20可包括第一齒20A、第二齒20B、第三齒20C、第四齒20D、第五齒20E、第六齒20F及第七齒20G。如自其完整外觀展示，齒20係無鋸齒的。

在切削端面16處展示面銑刀10之一直徑 D_E 。將理解，切削端面16處之直徑 D_E 係齒20之間的最寬的點，更精確而言，該點自面銑刀10之最前邊緣稍微向後，但已知其構成直徑 D_E ，其本身在此項技術中所量測。

複數個齒20與複數個齒隙22交替。舉例而言，複數個齒隙22形成為混合齒隙且可包括第一齒隙22A、第二齒隙22B、第三齒隙22C、第四齒隙22D、第五齒隙22E、第六齒隙22F及第七齒隙22G。

參考圖2，每一齒隙22不同於一螺旋槽，此乃因齒隙不需要螺旋地延伸。齒隙可係一直齒隙(亦即其可沿著一軸線延伸)，且可以與中心旋轉軸線 A_R 形成之一齒隙角度 μ 延伸。齒隙角度 μ 可較佳地係 $42^\circ \pm 5^\circ$ ，此傾斜角度輔助齒之產生而不需要一進一步槽製造步驟。

雖然在一直的或螺旋路徑中沿一向後方向(亦即大體朝向刀柄部分12)延長齒隙係的確可行的，但由於研磨陶瓷之相對較高成本較佳地應最小化齒隙22之長度。

每一齒隙22變得較淺，直至其到達一齒隙端26處的切削部分14之一周邊表面24為止。一軸向長度 L_A 可係自切削端面16至齒隙端26而量測。

在本實例中，每一齒20皆係相同的且沿圓周等距間隔開，因此對每

一元件之以下說明適用於齒20中之每一者，且針對不同元件指向不同齒之字符及箭頭僅僅由於在給出視圖中在一特定齒上較佳地展示彼等元件。

亦注意圖3，每一齒20可包括一傾斜表面28、一離隙表面30及形成於傾斜表面28與離隙表面30之一相交點處之一切削邊緣32。

雖然在所提供之二維線圖中，難以看見傾斜表面28之曲率，但將理解，傾斜表面的確係彎曲的或(換言之)凹面形的。實際上，雖然第五齒20E之傾斜表面28 (亦即在圖3之左側處)呈現為平坦且平行於中心旋轉軸線 A_R ，但自觀看其他齒20 (特定而言第六齒20F)應理解，齒20不平行於中心旋轉軸線 A_R 而是向前傾斜的且齒20之傾斜表面係彎曲的。

出於闡釋之目的，圖3中所展示之視圖中之第五齒20E之傾斜表面28應視為以一輪廓視圖展示。

切削邊緣32包括位於切削端面16處之一軸向子邊緣32A、沿著切削部分14之一周邊定位之一徑向子邊緣32B及自軸向子邊緣32A延伸至徑向子邊緣32B且界定一角隅半徑 R_C 之一角隅子邊緣32C。

角隅子邊緣32C設置一圓弧形輪廓，該圓弧形輪廓在旋轉期間用於界定一虛圓 I_C 。

虛圓 I_C 界定一圓中心點 C_P 、軸向切線 L_{AT} 及徑向切線 L_{RT} 、軸向切點 P_{AT} 及徑向切點 P_{RT} 以及對應於角隅半徑 R_C 之一半徑量值。

軸向切線 L_{AT} 自圓中心點 C_P 且沿平行於中心旋轉軸線 A_R 之一方向向前延伸。

軸向切點 P_{AT} 位於圓 I_C 與軸向切線 L_{AT} 之一相交點處。

徑向切線 L_{RT} 自圓中心點 C_P 沿與中心旋轉軸線 A_R 垂直之一徑向向外方向延伸。

徑向切點 P_{RT} 位於圓 I_C 與徑向切線 L_{RT} 之一相交點處。

如圖2中所展示，軸向長度 L_A 小於直徑 D_E 。

相比而言，在圖3中，已展示軸向長度 L_A 大於一有效切削長度 L_E 。有效切削長度 L_E 可係自切削端面16至係切削邊緣32之一最後部分之一點36而量測。

有效切削長度 L_E 大於一推薦加工深度 L_D 。面銑刀10之推薦加工深度 L_D 可係沿著角隅子邊緣32C (亦即比徑向切點 P_{RT} 更近於切削端面16)自切削端面16至一點38而量測。將理解，用位於徑向切點 P_{RT} 處或位於距切削端面16比徑向切點 P_{RT} 更遠處之切削邊緣32之一部分加工將產生徑向力，該等徑向力對於在極其高速度下操作之一相對易碎陶瓷面銑刀10係相對不利的且因此較佳地應避免。

參考圖4，如所展示齒20各自定位於中心前面。為詳細說明何謂中心前面，在第四齒20D之此實例中，一第一徑向線 L_{R1} 可係自中心旋轉軸線 A_R 繪製以與一軸向子邊緣32A之一一起始點34相交。由於整個切削邊緣32之每個點位於徑向線 L_{R1} 後面(亦即沿後繼方向 D_S)，因此當正被加工之材料(未展示)接觸切削邊緣32之任何部分時，總是存在沿一徑向向外方向 D_O 之某種力分量，該力分量輔助向外(亦即，遠離面銑刀10)驅逐該正被加工之材料(或碎屑)。

另外，由於整個切削邊緣32經形成具有一單個齒隙且在圖4中所展示之端視圖中係整體彎曲的，因此認為將達成一較流暢切削操作。

如圖3中所展示，已選擇一隨機剖面，該隨機剖面延伸穿過徑向子邊緣32B且在圖5中用於例示何謂一負徑向傾斜角 λ 。為詳細說明，剖面垂直於中心旋轉軸線 A_R 。

徑向傾斜角 λ 可係在一第二徑向線 L_{R2} 與一第一切線 L_{T1} 之間而量測，其中該第二徑向線自中心旋轉軸線 A_R 徑向延伸以與第一齒20A之徑向子邊緣32B相交，該第一切線自相關聯傾斜表面28 (或更精確而言相關聯傾斜表面28與徑向子邊緣32B之一相交點)切向延伸。若第一切線 L_{T1} 沿一向外方向自第二徑向線 L_{R2} 向後延伸(亦即距中心旋轉軸線 A_R 之距離愈來愈大)，則所形成徑向傾斜角 λ 可理解為一負角度。換言之，當第一切線 L_{T1} 位於沿後繼方向 D_S 比第二徑向線 L_{R2} 更遠處時，形成一負徑向傾斜角。

如圖3之右側上所展示，已選擇一隨機剖面(在此實例中，沿著在此非限制性實例中與中心旋轉軸線 A_R 成一 45° 角度之一平分線 L_B)，該隨機剖面延伸穿過該第一齒20A之角隅子邊緣32C且在圖6中用於例示何謂一正角隅傾斜角 β 。

角隅傾斜角 β 係在平分線 L_B 與一第二切線 L_{T2} 之間而量測，其中該平分線自中心旋轉軸線 A_R 延伸以與角隅子邊緣32C相交，該第二切線自相關聯傾斜表面28 (或更精確而言相關聯傾斜表面28與角隅子邊緣32C之一相交點)切向延伸。若第二切線 L_{T2} 自平分線 L_B 向前延伸，則所形成角隅傾斜角 β 可理解為一正角度。換言之，當第二切線 L_{T2} (沿一向外方向)位於沿前進方向 D_P 比平分線 L_B 更遠處時，形成一正角度。

如圖4之右側上所展示，已選擇一隨機剖面，該隨機剖面延伸穿過該第一齒20A之軸向子邊緣32C且在圖7中用於例示何謂一正軸向傾斜角 α 。為詳細說明，剖面處於平行於中心旋轉軸線 A_R 之一平面中。

軸向傾斜角 α 可在一軸向線 L_X 與一第三切線 L_{T3} 之間而量測，其中該軸向線平行於中心旋轉軸線 A_R 延伸，該第三切線自相關聯傾斜表面28 (或更精確而言相關聯傾斜表面28與軸向子邊緣32C之一相交點)切向延伸。

若第三切線 L_{T3} 自軸向線 L_x 向前延伸，則所形成軸向傾斜角 α 可理解為一正角度。換言之，當第三切線 L_{T3} (沿一向外方向)位於沿前進方向 D_p 比軸向線 L_x 更遠處時，形成一正角度。

【符號說明】

10	面銑刀/相對易碎陶瓷面銑刀
12	刀柄部分
14	切削部分
16	切削端面
18	頸部部分
19	頸部相交點
20	齒
20A	第一齒
20B	第二齒
20C	第三齒
20D	第四齒
20E	第五齒
20F	第六齒
20G	第七齒
22	齒隙
22A	第一齒隙
22B	第二齒隙
22C	第三齒隙
22D	第四齒隙

22E	第五齒隙
22F	第六齒隙
22G	第七齒隙
24	周邊表面
26	齒隙端
28	傾斜表面
30	離隙表面
32	切削邊緣
32A	軸向子邊緣
32B	徑向子邊緣
32C	角隅子邊緣
34	起始點
36	點/係切削邊緣之一最後部分之點
38	點/沿著角隅子邊緣之點
A _R	中心旋轉軸線
C _P	圓中心點
D _E	直徑
D _F	軸向向前方向/向前方向
D _O	徑向向外方向
D _P	旋轉切削方向/旋轉前進方向/前進方向
D _R	軸向向後方向/向後方向
D _S	旋轉後繼方向/後繼方向
I _C	虛圓/圓

L_A	軸向長度
L_{AT}	軸向切線
L_B	平分線
L_C	總體切削部分長度/切削部分長度
L_D	推薦加工深度/加工深度
L_E	有效切削長度
L_{R1}	第一徑向線/徑向線
L_{R2}	第二徑向線
L_{RT}	徑向切線
L_S	刀柄部分長度
L_{T1}	第一切線
L_{T2}	第二切線
L_{T3}	第三切線
L_X	軸向線
P_{AT}	軸向切點
P_{RT}	徑向切點
R_C	半徑量值/角隅半徑
V	線
VI	線
VII	線
α	正軸向傾斜角/初始正軸向傾斜角/軸向傾斜角
α_1	最大軸向傾斜角
β	正角隅傾斜角/初始正角隅傾斜角/角隅傾斜角

β_1	最小正角隅傾斜角
λ	負徑向傾斜角/初始負徑向傾斜角/正徑向傾斜角/徑向傾斜角
μ	齒隙角度

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種陶瓷面銑刀，其用於加工一英高鎳合金工件，該面銑刀經構形以圍繞一中心旋轉軸線(A_R)旋轉，該中心旋轉軸線(A_R)界定相反之軸向向前方向(D_F)及軸向向後方向(D_R)，以及相反之旋轉切削方向(D_P)及旋轉後繼方向(D_S)，該面銑刀包括：

一刀柄部分；及

一切削部分，其自該刀柄部分向前延伸至一切削端面；

該切削部分包括：

一有效切削長度(L_E)；

一直徑(D_E)，其位於該切削端面處；

複數個齒；及

一齒隙，其位於該複數個齒中之每一對毗鄰齒之間；

該複數個齒中之一齒包括：

一傾斜表面；

一離隙表面；及

一切削邊緣，其形成於該傾斜表面與該離隙表面之一相交點處；

該切削邊緣包括：

一軸向子邊緣，其位於該切削端面處；

一徑向子邊緣，其沿著該切削部分之一周邊定位；及

一角隅子邊緣，其自該軸向子邊緣延伸至該徑向子邊緣且界定一角隅半徑(R_C)；

其中該整個面銑刀：

由一陶瓷材料製成；且

具有一單式整體構造；且

其中該整個軸向子邊緣具有一正軸向傾斜角(α)；且

其中在該切削端面之一端視圖中，至少一個整個切削邊緣係彎曲的。

【第2項】

如請求項2之陶瓷面銑刀，其中該軸向子邊緣之一最大軸向傾斜角(α_1)具有滿足以下條件之一值： $1^\circ \leq \alpha_1 \leq 5^\circ$ 。

【第3項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中毗鄰於該一個軸向子邊緣的該角隅子邊緣之至少一部分具有一正角隅傾斜角(β)。

【第4項】

如請求項3之陶瓷面銑刀，其中該整個角隅子邊緣具有一正角隅傾斜角(β)。

【第5項】

如請求項3之陶瓷面銑刀，其中該角隅子邊緣之一最小正角隅傾斜角(β_1)與該軸向子邊緣之一最大軸向傾斜角(α_1)滿足以下條件： $\beta_1 < \alpha_1$ 。

【第6項】

如請求項3之陶瓷面銑刀，其中該角隅傾斜角(β)隨著愈來愈接近於該徑向子邊緣而逐漸減小。

【第7項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中每一對毗鄰齒之間的每一齒隙係該對齒之間的唯一齒隙。

【第8項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中每一對毗鄰齒之間的每一齒隙向後延伸至一齒隙端，該齒隙端退出至該切削部分之一周邊表面。

【第9項】

如請求項8之陶瓷面銑刀，其中該等齒隙中之至少一者之一軸向長度(L_A)可自該切削端面至該齒隙之該齒隙端而量測，該軸向長度(L_A)滿足以下條件： $L_A < D_E$ 。

【第10項】

如請求項9之陶瓷面銑刀，其中該軸向長度(L_A)滿足以下條件： $L_A < 2R_C$ 。

【第11項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中該複數個齒等於或大於5個齒。

【第12項】

如請求項11之陶瓷面銑刀，其中該複數個齒等於或小於11個齒。

【第13項】

如請求項12之陶瓷面銑刀，其中該複數個齒等於5個、7個或9個齒。

【第14項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中該複數個齒中之至少一個齒定位於中心前面。

【第15項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其進一步不具有一冷卻劑通道。

【第16項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中，在該切削端面之一端視圖中，該陶

瓷面銑刀按 360° 除以齒數旋轉地對稱。

【第17項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其係由一SiAlON複合材料製成。

【第18項】

如請求項1之陶瓷面銑刀，其中至少一個傾斜表面係彎曲的。

【第19項】

一種加工一英高鎳合金工件之方法，其包括：

提供如請求項1至18中任一項之陶瓷面銑刀，及

以大於 300 m/min 之一速度且在足以藉由磨損而將初始正軸向傾斜角變換成一負軸向傾斜角之一時間長度內對該英高鎳合金工件進行面銑削。



