

明 細 書

発明の名称：

セラミックスエンドミル及びそれを用いた難削材の切削方法

技術分野

[0001] 本発明は耐熱合金等の難削材を超高速切削することが可能なラジアス型、もしくはスクウェア型のセラミックスエンドミル及びそれを用いた難削材の切削方法に関するものである。

背景技術

[0002] 耐熱性と軽量性に優れ、金型や部品の素材として用いられることが多いTi合金やステンレス鋼等の耐熱合金は難削材であるために、通常切削では加工能率が悪く、生産性を向上させることが困難である。このことを背景に、難削材に対する高速切削が可能なセラミックス等、高硬度材製の切削工具が開発されている（特許文献1～5参照）。高速切削より切削速度の高い超高速での難削材の切削を可能にするには、切削工具の素材自体に高い耐熱性・耐摩耗性・強度が要求されるが、素材自体にこれらの性能を持たせたとしても、切削工具としての切削能力が十分に生かしきれないこともある。

[0003] 例えばラジアスエンドミル、またはスクウェアエンドミルは工具（エンドミル）先端の半径方向外周寄りのコーナーR刃、または底刃が被削材の表面を先行して切削する形状をし、工具端面の中心部での切削能力が期待されないことから、原則的には工具が軸方向に推進する突っ込み加工や螺旋状に切り込むヘリカル加工には適していない。ボールエンドミルは工具端面の中心部分を含め、切れ刃全体が切削することを前提にするため、切れ刃が工具端面の中心を通る形になることもある（特許文献6参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第2012／0183363号明細書（段落0020～0026、図1A、図1B、図4A～図7）

特許文献2：特開平2－180517号公報（請求項1、第2頁上左欄第19行～上右欄第14行）

特許文献3：特開2006－110683号公報（段落0015～0032、図2～図4）

特許文献4：特開2010－264592号公報（段落0010～0014、図2）

特許文献5：特開2007－30074号公報（段落0024～0032、図2、図3）

特許文献6：国際公開第2013／118829号公報（請求項1、図3、図5）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 代表的な高硬度材製の切削工具である特許文献1のエンドミルは工具軸方向の端面（切れ刃部の先端）側の中心部に工具の剛性を確保するための芯部が形成され、この芯部と各底刃との間に切り屑排出溝（縦溝）に連続するギャッシュが形成された形状をしている。但し、半径方向には底刃が芯部まで連続していないため（図4、図6、図7）、工具端面の中心部寄りの部分は切削能力を持っていない。特許文献1のエンドミルは形態的にはラジアスエンドミルに該当する。

[0006] 詳しく言えば、特許文献1では底刃（切れ刃）16a（16b）の芯部48a寄りに、縦溝24aに連続するギャッシュ56aが螺旋を描くように形成されている（請求項1、段落0026）。このエンドミルを工具端面を先端側から見たとき、半径方向には底刃16aの芯部48a側の端部と芯部48aとの間に工具の先端に対してシャンク部8a側へ凹んだギャッシュ56aが存在している（図5～図7）。このため、芯部48aと底刃16aとの間の領域には底刃が存在しない状態にあり、この領域では切削ができなくなっている。

[0007] 特許文献2では工具本体の素材に靱性が乏しいとされるセラミックスを使

用しながら、切れ刃逃げ面にマージンを形成し、逃げ面粗さを一定値以下にすることで、素材の靱性不足を補い、工具の長寿命化を可能にしている。しかしながら、ラジアスエンドミルの場合の工具端面中心部寄りでの底刃による切削には言及はない。

[0008] 特許文献3では工具を工具軸に直交する断面で見たときの外周切刃と外周切刃逃げ面との関係と、外周切刃から回転方向前方側の切り屑排出溝の最深部までの曲面の形、及び外周切刃逃げ面と回転方向後方側の切り屑排出溝の最深部に至るまでの曲面を特定している（段落0015～0032、図2～図4）。しかしながら、工具端面における切刃の中心付近での形状は特定されていない。

[0009] 特許文献4では底刃が工具端面の中心付近まで連続しているが、底刃の中心寄りの部分は回転方向前方側へ湾曲し、回転方向前方側に位置する底刃の逃げ面とギャッシュとの境界線（端部稜線部）に交わっているため（図2）、工具端面の中心部に各底刃逃げ面の中心寄りの部分が集合した形になっている。この例も特許文献1と同様に芯部が形成された形であるため、工具端面の中心部分には底刃が存在しない状態にある。

[0010] 特許文献5では底刃が工具端面の中心付近において中心部を跨いで1方向に連続しているが（図2）、特許文献4と同様に、端面を工具軸方向に見たときに底刃の中心寄りの部分が回転方向前方側へ屈曲した形で、回転方向前方側の底刃に連続しているため、底刃は工具端面の中心を通る形にはなっていない。工具の立面上は底刃の中心寄りの部分が工具端面よりシャンク側へ後退しているため（段落0029、図3）、底刃の中心寄りの部分は切削開始時に切削に関与することができない（段落0032）。

[0011] 以上のように従来のラジアスエンドミルは工具端面の中心付近での切削が不可能か、困難な形状をしている結果、工具端面の全面において一様に被削材を切削することができないため、突っ込み加工やヘリカル加工に対応する能力を持つとは言い難い。

[0012] 本発明は上記背景より、工具端面の中心付近での切削能力を確保し、工具

端面の全面において被削材を切削可能で、突っ込み加工等に対応可能なセラミックエンドミル及びそれを用いた難削材の切削方法を提案するものである。

課題を解決するための手段

[0013] 請求項 1 に記載の発明のセラミックエンドミルは、工具本体の軸方向先端部側に、回転方向に間隔を置いて配列した複数枚の切れ刃と、回転方向に隣接する前記切れ刃間に形成されたギャッシュを有する切れ刃部を備えたセラミックエンドミルであり、

前記各切れ刃が回転軸寄りから半径方向外周側へ向け、前記回転軸に面する中心刃と、この中心刃に連続する底刃と、この底刃から工具後端側へ連続する外周刃を有し、

半径方向に連続する前記各中心刃と前記各底刃の回転方向後方側に、これらの両刃に跨って形成された底刃二番面が前記回転軸に面する位置、もしくは接近する位置にまで連続し、前記各底刃二番面とその回転方向後方側に位置する前記各中心刃との間に、前記回転軸上を通り、前記各中心刃のすくい面を兼ね、前記ギャッシュに連続する中心溝が形成されていることを特徴とする。

[0014] 「底刃から工具後端側へ連続する外周刃を有し」とは、外周刃が底刃から直接、連続するスクウェア型のエンドミルと、底刃と外周刃の間に双方に連続するコーナー R 刃が介在するラジラス型のエンドミル（請求項 3）を含む趣旨である。「工具後端側」は切れ刃部から見たときの「後端側」であり、シャンク部 30 側を指す。ラジラス型の場合、図 1 に示すように各底刃 2a ～ 2d の半径方向外周側にコーナー R 刃 3a ～ 3d が連続し、各コーナー R 刃 3a ～ 3d からシャンク部 30 側へ各外周刃 13a ～ 13d が連続する（請求項 3）。「刃が連続する」とは、凸の稜線が連続することであり、刃が曲線を描く場合には、その曲線の曲率が一定である必要はない。

[0015] 請求項 1 における「回転軸に面する中心刃」とは、図 1、図 2 - (a)、(b) に示すように工具（エンドミル）、あるいは切れ刃部 1 の端面を回転

軸O方向に見たとき、中心刃10a～10dが回転軸Oから開始し、半径方向外周側へ向けて放射状に形成され、中心刃10a～10dの回転軸O寄りの端部が回転軸Oに臨んだ状態にあることを言う。但し、工具端面には回転軸Oを通る中心溝10A～10Dが形成されることで、中心刃10a～10dは中心溝10A～10Dの回転方向後方側の縁（凸の稜線）として形成される。厳密には回転軸O上には中心溝10A～10Dが存在するため、中心刃10a～10dは中心溝10A～10Dに面する形で、回転軸Oからギャッシュ8、9へかけて形成される。ギャッシュ8、9は詳しくは後述のように半径方向中心側に位置する第1ギャッシュ8とその半径方向外周側に連続する第2ギャッシュ9からなるが、請求項1におけるギャッシュは第1ギャッシュ8を指す。中心溝10A～10Dは切れ刃の枚数分、回転軸Oから放射状に（図2－（a））、またはほぼ一様な幅を持った帯状に（図2－（b））形成される。

[0016] 請求項1における「中心溝10A～10Dが各中心刃10a～10dのすくい面を兼ねる」とは、中心溝10A～10Dが各中心刃10a～10dの回転方向前方側に凹状に形成される（中心刃）すくい面を含むことを言う。具体的には図3－（b）に示すように中心溝10A～10Dが（中心刃）すくい面25dのみからなる場合と、（中心刃）すくい面とそれから回転方向前方側の底刃二番面4a～4dに続く（連続する）曲面や平面を含む場合がある。その他、図3－（a）に示すように回転方向に互いに隣接する底刃二番面4a－4b（4b－4c、4c－4d、4d－4a）間に（中心刃）すくい面25dを含め、回転軸O方向に凹んだ凹溝状に形成される場合がある。図3－（a）、（b）は図2－（b）のz－z線の断面を示している。

[0017] 図3－（a）の場合、中心溝10A～10Dが凹溝状に形成されることで、中心溝10A～10Dと回転方向前方側の底刃二番面4a～4dが不連続な面をなすことがあるため、中心溝10A～10Dと底刃二番面4a～4dとの間にはGで示す境界線が表れることがある。図3－（b）の場合には、中心溝10A～10Dを構成するすくい面25dと回転方向前方側の底刃二

番面 4 a～4 d を連続した面として形成することができるため、必ずしも境界線は表れない。中心溝 10 A～10 D の「溝」は必ずしも工具端面から回転軸 O 方向に凹んだ溝状であることを意味せず、図 3－(a)、(b) に示すように底刃二番面 4 a～4 d 側から回転方向後方側に向かって凹んだ形状であることも含む。

[0018] 各底刃二番面 4 a～4 d とその回転方向後方側に位置する各中心刃 10 a～10 d との間に中心溝 10 A～10 D が形成されることで、各底刃二番面 4 a～4 d の回転軸 O 寄りの部分とその回転方向後方側の各中心刃 10 a～10 d とが中心溝 10 A～10 D によって区画される。すなわち、底刃二番面 4 a～4 d の回転軸 O 寄りの部分の回転方向後方側の中心溝 10 A～10 D が底刃二番面 4 a～4 d と中心刃 10 a～10 d を仕切る形になる。結果的に図 2－(a)、(b) に示すように底刃二番面 4 a～4 d の回転軸 O 寄りの部分の回転方向前方側と後方側に中心溝 10 A～10 D が形成され、回転軸 O 付近においては回転軸 O の回転方向（周方向）に中心溝 10 A～10 D と底刃二番面 4 a～4 d が交互に配列する。

[0019] 中心刃 10 a～10 d は工具端面への中心溝 10 A～10 D の形成（研削）時に同時に形成されるため、中心溝 10 A～10 D を工具の端面側から見たときの平面形状に応じて中心刃 10 a～10 d の形状が決まる。図 1、図 2－(a) では工具を端面側から見たときに、中心刃 10 a～10 d が直線、もしくは直線状であるが、図 2－(b) に示すように曲線を描くこともある。

[0020] 中心溝 10 A～10 D は切れ刃部 1 の端面を回転軸 O 方向に見たとき、図 1、図 2－(a) に示すように回転軸 O から第 1 ギャッシュ 8 へかけて次第に幅が生じ、拡大する形状に形成される場合と、図 2－(b) に示すように回転軸 O から第 1 ギャッシュ 8 にかけて一様な幅、もしくは緩やかに変化する幅 W_c を持つ帯状に形成される場合（請求項 2）がある。

[0021] 「一様な幅」とは、中心溝 10 A～10 D の内、回転軸 O を含む領域が、中心刃 10 a～10 d が切削した切り屑を第 1 ギャッシュ 8 へ排出可能な程

度の大きさの一定以上の幅を持つことであり、回転軸Oから第1ギャッシュ8へかけて実質的に、あるいはほぼ一様な幅であることを言う。「緩やかに変化する幅」とは、図2-(b)に示すように中心溝10A~10Dの幅Wcが明確に、半径方向に一様ではないものの、幅の変化の程度が緩く、切り屑の排出上、半径方向に一様と同等と言えることを言う。いずれにしても、請求項2を含む請求項1では中心溝10A~10Dは半径方向の全長において、あるいは回転軸Oを含む領域、または回転軸O寄りの領域において少なくとも一定以上の幅を持てばよい。このため、中心溝10A~10Dは図2-(a)に近い形状に、回転軸Oから第1ギャッシュ8へかけて幅が次第に拡大する形状と、半径方向の各部の幅が相違する形状、あるいは逆に第1ギャッシュ8から回転軸Oへかけて次第に拡大する形状を含む。図2-(b)では中心溝10A~10Dの幅Wcが回転軸Oから第1ギャッシュ8へかけて僅かながら拡大している。

[0022] 図2-(b)に示すように中心溝10A~10Dが回転軸Oから第1ギャッシュ8へかけて一様な幅、もしくは緩やかに変化する幅Wcで形成される場合(請求項2)には、回転軸Oから第1ギャッシュ8へかけて次第に幅が生じて拡大する場合(図2-(a))との対比では、中心刃10a~10dが切削した切り屑の中心溝10A~10Dにおける収容能力が増す。このため、中心溝10A~10Dからそれに連続するギャッシュ8、9を通じての切り屑の排出性が向上する利点がある。

[0023] 前記のように半径方向に連続する各中心刃10a~10dと各底刃2a~2dの回転方向後方側には、中心刃10a~10dと底刃2a~2dに跨る底刃二番面(底刃逃げ面)4a~4dが形成される。ここで、請求項1における「底刃二番面4a~4dが回転軸Oに面する位置まで連続し」とは、中心刃10a~10dが回転軸Oに面することと同様に、図2-(a)に示すように底刃二番面4a~4dの回転軸O寄りの部分が回転軸Oに面し、回転軸Oに臨んだ状態にあることを言う。回転軸O上には中心溝10A~10Dが存在するため、厳密には底刃二番面4a~4dは中心溝10A~10Dを

介して回転軸Oに面する状態になる。

[0024] また請求項1における「底刃二番面4a～4dが回転軸Oに接近する位置にまで連続し」とは、図2-(b)に示すように中心溝10A～10Fが帯状に形成された場合に、底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分が回転軸Oに近い位置にまで形成され、中心溝10A～10Fを介して回転軸Oに面する状態にあることを言う。「底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分」は回転方向前方側と後方側において中心溝中心溝10A～10Dに接する領域を指し、図2-(a)に示す例の場合には半径方向中心側において回転軸Oに接し得る状態になる。

[0025] 底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分の回転方向前方側の縁と回転方向後方側の縁は共に、形式的には中心溝10A～10Dとの境界になる。底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分の回転方向前方側の縁は中心刃10a～10dであるため、凸の稜線になり、境界線が明確に表れる。但し、回転方向後方側の縁は刃ではないため、前記のように必ずしも凸の稜線として明確な境界線が表れるとは限らず、図2-(b)、図3-(a)に示すように底刃二番面4a～4dから中心溝10A～10Dにかけて曲面を経て、または図3-(b)に示すように平面と曲面を経て連続することもある。

[0026] 図3-(b)のように「底刃二番面4a～4dと中心溝10A～10Dが平面と曲面を経て連続する」とは、各底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分を半径方向中心側に向かって見たときに、底刃二番面4a～4dでの回転方向後方側寄りから中心溝10A～10Dにかけ、曲率が0から次第に増加し、連続的に変化して平面から曲面に連続したまま中心溝10A～10Dに移行することを言う。この場合、底刃二番面4a～4dから中心溝10A～10Dに移行する部分に明確な境界線は表れず、中心溝10A～10Dは中心刃10a～10dに連続する中心刃すくい面25dから、または中心刃すくい面25dと底刃二番面4a～4dへの移行面から構成される形になる。図2-(b)中、中心溝10A～10D内の細線は中心溝10A～10Dの表面が凹の曲面をなしていることを表している。

[0027] 図1に示すように底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの回転方向前方側の縁である中心刃10a～10dの半径方向外周側には底刃2a～2dが連続し、底刃二番面4a～4dの回転方向後方側の縁の半径方向外周側には第1ギャッシュ8を構成する第1ギャッシュ面8a～8dとの境界線となる凸の稜線が連続する。

[0028] 前記のように回転軸Oの周辺においては、底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分の回転方向前方側と後方側に中心溝10A～10Dが形成されることで、回転方向前方側の縁（中心刃10a～10d）と回転方向後方側の縁（中心溝10A～10Dとの境界）とで区画される各底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分が回転軸Oの周囲に集合した形になり、回転軸Oの周囲において一定の面積を持った領域（中心刃部10）になる。ここで言う底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分は回転方向前方側の中心刃10a～10dと後方側の中心溝10A～10Dとの境界とに挟まれた、仮想の三角形、あるいは扇形の形状をする領域を指す。底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分は工具端面への中心溝10A～10Dの形成時に工具の端面に残されるため、回転軸Oの周囲に集合することで、形態的には特許文献1と同様に工具の中心部に実質的に芯部が形成されたことと同等の形になり、工具の剛性の確保に寄与する。

[0029] 例えば特許文献1では工具端面の回転軸寄りに芯部を残しながらも、底刃の半径方向中間部付近から芯部までの区間に、底刃逃げ面から回転方向後方側の底刃すくい面までに深く切り込まれた形のギャッシュ56aが形成されているため、底刃が芯部にまで連続する場合との対比では各切れ刃の剛性が犠牲になり、低下する。これに対し、本発明のエンドミルでは第1ギャッシュ8は底刃二番面4a～4dの回転軸O寄りの部分の回転方向外周側の位置（底刃二番面4a～4dと底刃三番面6a～6fとの境界線と第1ギャッシュ面8a～8fとの交点）から回転方向後方側の底刃すくい面11a～11dまでに形成される。この結果として、本発明では底刃二番面（底刃逃げ面）4a～4dの回転軸O寄りの部分が半径方向外周側から深く切り込まれた

形にはならず、残されているため、特許文献 1 との対比では各切れ刃の剛性と工具（エンドミル）自体の剛性は高まっている。

[0030] 一方、工具端面の回転軸 O 寄りの部分においては、中心刃 10a～10d が回転軸 O 上を通る中心溝 10A～10D に面するように形成され、中心刃 10a～10d の半径方向外周側に底刃 2a～2d が連続することで、工具は切削側の端面の回転軸 O から半径方向外周側まで連続的に切削能力を持つ。すなわち、工具は工具端面の全面において一様に被削材を切削する能力を保有する。この結果、エンドミルは上記のように工具の切れ刃部 1 が芯部を有することと同等の形態でありながら、中心部分での切削を可能にする突っ込み加工やヘリカル加工に対応する能力を確保する。

[0031] 工具端面の中心部分において被削材を切削する各中心刃 10a～10d は回転軸 O 上を通る各中心溝 10A～10D に面しているため、切れ刃部 1 は回転軸 O から、中心刃 10a～10d が切削した切り屑を中心溝 10A～10D を通じて放射（半径）方向に排出する排出経路を確保する。中心溝 10A～10D は半径方向に第 1 ギャッシュ 8 に連続しているため、中心溝 10A～10D に入り込んだ切り屑は第 1 ギャッシュ 8 を通じ、回転方向に隣接する外周刃 13a～13d 間に形成される切り屑排出溝としての刃溝 20a～20d に排出される。

[0032] 中心溝 10A～10D が、中心刃 10a～10d が切削した切り屑の排出経路になり、中心溝 10A～10D に第 1 ギャッシュ 8 と刃溝 20a～20d が連続していることで、中心溝 10A～10D 内での切り屑の詰まりが回避されるため、突っ込み加工やヘリカル加工時に中心刃 10a～10d の切削能力が低下する事態も回避される。

[0033] 底刃二番面 4a～4d の回転軸 O 寄りの部分の回転方向後方側には第 1 ギャッシュ 8 を構成する第 1 ギャッシュ面 8a～8d が連続し、第 1 ギャッシュ面 8a～8d の半径方向外周側には第 2 ギャッシュ 9 を構成する第 2 ギャッシュ面 9a～9d が連続する。第 1 ギャッシュ 8 は第 1 ギャッシュ面 8a～8d と底刃すくい面 11a～11d から構成され、第 2 ギャッシュ 9 は第

2 ギャッシュ面 9 a ~ 9 d と底刃すくい面 1 1 a ~ 1 1 d から構成される。
第 1 ギャッシュ 8 (の空間) は上記の刃溝 2 0 a ~ 2 0 d (の空間) に連続する。「面が連続する」とは、連続する面が互いに異なる面をなし、凸の、もしくは凹の稜線 (境界線) を挟んで隣接することを言う。

[0034] 底刃二番面 4 a ~ 4 d の半径方向外周寄りの部分の回転方向後方側には底刃三番面 6 a ~ 6 d が連続し、この底刃三番面 6 a ~ 6 d の回転方向後方側に第 2 ギャッシュ面 9 a ~ 9 d が連続する。第 2 ギャッシュ面 9 a ~ 9 d の半径方向内周側に第 1 ギャッシュ面 8 a ~ 8 d が連続する。図示するようなラジラス型 (請求項 3) の場合、図 1 に示すようにコーナー R 刃 3 a ~ 3 d の回転方向後方側にコーナー R 刃二番面 5 a ~ 5 d が連続し、その回転方向後方側にコーナー R 刃三番面 7 a ~ 7 d が連続する。コーナー R 刃三番面 7 a ~ 7 d は底刃三番面 6 a ~ 6 d の半径方向外周側に連続する。

[0035] 底刃 2 a ~ 2 d には図 4 に示すように中低勾配角 (すかし角) α が付く場合があり (請求項 4)、この場合には、回転軸 O を通る軸方向の切断線で工具を切断した断面、または工具の側面を半径方向に見たときに、工具先端側に底刃 2 a ~ 2 d の半径方向外周寄りの部分が中心刃 1 0 a ~ 1 0 d より突出した状態になる。このため、工具が突っ込み加工やヘリカル加工するときに、中心刃 1 0 a ~ 1 0 d が底刃 2 a ~ 2 d に遅れて被削材の表面に接触し、切削する状態になる。従って回転軸 O から半径方向外周までに連続する切れ刃 1 A (中心刃 1 0 a ~ 1 0 d と底刃 2 a ~ 2 d) が形成された結果として、工具端面の全面が切削能力を保有しながらも、切削開始時に工具が被削材から受ける抵抗 (振りモーメント) が低減されるため、工具の折損を未然に防止することが可能になる。

[0036] 高硬度材製の切削工具である請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載のセラミックスエンドミルは切削速度 V_c が $500\text{ m/min} \sim 1200\text{ m/min}$ の超高速で難削材を切削するため (請求項 6)、切削に伴い、切削工具先端部の切れ刃部 1 に摩耗が生じることがある。但し、摩耗の進行が工具径の 1 割程度以内であれば、摩耗後の切れ刃 1 A の底刃 2 a ~ 2 f からコーナ

ーR刃3a～3fにかけての残存部分がなお、切れ刃1Aとして機能でき、切削能力を維持できる特徴を持つ。切削速度 V_c の適切な、あるいは望ましい範囲は $500\text{ m/min} \sim 1200\text{ m/min}$ であるが、低速側では遅くとも 300 m/min 以上であればよい。

[0037] この摩耗後の残存部分が切れ刃1Aとして機能できる能力は具体的には工具の母材に窒化ケイ素系セラミックス、特にSiAlONを用いた場合（請求項5）に顕著に表れる。工具の母材としては特にRE元素化合物（但し、REは希土類元素の少なくとも1種の元素）と共に、マグネシウムとマグネシウム化合物の少なくともいずれか一方を含む焼結体の使用が適し、これらの材料を選択することで、本発明の工具は難削材の高送り切削加工時でも、優れた耐摩耗性・耐熱性・強度を得ることが可能になる。

[0038] 本発明のエンドミルは必要に応じ、切れ刃部に硬質皮膜（例えばTiSiN、TiAlN、TiAlSiN、CrN、CrSiN、AlCrN、AlCrSiN、AlTiCrN又はAlCrVBN等）を被覆することで、工具性能を更に向上させることが可能である。

発明の効果

[0039] 各切れ刃が回転軸寄りから半径方向外周側へ向け、回転軸に面する中心刃と、これに連続する底刃を有し、この中心刃と底刃の回転方向後方側に位置する底刃二番面を回転軸に面する、もしくは接近する位置にまで連続させ、底刃二番面とその回転方向後方側の中心刃との間に回転軸上を通り、底刃二番面と中心刃とを区画する中心溝を形成している。このため、工具端面の回転軸寄りの部分において回転軸上を通る中心溝に面するように中心刃を形成することができ、エンドミルに切削側の端面の回転軸から半径方向外周側まで連続的に切削能力を持たせることができる。

[0040] この結果、エンドミルは工具端面の全面において一様に被削材を切削する能力を保有するため、工具の切れ刃部が芯部を有することと同等の形態でありながら、中心部分での切削を可能にする突っ込み加工やヘリカル加工に対応する能力を確保することができる。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]切れ刃が4枚の場合の（ラジラス）エンドミルの切れ刃部側の端面を示した端面図である。

[図2-(a)]中心溝が扇形に形成された場合の図1の回転軸付近の拡大図である。

[図2-(b)]中心溝が半径方向に一樣な、もしくは緩やかに変化する幅を持つ形状に形成された場合の図1の回転軸付近の拡大図である。

[図3] (a) は中心刃がすくい面を含め、工具端面を回転軸方向に見たときに凹溝状に形成された場合の中心溝の形成例を示した図2-(b)のz-z線断面図、(b) は中心刃が中心刃すくい面とそれから回転方向前方側の底刃二番面に続く曲面と平面からなる場合の中心溝の形成例を示した図2-(b)のz-z線断面図である。

[図4]図1の側面図であり、x-x線の矢視図である。

[図5]図4をやや端面側から見たときの様子を示した斜視図である。

[図6]エンドミルの心厚Dwと工具径Dとの関係、及び外周刃すくい角の様子を示した図4のI-I線断面図である。

[図7]切れ刃が6枚の場合の（ラジラス）エンドミルの切れ刃部側の端面を示した端面図である。

[図8]図7の回転軸付近の拡大図である。

[図9]図7の側面図であり、y-y線の矢視図である。

[図10]図9をやや端面側から見たときの様子を示した斜視図である。

[図11]エンドミルの心厚Dwと工具径Dとの関係、及び外周刃すくい角の様子を示した図9のI-I線断面図である。

発明を実施するための形態

[0042] 図1は工具本体の軸方向先端部側に、回転方向に間隔を置いて配列した複数枚の切れ刃1Aと、工具本体の軸方向後端部側に形成される円柱状のシャンク部30と、回転方向に隣接する切れ刃1A、1A間に形成されたギャッシュ8、9を有する切れ刃部1を備えた4枚刃のラジラス型のセラミックス

エンドミル（以下、エンドミル（工具とも言う））４０の端面を示す。

[0043] 各切れ刃１Ａは回転軸Ｏ寄りから半径方向外周側へ向け、回転軸Ｏに面する中心刃１０ａ～１０ｆと、中心刃１０ａ～１０ｆに連続する底刃２ａ～２ｆと、底刃２ａ～２ｆから工具後端（シャンク部３０）側へ連続する外周刃１３ａ～１３ｆを有する。図面では各底刃２ａ～２ｆの半径方向外周側にコーナーＲ刃３ａ～３ｆが連続し、図４に示すように各コーナーＲ刃３ａ～３ｆから工具後端側へ各外周刃１３ａ～１３ｆが連続するラジラス型のエンドミル４０の例を示すが、エンドミル４０はコーナーＲ刃３ａ～３ｆが不在のスクウェア型の場合もある。中心刃１０ａ～１０ｆ等のｅ、ｆは切れ刃１Ａが６枚ある場合（図７～図１１）の符号であり、４枚の場合（図１～図６）の符号はａ～ｄになる。

[0044] 各外周刃１３ａ～１３ｆの回転方向後方側には図４に示すように外周刃二番面１４ａ～１４ｆが形成され、その回転方向後方側に外周刃三番面１５ａ～１５ｆが形成される。外周刃二番面１４ａ～１４ｄは半径方向外周側に向かって凸形状（エキセントリック刃形）となり、外周刃三番面１５ａ～１５ｄは半径方向外周側に向かって凹形状（コンケーブ刃形）となっていることが好ましい。外周刃二番面１４ａ～１４ｄが凸形状であることで、外周刃１３ａ～１３ｆの刃先の剛性が高められ、外周刃三番面１５ａ～１５ｄが凹形状であることで、切削時の刃先に発生する抵抗が低減し、摩耗の進行が抑制される。

[0045] 半径方向に連続する各中心刃１０ａ～１０ｆと各底刃２ａ～２ｆの回転方向後方側には、図１、図２－（ａ）に示すように各連続する中心刃１０ａ～１０ｆと底刃２ａ～２ｆに跨り、回転軸Ｏに面する位置にまで、もしくは図２－（ｂ）に示すように接近する位置にまで連続する底刃二番面（底刃逃げ面）４ａ～４ｆが形成される。各底刃二番面４ａ～４ｆとその回転方向後方に位置する各中心刃１０ａ～１０ｆとの間には、図２－（ａ）、（ｂ）に示すように回転軸Ｏ上を通り、各中心刃１０ａ～１０ｆのすくい面を兼ね、ギャッシュ８、９に連続する中心溝１０Ａ～１０Ｆが形成される。各中心刃

10a～10fは各中心溝10A～10Fの回転方向後方側に、中心溝10A～10Fの形成の結果、凸の稜線として形成される。底刃二番面4a～4fは平面の場合と曲面の場合がある。中心溝10A～10Fは回転方向前方側の底刃二番面4a～4fとの間に明確な境界を持たないこともあるが（図3－（b））、形式的に各底刃二番面4a～4fと各中心刃10a～10fとを区画する。

[0046] 各中心刃10a～10fの回転方向前方側に連続する中心溝10A～10Fの中心刃10a～10f側の面は中心刃すくい面（25d）になり、中心刃10a～10fの回転方向後方側に連続する面は中心刃二番面（中心刃逃げ面）になる。但し、中心刃10a～10fの半径方向外周側に底刃2a～2fが連続し、中心刃10a～10fと底刃2a～2fに跨って双方の回転方向後方側に底刃二番面4a～4fが形成されていることで、中心刃二番面は底刃二番面4a～4fの回転軸O寄りの一部になり、中心刃すくい面（25d）は底刃すくい面11a～11fの一部になっている。中心刃すくい面（25d）を含む底刃すくい面11a～11fは平面の場合と曲面の場合がある。

[0047] 中心溝10A～10Fの半径方向外周側と、底刃二番面4a～4fの回転軸O寄りの部分の回転方向後方側には半径方向中心寄りの底刃すくい面11a～11fと共に第1ギャッシュ8を構成する第1ギャッシュ面8a～8fが形成される。第1ギャッシュ面8a～8fの半径方向外周側には半径方向外周寄りの底刃すくい面11a～11fと共に第2ギャッシュ9を構成する第2ギャッシュ面9a～9fが連続する。

[0048] 第1ギャッシュ8は底刃すくい面11a～11fとその回転方向前方側に形成される第1ギャッシュ面8a～8fから構成され、第2ギャッシュ9は底刃すくい面11a～11fと第2ギャッシュ面9a～9fから構成される。第2ギャッシュ面9a～9f（第2ギャッシュ9）の半径方向外周側には図4に示すように、図1にRで示す工具の回転方向に隣接する外周刃13a－13b、13b－13c、13c－13d、13d－13e、13e－1

3 f 間に螺旋状に形成される切り屑排出溝となる刃溝 20 a ~ 20 f が連続する。第 1 ギャッシュ面 8 a ~ 8 f と第 2 ギャッシュ面 9 a ~ 9 f も平面の場合と曲面の場合がある。

[0049] 底刃二番面 4 a ~ 4 f の半径方向外周寄りの部分の回転方向後方側には、図 1 に示すように第 1 ギャッシュ面 8 a ~ 8 f に連続する底刃三番面 6 a ~ 6 f が連続し、底刃三番面 6 a ~ 6 f の回転方向後方側に第 2 ギャッシュ面 9 a ~ 9 f が連続する。底刃三番面 6 a ~ 6 f も平面の場合と曲面の場合がある。

[0050] エンドミル 40 がラジラス型の場合、図 1、図 4 に示すようにコーナー R 刃 3 a ~ 3 f の回転方向後方側にはコーナー R 刃二番面 5 a ~ 5 f が連続し、その回転方向後方側にコーナー R 刃三番面 7 a ~ 7 d が連続する。コーナー R 刃二番面 5 a ~ 5 f とコーナー R 刃三番面 7 a ~ 7 d の回転方向後方側には図 4 に示すように刃溝 20 a ~ 20 f が連続する。刃溝 20 a ~ 20 f は回転方向後方側において外周刃すくい面 16 a ~ 16 f と不連続な面にならないよう、例えば曲率が連続的に変化する曲面になるよう、滑らかに連続する。コーナー R 刃二番面 5 a ~ 5 f とコーナー R 刃三番面 7 a ~ 7 d も平面の場合と曲面の場合がある。

[0051] 中心刃 10 a ~ 10 f を形成する中心溝 10 A ~ 10 F は図 1、及びその拡大図である図 2 - (a) に示すように中心刃 10 a ~ 10 f と底刃 2 a ~ 2 f との連結点 F1 ~ F6 が回転軸 O を中心として回転したような形状の扇形に、または図 2 - (b) に示すように回転軸 O を通って半径方向に実質的に（ほぼ）一様な幅を持つ帯状に、または半径方向に緩やかに変化する幅を持つ帯状に形成される。扇形の場合、中心溝 10 A ~ 10 F の幅は回転軸 O から第 1 ギャッシュ 8 へかけて次第に生じ、拡大する。

[0052] 中心溝 10 A ~ 10 F は回転軸 O 方向（深さ方向）には中心溝 10 A ~ 10 F の容積を増し、中心刃 10 a ~ 10 f が切削した切り屑の排出性を確保する上で、図 3 - (a)、(b) に示すように各中心溝 10 A ~ 10 F の回転方向後方側の底刃二番面 4 a ~ 4 f から見たとき、または各中心溝 10 A

～10Fの半径方向外周側の第1ギャッシュ面8a～8fから見たとき、一定の深さを持つ溝状に形成される。中心溝10A～10Fを通り、回転軸Oに平行な断面で見たときの中心溝10A～10Fの断面形状は図3のように工具本体側が凹の曲線状（凹曲面状）に形成される場合と多角形状（凹多面体状）に形成される場合がある。

[0053] 図面では工具端面を回転軸O方向に見たときの、中心刃10a～10fの曲率と底刃2a～2fの曲率を異ならせているために、図2－（a）に示すように中心刃10a～10fと底刃2a～2fとの境界が連結点F1～F4として明確に表れているが、中心刃10a～10fの曲率と底刃2a～2fの曲率が連続的に変化するような場合、連結点F1～F4は明確に表れないこともある。図2－（b）では連結点F1～F4を示していないが、中心刃10a～10fと底刃2a～2fとの境界が表れている。中心溝10A～10Fの半径方向外周側には第1ギャッシュ8が連続するため、連結点F1～F4は中心刃10a～10f上の中心溝10A～10Fと第1ギャッシュ8の境界でもある。

[0054] 中心刃10a～10fは前記のように工具本体への中心溝10A～10Fの形成（研削）の結果として中心溝10A～10Fの回転方向後方側の凸の稜線として形成され、中心溝10A～10Fは回転軸Oを通して形成される。このため、中心刃10a～10fは回転軸Oに面して形成される、あるいは回転軸Oを通して半径方向外周側（放射方向外側）へ向かって形成される。従って中心刃10a～10fは工具の回転時に回転軸Oから半径方向外周側へかけての領域を円形状に被削材を切削することができるため、エンドミル40は回転軸O方向に走査する突っ込み加工や螺旋状に切り込むヘリカル加工に対応することが可能な能力を持っている。

[0055] なお、図2－（a）に示す中心刃10a～10fの長さLcは図4に示す工具径Dの0.01～0.3倍程度の範囲にあることが適切である。Lc<0.01Dであれば、中心刃10a～10fの長さが極端に小さくなることで、中心刃10a～10fが切削時に受ける被削材からの抵抗に対する抵抗

力（剛性）が低下する結果、中心刃 10a～10f の切削性低下によるチッピングが発生し易くなる。一方、 $L_c > 0$ 、3D であれば、切れ刃 1A に占める底刃 2a～2f の長さが短縮されることで、底刃 2a～2f の回転方向前方側に形成される底刃すくい面 11a～11f が構成する第 1 ギャッシュ 8 の回転方向の幅が狭くなり、切り屑の排出性が低下することによる。

[0056] 中心刃 10a～10f の中低勾配角（すかし角）は、図 4 に示す底刃 2a～2f の中低勾配角 α と同等、あるいは同等程度であり、 $0.5 \sim 3.0^\circ$ 程度の範囲にあることが適切である。 $\alpha < 0.5^\circ$ であれば、突っ込み加工時に底刃 2a～2f と中心刃 10a～10f が同時に被削材に接触し易いことで、エンドミル 40 自体が被削材から受ける切削抵抗が大きくなり、チッピングや欠損の発生が懸念される。一方、 $\alpha > 3.0^\circ$ になれば、被削材への底刃 2a～2f の接触から中心刃 10a～10f の接触までの時間が長くなる分、底刃 2a～2f のみが被削材を切削する時間が長くなることで、底刃 2a～2f が受ける切削抵抗が増大し、底刃 2a～2f にチッピングが発生し易くなることによる。

[0057] 図 6、図 11 に示すエンドミル 40 の外周刃すくい角 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ は $-20 \sim -12^\circ$ 程度の範囲にあることが適切である。－は外周刃すくい面 16a～16f が回転軸 O を通る半径方向の直線より回転方向後方側に傾斜していることを意味する。外周刃すくい角 $\beta 1$ 、 $\beta 2 < -20^\circ$ （すくい角 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ の絶対値が 20° より大きい）であれば、外周刃 13a～13f の切削能力が低下する傾向がある。一方、 $\beta 1$ 、 $\beta 2 > -12^\circ$ （すくい角 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ の絶対値が 12° より小さい）であれば、外周刃 13a～13f の剛性が低下し易くなるために安定した切削が困難になることによる。

[0058] 図 4、図 9 に示すエンドミル 40 のねじれ角 $\gamma 1$ 、 $\gamma 2$ は $35 \sim 55^\circ$ 程度の範囲にあることが適切であり、 $40 \sim 50^\circ$ であることがより好ましい。ねじれ角 $\gamma 1$ 、 $\gamma 2 < 35^\circ$ であれば、突っ込み加工時に各外周刃 13a～13f が回転方向に受ける切削抵抗が大きいために安定した切削加工が難しい。一方、ねじれ角 $\gamma 1$ 、 $\gamma 2 > 55^\circ$ であれば、エンドミル 40 の

軸方向の突っ込み加工やヘリカル加工によって、各外周刃 13 a ~ 13 f が被削材を引き上げる力が強くなり、安定した切削ができないことに加え、コーナ R 刃 3 a ~ 3 f の刃厚が薄くなり、刃先強度の低下によりチッピングやカケ等が発生し易くなることによる。

[0059] エンドミル 40 の心厚 D_w は突っ込み加工やヘリカル加工による切削時の安定性を確保する上で、図 6 に示すように図 4 に示す工具径 D の 60 ~ 75 %、より好ましくは 65 ~ 70 % の範囲内になるように設定される。図 6 に示すようにエンドミル 40 の回転軸 O に直交する断面を回転軸 O 方向に見たときの、外周刃すくい面 16 a ~ 16 f を含めた刃溝 20 a ~ 20 f の形状は凹曲面になっている。ここで、エンドミル 40 の工具径 D を直径とする円の面積を S としたときに、外周刃 13 a ~ 13 f の回転軸 O に直交する断面上の複数の刃溝 20 a ~ 20 f の面積の合計は 0.3 ~ 0.4 S 程度の範囲にあることが適切である。エンドミル 40 の回転軸 O に直交する断面上のエンドミル 40 の面積 S に対する刃溝 20 a ~ 20 f の面積の合計は刃溝 20 a ~ 20 f を通じた切り屑の排出性の良否を示す指標になる。

[0060] 刃溝 20 a ~ 20 f の面積の合計が 0.3 S 未満であれば、切り屑の排出性が低下し易くなるため、エンドミル 40 に折損が生じ易くなり、0.4 S 超であれば、最適な刃物角を維持することが難しくなり、エンドミル 40 の剛性が極端に低下するため、エンドミル 40 の折損の可能性が高まる。これらの点から、刃溝 20 a ~ 20 f の面積の合計が 0.3 ~ 0.4 S 程度の範囲にあれば、広い刃溝 20 a ~ 20 f の領域による良好な切り屑排出性が確保されることになる。

[0061] 切削工具で一般的に広く用いられている超硬工具製エンドミルを用い、切削速度 V_c が 300 m/min を超える、特に 500 m/min を超えるような超高速で難削材を切削加工した場合、過大な切削負荷によりエンドミルに折損が発生する可能性が高い。これに対し、本発明では前記のようにエンドミル 40 の母材が特に窒化ケイ素系セラミックスで構成されているため、60 ~ 75 % の心厚でありながらも、超高速切削加工を行っても、高い耐熱

性により長時間にわたって工具の損傷を小さく押さえ、折損を起こさずに切削を継続することが可能である。この結果、仮に切れ刃 1 A に摩耗が生じて、摩耗後の切れ刃 1 A、特に底刃 2 a～2 f からコーナー R 刃 3 a～3 f にかけての区間が継続して切れ刃として機能できることになる。

[0062] なお、本発明のエンドミル 4 0、6 0 では、切れ刃 1 A の刃先稜線部に処理を施して微小な曲率を持たせることで、刃先強度を向上させ、切削寿命を伸ばすことができる。その場合、底刃 2 a～2 f の刃先稜線の曲率半径は外周刃 1 3 a～1 3 f の刃先稜線の曲率半径よりも小さいことが好ましく、底刃 2 a～2 f の刃先稜線の曲率半径は $1.0\ \mu\text{m}$ ～ $4.0\ \mu\text{m}$ 、外周刃 1 3 a～1 3 f の刃先稜線の曲率半径は $4.5\ \mu\text{m}$ ～ $15.0\ \mu\text{m}$ であることがより好ましい。上記の効果によって、周速が速く、切削時の負荷が大きい外周刃 1 3 a～1 3 f の刃先強度を向上させると同時に、周速が遅い底刃 2 a～2 f の切削性を高めることが可能である。

[0063] 図 7～図 11 は 6 枚刃のラジラス型のエンドミル 6 0 の製作例を示す。6 枚刃の場合の各切れ刃 1 A の構成と、各切れ刃 1 A の回転方向前方側に連続する各すくい面と回転方向後方側に連続する各逃げ面の構成は原則として 4 枚刃の場合と変わりはない。図 7～図 11 ではコーナー R 刃二番面 5 a～5 f の回転方向後方側に刃溝 2 0 a～2 0 f が形成されているが、この刃溝 2 0 a～2 0 f はコーナー R 刃三番面 7 a～7 d を兼ねている。

[0064] (実施例)

以下、上記要件を備えた本発明の実施例 1 としてのエンドミル 6 0 と、本発明の要件を備えない比較例 1、2 のエンドミルを被削材の側面加工に使用した場合の結果を表 1 に対比して示す。本発明のエンドミル 6 0 の母材は SiAlON 系のセラミックスであるのに対し、比較例 1、2 のエンドミルの母材は超硬合金であり、工具表面にハードコーティングを施している点で、本発明例 1 と比較例 1、2 は相違する。比較例 2 は、切削温度が高温にならないように切削速度 V_c を遅く設定している点で本発明例 1 及び比較例 1 と相違する。また本発明例 1 のエンドミル 6 0 と比較例 1 のエンドミルは同様

の加工条件で切削を行い、比較例 2 の加工条件は一般的な超硬ラジアスエンドミルにおける Ni 基耐熱合金の側面切削条件を採用した。

[0065] [表1]

	本発明例 1	比較例 1	比較例 2
工具材質	セラミックス	超硬合金	
被削材	Ni基耐熱合金		
工具径[mm]	φ10		
刃数	6枚刃		
回転数[min^{-1}]	20000	20000	2548
切削速度[m/min]	828	828	80
送り速度[mm/min]	3800	3800	811
1刃送り[mm/t]	0.03	0.03	0.04
軸方向切り込み量[mm]	7	7	6
径方向切り込み量[mm]	0.3	0.3	0.5
切り屑排出量Q[cc/min]	7.56	7.56	1.83
寿命距離[m]	25	0.2	5
総切り屑排出量Qt[cc]	53	0.4	15
寿命までの加工時間[min]	7	0.056	8.2

[0066] 表 1 より、本発明例 1 のエンドミル 60 は 25 m まで折損が発生せず、7 分の短時間で Ni 基耐熱合金を切削加工することができたことが分かる（寿命距離、加工時間）。これに対して比較例 1 のエンドミルは切削開始後、直ぐに工具が大きく欠損したため（0.2 m）、切削加工を中断せざるを得なかった。また比較例 2 の条件では、寿命までの加工時間は本発明例 1 よりも 1.17 倍程長い（8.2 分）、本発明例 1 の寿命距離の $1/5$ である 5 m までしか加工できず、切り屑排出量も本発明例 1 の $1/3.5$ （28%）程度に留まった。

[0067] 比較例 1 のエンドミルが欠損した理由としては、超高速切削により切削温

度が急上昇し、コーティング及び超硬母材の耐熱温度を大きく超えたために、コーティングが剥離し、露出した超硬母材の摩耗が急速に進行したことが考えられる。比較例2では比較例1より切削速度を遅く設定していたため（ $1/7.85$ （ 12.7% ））、切削温度を比較例1よりも低温に抑えることができたものの、Ni基耐熱合金（被削材）の軟化領域は約 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上の高温であるため、比較例2の条件に従えば、被削材の切削温度を前記軟化領域まで高くすることができない。結果として、被削材を軟化領域に到達しない切削温度で切削したために、刃先摩耗が進行し、早期にチッピングが発生したと考えられる。

[0068] 本発明のエンドミルは母材がセラミックスであることで、比較例1、2との対比では、高い耐熱性を有している。この性質によって切削温度をNi基耐熱合金の軟化領域である $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上まで高めた状態で超高速切削を行うことが可能であるため、刃先の摩耗が抑制され、チッピングの発生が回避されていると考えられる。

符号の説明

[0069] 1……切れ刃部、1A……切れ刃、
 2a～2f……底刃、3a～3f……コーナーR刃、
 4a～4f……底刃二番面、5a～5f……コーナーR刃二番面、6a～6f……底刃三番面、7a～7d……コーナーR刃三番面、
 8……第1ギャッシュ、8a～8f……第1ギャッシュ面、
 9……第2ギャッシュ、9a～9f……第2ギャッシュ面、
 10……中心刃部、10a～10f……中心刃、10A～10F……中心溝、
 11a～11f……底刃すくい面、12a～12f……コーナーR刃すくい面、
 13a～13f……外周刃、
 14a～14f……外周刃二番面、15a～15f……外周刃三番面、
 16a～16f……外周刃すくい面、

20 a ~ 20 f刃溝、
30シャンク部、
404枚刃ラジラスエンドミル、
606枚刃ラジラスエンドミル、
Wc中心溝の幅、
D工具径、Dw心厚、
F1 ~ F6中心刃と底刃との連結点、
O回転軸、
 α 中低勾配角、
 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 外周刃すくい角、
 $\gamma 1$ 、 $\gamma 2$ ねじれ角。

請求の範囲

- [請求項1] 工具本体の軸方向先端部側に、回転方向に間隔を置いて配列した複数枚の切れ刃と、回転方向に隣接する前記切れ刃間に形成されたギャッシュを有する切れ刃部を備えたセラミックスエンドミルであり、
- 前記各切れ刃は回転軸寄りから半径方向外周側へ向け、前記回転軸に面する中心刃と、この中心刃に連続する底刃と、この底刃から工具後端側へ連続する外周刃を有し、
- 半径方向に連続する前記各中心刃と前記各底刃の回転方向後方側に、これらの両刃に跨って形成された底刃二番面が前記回転軸に面する位置、もしくは接近する位置にまで連続し、前記各底刃二番面とその回転方向後方側に位置する前記各中心刃との間に、前記回転軸上を通り、前記各中心刃のすくい面を兼ね、前記ギャッシュに連続する中心溝が形成されていることを特徴とするセラミックスエンドミル。
- [請求項2] 前記切れ刃部の端面を前記回転軸方向に見たとき、前記中心溝は前記回転軸から前記ギャッシュにかけて一様な幅、もしくは緩やかに変化する幅を持つ帯状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載のセラミックスエンドミル。
- [請求項3] 前記各底刃の半径方向外周側にコーナーR刃が連続し、この各コーナーR刃から前記工具後端側へ各外周刃が連続することを特徴とする請求項1、もしくは請求項2に記載のセラミックスエンドミル。
- [請求項4] 前記底刃に中低勾配角が付いていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のセラミックスエンドミル。
- [請求項5] 前記エンドミルの母材はS i A I O Nであることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のセラミックスエンドミル。
- [請求項6] 請求項1乃至請求項5のいずれかに記載のセラミックスエンドミルを用いて難削材を切削する方法であり、前記セラミックスエンドミルを500～1200m/minの切削速度Vcで回転させながら、前記難削材を切削することを特徴とする難削材の切削方法。