

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-280051

(P2010-280051A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(51) Int.Cl.

B23C 5/10 (2006.01)
B23C 5/16 (2006.01)

F 1

B 2 3 C 5/10
B 2 3 C 5/16

Z

テーマコード(参考)

3 C 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 11 書面 (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2009-149128 (P2009-149128)

(22) 出願日

平成21年6月3日 (2009.6.3)

(71) 出願人 000233066

日立ツール株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 前田 勝俊

滋賀県野洲市三上35-2 日立ツール株式会社野洲工場内

F ターム(参考) 3C022 KK01 KK25

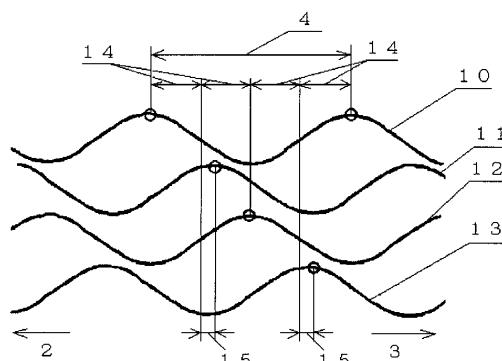
(54) 【発明の名称】硬質皮膜被覆エンドミル

(57) 【要約】

【課題】エンドミルが超硬合金製であって、金型加工や部品加工の高能率加工において安定した切削を行うと共に、製造コストを含めて容易に工具製造や工具の再研磨が行えること、及び、切削抵抗の分散を十分に行えることでびびり振動を抑制し、許容回転数を高速に設定できる長寿命の硬質皮膜被覆エンドミルを提供する。

【解決手段】工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃またはニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチまたはニックのピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチまたはニックのピッチの0%を含まない15%以下の幅で工具軸方向にずれており、前記外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 2】

工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの1%乃至3%の幅で工具軸方向にずれており、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 3】

工具の刃数が3枚以上で、外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、隣接する各波形状外周刃のうち少なくとも1組の前記波形状外周刃は位相のずれ量が無く、その他の組の前記波形状外周刃は互いに位相のずれ量が不均等で、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 4】

工具の外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃のニック付き外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、ニックのピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記ニックのピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記ニック付き外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 5】

工具の刃数が3枚以上で、外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、隣接する各ニック付き外周刃のうち少なくとも1組の前記ニック付き外周刃は位相のずれ量が無く、その他の組の前記ニック付き外周刃は互いに位相のずれ量が不均等で、前記ニック付き外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 6】

被削対象材として、構造用鋼、構造用合金鋼、冷間ダイス鋼、熱間ダイス鋼、ステンレス鋼、チタン合金及び超耐熱合金を切削する超硬合金製エンドミルであって、前記超硬合金製エンドミルの外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有するエンドミルにおいて、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 7】

被削対象材として、構造用鋼、構造用合金鋼、冷間ダイス鋼、熱間ダイス鋼、ステンレス鋼、チタン合金及び超耐熱合金を切削する超硬合金製エンドミルであって、前記超硬合金製エンドミルの外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニックを有するエンドミルにおいて、ある外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃のニック付き外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、ニックのピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記ニックのピッチの0%を含まない5%

10

20

30

40

50

%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記ニック付き外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 8】

外周刃に被覆される硬質皮膜は、外周刃表面側に接する硬質皮膜の最下層と硬質皮膜の最上層からなるか、実質的に前記最下層の組成と前記最上層の組成の繰り返しで積層された複合層からなるか、または、前記最下層と最上層の間に少なくとも一層以上の中間層を含む複合層でなり、前記最上層は前記最下層と比較して相対的に耐酸化性と耐摩耗性が大きいことを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れかに記載の硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 9】

外周刃に被覆される硬質皮膜は、外周刃表面側に接する硬質皮膜の最下層と硬質皮膜の最上層からなるか、実質的に最下層の組成と最上層の組成の繰り返しで積層された複合層からなるか、または、前記最下層と最上層の間に少なくとも一層以上の中間層を含む複合層でなり、硬質皮膜の最下層の組成が金属元素としてTiとAlを主成分とし含有し、前記金属元素の窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物の何れかであり、硬質皮膜の最上層の組成が、金属元素としてTiとSiを主成分として含有し、前記金属元素の窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物の何れかから成ることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れかに記載の硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 10】

外周刃に被覆される硬質皮膜は、外周刃の表面に接する硬質皮膜の最下層と硬質皮膜の最上層、および前記最下層と最上層の間に存在する少なくとも一層以上の中間層を含む複合層からなり、前記硬質皮膜の最下層の組成は金属元素がAl、Cr、Ti、Siから選択される1種以上の窒化物であり、中間層はAl、Cr、Ti、Siから選択される1種以上の金属元素とN、B、C、Oから選択される1種以上の元素との化合物であり、硬質皮膜の最上層は金属元素がTi、Siから選択される1種以上の金属元素とN、S、C、Bから選択される1種以上の元素との化合物からなることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れかに記載の硬質皮膜被覆エンドミル。

【請求項 11】

外周刃に被覆される硬質皮膜は、外周刃の表面に接する皮膜の最下層から、皮膜の最上層まで実質的に最下層の組成と最上層の組成の繰り返しで積層された複合層、または、前記最下層と最上層の間に少なくとも一層以上の中間層を含む複合層でなり、硬質皮膜の窒素系TiAl化合物を($Ti \times Al_1 - xN$)で表わすときに、最下層の硬質皮膜も最上層の硬質皮膜も($Ti \times Al_1 - xN$)の組成から成り、TiとAlの割合は、最下層の硬質皮膜はチタンリッチの0.5 < x < 1であり、最上層の硬質皮膜はアルミニウムリッチの0.5 < x < 0.5である多層硬質皮膜であることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れかに記載の硬質皮膜被覆エンドミル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荒切削を主体として、中仕上げ切削まで用いられる超硬合金製エンドミルに関し、特に高速荒切削にも十分耐えうる硬質皮膜被覆エンドミルに関する。

【背景技術】

【0002】

本発明が主たる目的として対象とする荒切削用や中仕上げ切削用の従来の一般的なエンドミルは、外周刃に波形状を有し、この波形状外周刃は、各刃で削り残しが出ないように工具軸方向に等間隔で位相がずれている。このような従来の波形状の外周刃を有するエンドミルは、普通刃エンドミルと比較して、切り屑を分断しやすく切削抵抗を低減して加工ができるため、工具径方向の切り込み量を大きくでき、高能率加工が可能である。その反面、波形状を有するエンドミルは、加工面は普通刃エンドミルより粗くなるため、荒加工で用いることが多い。

【0003】

10

20

30

40

50

切り込み量を大きくして高速回転切削で高能率加工を行う荒加工用のエンドミルの問題点は、びびり振動である。例えば、エンドミルの軸心から外周面の周方向に隣接する2枚の切れ刃までの線分で挟まれる分割角が切れ刃ごとに等しい等分割エンドミルは、製造が極めて容易であるメリットがあるが、切削加工中に共振が起り、びびり振動が生じやすい。この対策として、製造上は費用と時間がかかるが、不等分割エンドミルが提案されている。

その内、刃数が偶数である不等分割エンドミルは、隣接する切れ刃間では不等分割角であっても、エンドミルの回転軸に回転対称の位置では分割角が一致し、この部分での振動が共鳴する。そこで、刃数を奇数にして、互いに異なる分割角を設けることで切削抵抗を分散切れ刃の分割角を異なるようにして、切削力の周期を一定にしないようにした不等分割エンドミルが特許文献1（特開2000-714号公報）のように提案されている。

【0004】

特許文献2には、その実施例から明らかなように、互いに隣接する各外周刃間における位相のずれ量を不均等にすることにより、各外周刃の切り込み断面形状や断面積を不均等とする作用から、不等分割同様にびびり振動を抑制し、工具寿命向上や高能率加工が可能となることが記載されている。ただし、外周刃間の位相のずれ量を不均一にすることは各刃の切り込みが不均一になり、切れ刃のチッピングや折損の危険性が高まる。したがって、不均一な位相のずれ量を適用することは、いままでは特許文献2の実施例からも明らかに高速度工具鋼エンドミルにとどまる。

【0005】

特許文献3には、ラフィング切れ刃にて構成されている外周刃の波形状のピッチが、波形状の凹凸の偶数周期を1周期として正弦曲線状に増減させられるとともに、そのピッチの増減に連動して深さおよび曲率半径、もそれぞれ波形状の凹凸が1周期毎に変化させられているため、その増減により軸方向各部の切削態様が変化して共振周波数がずれ、工具全体として共振が軽減されてびびり振動が抑制されている。

【0006】

また、超硬合金製エンドミルの性能と寿命向上のために種々の硬質皮膜が開発され、本出願人の提案した特許文献4なども実用化されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2000-714号公報

【特許文献2】特開平01-127214号公報

【特許文献3】特開2002-233910号公報

【特許文献4】特開2000-334606号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、高能率加工への要求は一段と強く、荒加工においても高速機の普及と共に高速切削による高送り加工が注目されている。しかしながら、高速切削は、切削速度を大きくすること、すなわち回転数を高く設定し、高能率加工を行う方法であるが、エンドミルを用いて切り込み量を大きくし、回転数も高く設定するとびびり振動が発生し、工具の寿命を短くするだけでなく、工具の欠損や折損を発生させる原因となっていた。

【0009】

エンドミルにおけるびびり振動を抑制する技術として、従来技術で説明したように等分割に代わって不等分割による切削工具が提案されている。不等分割を適用したエンドミルは上手な形状設計をすれば、一定のびびり振動を抑制する効果があるが、切れ刃が不均一に並んでいることから工具製造が困難であり、製造コストが高くなる。さらにエンドミルの再研磨時にも各刃の分割角が異なるため、研削する際の位置あわせ等で問題になることが多かった。また、不等分割エンドミルは、形状的に刃溝が不均一になることを意味し、

10

20

30

40

50

切り屑排出性が不均一になりやすく切り屑の排出性が悪いため、異常摩耗や欠けなどの問題があった。この問題は最近のさらなる切削の高速化を行なう高速切削に伴って多量に排出される切り屑の処理には特に重要な問題になる。

【0010】

また、特許文献2のように、互いに隣接する各外周刃間における位相のずれ量を不均等にすることにより、各外周刃の切り込み断面形状や断面積を不均等とする作用から、びびり振動を抑制することが提案されている。しかし、外周刃間の位相のずれ量を不均一にすることは各刃の切り込みが不均一になり、切れ刃のチッピングや折損の危険性が高まるので、靭性が相対的に小さい超硬合金などでは、むやみに位相のずれ量を不均一にすることはできない。特に最近の被削材は調質鋼や焼入・焼き戻しされた少なくともHRC40前後以上の高硬度鋼を対象として、その荒切削を高速で行いたいというニーズが圧倒的であり、特許文献2が提案された時代のような相対的に靭性のある高速度工具鋼エンドミルにとどまることはできない。すなわち、エンドミルとしての材質は超硬合金が必須であり、超硬合金を切削工具として使用することを前提に、外周刃の設計や最適な表面処理を考えなければならない。

10

【0011】

本発明者は、超硬合金をエンドミルに適用するときの位相のずれ量の最適化を図り、特にびびり振動を抑制することで高能率のエンドミル加工を達成することを目的として、従来のラフィングエンドミルとは概念の異なる新規な波形状外周刃またはニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルを特許出願として提案した。この提案による発明は、従来の不等分割エンドミルや、高速度工具鋼製エンドミルよりもはるかに多い切り屑が排出され、それだけ高速切削が可能である。しかし、高速加工に伴って、超硬合金製エンドミルでは外周刃先のチッピング、折損が大きくなることは避けられない。

20

【0012】

エンドミルの外周刃の形状を最適化することでその対応はできるが、切削の高速化に伴うエンドミルの耐酸化性、耐摩耗性の過酷さが増す観点からは、さらにその対策が必要である。本発明は、前述の特許出願のエンドミルとしての新規な形状で、主として荒加工用としての超硬合金製エンドミルでの実用加工を進めるうちに、高速加工に特有の外周刃先の酸化と摩耗が著しく大きくなる現象に着目して、その対策としてなし得た発明である。すなわち本発明は、新規な波形状外周刃またはニック付き外周刃の形状を有しながら、高速加工に耐えうる硬質皮膜が前記の形状として特長のある外周刃上に積層された硬質皮膜被覆エンドミルを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミル（以下、本発明エンドミルともいう）の特徴は、工具の材質が超硬合金製であること、外周刃形状が新規な形状であること、外周刃には特定の硬質皮膜が被覆されていることからなる。本発明は、従来よりも大きい単位時間当たりの切り屑排出量を達成できる高速切削用として、硬質皮膜被覆エンドミルを採用し、外周刃は刃先の配列は、切り屑の排出とエンドミルの生産性の点で大きな優位性を持つ等分割エンドミルを採用し、波形状外周刃またはニック付き外周刃の軸方向への外周刃の相互の位相のずれを最適化することで、高速切削に耐え、且つ、びびり振動を最小にする外周刃の位相ずれ条件を種々検討した。その結果、本発明エンドミルの形状面での特徴は、ある波形状外周刃の山部やニック付き外周刃の外周刃とニックの交点を基準にしたときに、他の波形状外周刃の山部やニック付き外周刃のニックの交点は工具の軸方向に特定の範囲内で位相がずれて配列されていることを特徴としている。本発明の複数外周刃の軸方向への最適な位相のずれ量をどれくらいの量で設定するかは、脆性材料である超硬合金製エンドミルを高速加工用に適用する上で最も重要な要素の一つであり、前記の位相のずれ量を適正に設けなければ、いくら位相のずれを設けた形状にしても高速加工用に耐えうる超硬合金製エンドミルを実用化することはできない。

40

【0014】

50

さらに、本発明の特徴は、前記の形状の特徴に加えて、主にHRC40程度以上の高硬度材を被削材として切削することを前提に、前記波形状外周刃またはニック付き外周刃には高速加工で必要な耐酸化性、耐摩耗性を備えた硬質皮膜を外周刃上に被覆されていることを特徴としている。

【0015】

すなわち本発明は、工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。

10

【0016】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルは、工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルであって、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの1%乃至3%の幅で工具軸方向にずれていることが望ましく、前記波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されている。前記の位相のずれ量が波ピッチの1%乃至3%の幅であり、多くてもせいぜい5%までとすることは、硬質皮膜被覆エンドミルであっても、折損やチッピングが生じないで安定して硬質皮膜の特性を寿命まで生かしきるという意味で重要な発明の構成要件である。本発明では位相のずれ量は小さいが、この形状が脆性材料である超硬合金製エンドミルを用いてもびびり振動を最小にする重要なことであり、さらに外周刃に最適な硬質皮膜を被覆することによって超硬合金製の工具の寿命を全うするまで耐酸化性と耐摩耗性を安定して確保できるという相乗効果が得られるのである。位相のずれ量が前記波ピッチの5%を超えると、超硬合金製エンドミルとしても、あるいは硬質皮膜を切れ刃に被覆してもチッピングなどで早期に工具が損傷し、使用に耐えない。

20

【0017】

本発明の他の発明に係るエンドミルは、工具の刃数が3枚以上で、外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す波形状外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、隣接する各波形状外周刃のうち少なくとも1組の前記波形状外周刃は位相のずれ量が無く、他の組の前記波形状外周刃は互いに位相のずれ量が不均等であり、前記外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。

30

【0018】

また、本発明エンドミルは、工具の外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、ある外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃のニック付き外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、ニックのピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記ニックのピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれており、前記外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。この場合にも、ニック付き外周刃の位相のずれ量はニックのピッチの1%乃至3%であることが望ましい。この場合にも、位相のずれ量が前記ニックのピッチの5%を超えると、超硬合金製エンドミルとしても、あるいは硬質皮膜を切れ刃に被覆してもチッピングなどで早期に工具が損傷し、使用に耐えない。

40

【0019】

本発明の他の発明に係るエンドミルは、工具の刃数が3枚以上で、外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニック付き外周刃を有する超硬合金製エンドミルにおいて、隣接する各ニック付き外周刃のうち少なくとも1組の前記ニック付き外周刃は位相のずれ量が無く、他の組の前記ニック付き外周刃は互いに位相のずれ量が不均等であり、前記ニック付き外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルであ

50

る。

【0020】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルは、その主たる被削対象材は、構造用鋼、構造用合金鋼、冷間ダイス鋼、熱間ダイス鋼、ステンレス鋼、チタン合金及び超耐熱合金を切削する超硬合金製エンドミルであって、前記超硬合金製エンドミルの外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有するエンドミルにおいて、ある波形状外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの0%を含まない5%以下の幅で工具軸方向にずれており、波形状外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。前記の被削対象材は硬さは問わないが、たとえHRC40程度以上の調質材、または焼入材であっても構わない。

10

【0021】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルは、被削対象材として、構造用鋼、構造用合金鋼、冷間ダイス鋼、熱間ダイス鋼、ステンレス鋼、チタン合金及び超耐熱合金を切削する超硬合金製エンドミルであって、前記超硬合金製エンドミルの外周刃の径方向に切り屑分断させる複数のニック付き外周刃を有するエンドミルにおいて、ある外周刃を基準形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃のニック付き外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、ニックのピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記ニックのピッチの0%を含まない5%以下の幅で工具軸方向にずれており、前記外周刃には硬質皮膜が被覆されていることを特徴とする硬質皮膜被覆エンドミルである。ニック付き外周刃の場合にも、前記の被削対象材は硬さは問わないが、たとえHRC40程度以上の調質材、または焼入材であっても構わない。

20

【0022】

本発明は、山部と谷部をなめらかに繋いだ複数の波形状外周刃、または複数のニックを有する超硬合金製エンドミルにおいて、各波形状外周刃または複数のニックの工具軸方向への位相のずれ量が波ピッチやニックのピッチの5%以下の幅で一定でないため、各切れ刃の切削量が僅かに異なる。一般的なエンドミルでは、切削時の回転数に刃数を掛けた周期で切削力が掛かり、この周期の周波数で共振が起こりびびり振動につながる。特に高速切削においては共振が生じやすく、びびり振動が大きくなる。本発明を適用すると、各切れ刃の切削量が僅かずつ異なるため、切削力の周期が一定にならずに、高速切削を行っても切削負荷が安定し、かつ、びびり振動を抑制することが出来る。ここで、位相のずれ量を波ピッチ量またはニックのピッチの5%以下としたのは、特に超硬合金では最も配慮すべき条件であり、このずれ量が大きくなると各切れ刃の切削量が異なるため、切削量の大きい切れ刃は負荷が大きくなつて高速度鋼製のエンドミルでは見られなかつたチッピングなど工具の損傷が早く、エンドミル全体としての寿命が短くなるためである。この点から、前記位相のずれ量はさらに小さくして、波ピッチ量またはニックのピッチの1%乃至3%が望ましい。これらの条件が、位相のずれを有する外周刃で硬質皮膜被覆エンドミルを実用化するために形状面からの最大のポイントであり、位相のずれを利用してびびり振動をなくした硬質皮膜を被覆した硬質皮膜被覆エンドミルを実用化するための必須の条件である。

30

【0023】

次に、本発明の硬質皮膜について説明する。本発明における硬質皮膜は、皮膜の構造的には、少なくとも外周刃表面側に接する硬質皮膜の最下層と、硬質皮膜の最上層であるか、実質的に前記最下層の組成と前記最上層の組成の繰り返しで積層された複合層であるか、または、前記最下層と最上層の間に一層または2層以上の中間層を含む複合層から成る硬質皮膜であり、特に望ましくは、前記最上層は前記最下層と比較して相対的に耐酸化性と耐摩耗性が大きい硬質皮膜とするのがよい。ここでいう「実質的に」とは、最下層と最上層の層間ではそれぞれの組成の拡散層があり、組成的に少々のずれの部分があつても良いということである。前記の拡散層の厚みが多くなり、拡散層のある元素の割合が最下層

40

50

や最上層の組成から 50 % 以上も外れてくれば、もはや拡散層の概念を外れ、本発明でいう中間層の一つの形態という定義に相当する。

【発明の効果】

【0024】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルは、硬質皮膜を有する個々の外周刃が超硬合金からなり、該外周刃はエンドミル軸方向へ特定の位相のずれ量をもって波形状かニック形状で配設されているので、高速切削しても切削抵抗が分散されてびびり振動を抑制して欠損やチッピングの突発事故を防止でき、かつ、過酷な高速切削に伴う酸化と摩耗を防止するという硬質皮膜の効果で、トータルのエンドミルの特性向上で高速かつ長寿命の加工を達成できる。

具体的には、工具軸方向への位相のずれがない従来のエンドミルと比較して、本発明エンドミルの切削速度を周速 200 m / min を超える条件も可能であり、このような高能率加工の効果は、エンドミルの新規な形状と硬質皮膜被覆の効果の相乗効果による。

本発明によれば、従来の高速度工具鋼製に比較して、工具の寿命延長は期待できるが脆性材料で欠損の危険性の高い超硬合金製エンドミルの切れ刃のチッピングや折損が防止でき、長寿命に加工が行える硬質皮膜被覆エンドミルを提供することができる。

さらに、本発明エンドミルの製造時のメリットとしては、不等分割ではないため通常のエンドミルと同じように製造できるので、製造コストも抑えて容易に硬質皮膜被覆エンドミルの製造が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の一実施例を示す硬質皮膜被覆エンドミルの全体概観図である。

【図 2】図 1 の外周刃 A - A' 断面の拡大図であり、(a) は波形状外周刃の拡大図を示し、(b) はニック付き外周刃としたときのニック付き外周刃の拡大図を示す。

【図 3】従来の位相のずれの無いエンドミルの波形状外周刃の位相とピッチを示す展開図である。

【図 4】本発明硬質皮膜被覆エンドミルの波形状外周刃の位相とピッチを示す展開図である。

【図 5】本発明の一実施例を示し、隣接する波形状外周刃のうち 1 組の前記波形状外周刃は位相のずれ量が無く、1 刃に位相のずれ量があることを示す展開図である。

【図 6】従来の位相のずれの無いエンドミルのニック付き外周刃の位相とニックのピッチを示す展開図である。

【図 7】本発明硬質皮膜被覆エンドミルのニック付き外周刃の位相とニックのピッチを示す展開図である。

【図 8】本発明の一実施例を示し、隣接するニック付き外周刃のうち 1 組の前記ニック付き外周刃は位相のずれ量が無く、1 刃に位相のずれ量があることを示す展開図である。

【図 9】従来のエンドミルの位相を等間隔にした場合の切削抵抗図を示す。

【図 10】従来のエンドミルに不等分割を採用した場合の切削抵抗図を示す。

【図 11】本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの切削抵抗図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明を実施するための形態を図 1 ~ 8 に基づいて説明する。図 1 は本発明の一実施例を示し、超硬合金製である硬質皮膜被覆エンドミルの全体概観図である。図 1 は、工具径 D で刃数が 4 枚の波形状外周刃 1 を有する例である。前記外周刃には工具先端側 2 からシャンク側 3 に向かって波形状外周刃が設けられ、その上部には硬質皮膜が被覆されている。前記刃数は、2 枚以上であれば、位相をずらすことが可能であるため刃数は必要に応じて変え得る。例えば、アルミニウムなどの切削は切り屑排出が多いため刃数は 2 枚程度とし、切り屑排出用のチップポケットを大きめに設定し、また、高硬度材の切削は刃数を 8 枚まで増やし、高送りに対応することができる。

【0027】

10

20

30

40

50

図2は図1の外周刃A-A'断面の拡大図である。図2(a)は波形状外周刃の拡大図を示す。通常波形状刃形は図2のように波ピッチ4ごとに波高さ5の山部6と谷部7を繰り返した刃形であり、切り屑を細かく分断できる刃形となる。図2(b)はニック付き外周刃としたときのニック付き外周刃の拡大図を示す。ニック付き刃形においてもニックのピッチ8毎にニックの深さ9の溝が入った形状を繰り返し、切り屑を分断出来る刃形となる。切り屑を分断することにより切削抵抗を抑制出来る効果がある。ここで、図2の斜線部は断面を示す。本発明では前記ニック付き外周刃でも表面には硬質皮膜が被覆されている。

【0028】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルと従来のエンドミルの波形状外周刃の位相と波ピッチを比較するために図3～図5を用いて説明をする。

図3は従来の位相のずれの無いエンドミルの波形状外周刃の位相とピッチを示す展開図、図4は本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの波形状外周刃の位相とピッチを示す展開図、図5は、本発明の一実施例を示し、隣接する波形状外周刃のうち1組の前記波形状外周刃は位相のずれ量が無く、1刃に位相のずれ量があることを示す展開図である。尚、図3～図5では図2(a)で示す山部6の位置を丸印で示している。

【0029】

図3のように、従来のエンドミルでは図の一番上に示される第1波形状外周刃を基準形状外周刃10として、基準形状外周刃10の山部6から次の山部6までの波ピッチ4(ニック付きの場合は外周刃とニックの交点から次の外周刃とニックの交点までをニックのピッチ8とする。)を4等分したそれぞれの位相14(言い換えれば、基準形状外周刃10の1/4ピッチごと)に、連続して次の第2波形状外周刃11、第3波形状外周刃12及び第4波形状外周刃13の山部6が来るよう等間隔に波形状外周刃がそれぞれ配置されている。このような配置は波形状外周刃の山部6の位相14が一定であり、エンドミルによって切削される被加工材の切削量は各波形状外周刃で同一となる。各刃で切削される被加工材の切削量が同一であれば、従来技術で説明した等分割エンドミルと同様に、加工中に共振が起り、びびり振動が生じやすい。

【0030】

これに対して、本発明では図4に示すように、基準形状外周刃10の次に配置される第2波形状外周刃11と第4波形状外周刃13の山部6の位置は、基準形状外周刃10の波ピッチ4を4等分した位相14から工具軸方向へずれ量15だけずれて配列されている。そして、基準形状外周刃10以外の波形状外周刃の位相14のずれ量15は、少なくとも1刃が基準形状外周刃10の波ピッチ4を4等分したそれぞれの位相14を基準にして、基準形状外周刃10の波ピッチ4の0%を含まない5%以内の範囲の幅で工具軸方向へ配設されている。図4の本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの一例として、基準形状外周刃10の波ピッチ4を1mmとし4枚の刃数で割った値で等間隔に並んだそれぞれの波形状外周刃の位相14のずれ量15は、第2波形状外周刃11は波ピッチ4の2%である0.02mm、第3波形状外周刃12では0mm、第4波形状外周刃13では波ピッチ4の2%である0.02mmの位相のずれがある。ここでずれ量15はプラスをシャンク側方向3とし、マイナスを工具先端方向2とする。

【0031】

また、本発明では図5に示すように、基準形状外周刃10の次に配置される第2波形状外周刃11の山部6の位置は、基準形状外周刃10の波ピッチ4を4等分した位相14から工具軸方向へずれ量15だけずれて配列され、隣接する第3波形状外周刃12と第4波形状外周刃13の位相のずれ量が無いように配列されている。そして、基準形状外周刃10以外の波形状外周刃の位相14のずれ量15は、少なくとも1刃が基準形状外周刃10の波ピッチ4を4等分したそれぞれの位相14を基準にして、基準形状外周刃10の波ピッチ4の0%を含まない5%以内の範囲の幅で工具軸方向へ配設されている。

【0032】

1刃だけがずれ量を有する例として、小径エンドミルでの溝加工の場合切屑排出の確保

10

20

30

40

50

のため刃数が奇数となる3枚刃を用いることが多く、この場合、特許文献2の仕様では、互いの隣接する外周刃の位相のずれ量はすべて異ならざることとなるが、本発明のうち、請求項3に記載の発明を用いれば、1刃だけの位相のずれ量を異ならざることでよい。さらに、刃数が奇数となる5枚刃の場合においても、前記特許文献2の仕様では、基準形状外周刃10からの位相のずれ量は2つの種類が必要となる。しかしながら、請求項3に記載の本発明では1つの種類の位相のずれ量だけでも、びびり振動の抑制と共に、高速切削による高能率加工が可能となり、前記特許文献2に記載のエンドミルの仕様よりさらに長寿命な加工が行える。このことは、後で述べる実施例においても確認している。

【0033】

本発明の硬質皮膜被覆エンドミルでは、上記で述べたように波形状外周刃の山部の位置にずれ量があると、エンドミルで被加工材を切削する各刃の切削量は不均一になり、びびり振動抑制効果が発揮される。図9～図11を用いて、従来の位相のずれの無いエンドミルと本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの切削抵抗を測定し、びびり振動を比較した説明をする。図9は従来のエンドミルの位相を等間隔にした場合の切削抵抗図を示す。図10は従来のエンドミルに不等分割を採用した場合の切削抵抗図を示す。図11は本発明の波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から、本発明の望ましい範囲である前記波ピッチ4の2%のずれ量で工具軸方向にずらした硬質皮膜被覆エンドミルで切削した切削抵抗図を示す。

被加工材は構造用鋼を用い、測定に使用したエンドミルは工具径Dが8mmで、4枚刃の超硬合金製とし、硬質皮膜は最下層をTiAlNとして、最上層をTiSiNとした複合皮膜を被覆した。切削条件はN=8000回転/min (Vc=200m/min)、Vf=3000mm/min (fz=0.09mm/tooth)、軸方向切り込み8mmの溝切削にてデータを採取した。切削抵抗波形の振幅量によりびびり振動を確認した。

【0034】

従来の位相のずれの無いエンドミルでは、図9で示す振幅量は251.9N(ニュートン)であった。このことは、切削時の回転数に刃数を掛けた周期で切削力がかかり、この周期の周波数で共振が起こりびびり振動につながる。特に高速切削においては共振が生じやすく、びびり振動が大きくなる。図10で示す不等分割を採用した従来のエンドミルでの振幅は151.9Nであった。図11の本発明例は146.1Nであり、本発明例を採用したエンドミルの切削抵抗波形の振幅が最も小さかった。

【0035】

本発明は、工具の外周刃の径方向に山部と谷部を繰り返す複数の波形状外周刃を有する超硬合金製で、切れ刃表面には硬質皮膜が被覆されたエンドミルであり、ある波形状外周刃を基準波形状外周刃としたときに、その他の少なくとも1刃の波形状外周刃の位相の工具軸方向へのずれ量が、波ピッチを刃数で割った値で等間隔に並んだ前記基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの0%を含まない5%以内の幅で工具軸方向にずれている。本発明の硬質皮膜被覆エンドミルを用いれば、各外周刃の1刃当たりの切削量が僅かずつに異なる。よって、高速切削を行っても切削抵抗が分散されて切削負荷が安定し、びびり振動を抑制できる。ここで、それぞれの位相のずれ量を波ピッチの0%を含まない5%以内としたのは、位相のずれ量が5%を超えて大きくなるとそれぞれの外周刃の切削量が大きく異なるため、位相が最も大きい外周刃に集中し、負荷が大きくなつて工具の折損や波形状外周刃のチッピングが生じ、せっかくエンドミルを超硬合金製としても、あるいは硬質皮膜を被覆した工具としても、早期に工具切れ刃部の欠損が起こり、工具全体としての寿命が短くなるためである。

【0036】

例えば特許文献2では、前記位相のずれ量が約6%の高速度工具製エンドミルで切削した例が紹介されている。このずれ量と同様の比率で本発明が対象とする超硬合金を母材としたエンドミルを用いて高速切削を行うと、切削負荷の変動が大きく、ずれ量が最も大きい波形状外周刃はチッピングを起こしてしまう。韧性の高い高速度工具鋼を母材にしたエンドミルを用い、切削速度が80m/min以下の低い条件で、鋳鉄など被削性の良い被

10

20

30

40

50

加工材を加工すれば、問題なく加工できるが、最近の切削加工現場で要請されているように、さらなる高能率加工を行うために超硬合金製エンドミルを用いた場合、前記位相のずれ量が6%では大きすぎ、チッピングや欠損等の問題となる。その証拠として、このことは、後で述べる実施例においても確認している。したがって本発明のように超硬合金をエンドミルの母材にする工具では、前記位相のずれ量の範囲はとても大切であり、本発明ではせいぜい5%以内に限られる。

【0037】

現在の金型や部品の加工現場では熱処理されていない非調質鋼は当然ながら、40HRCを超える焼き入れ材でも加工ができるエンドミルが当然のように求められている。このニーズに対しては、もはや高速度工具鋼製のエンドミルはいかなる形状であろうとも極端に工具寿命が短くなり、対応が困難である。本発明は、このような加工現場で常識化している高硬度材の切削や高能率加工を行うために、最適な波形状外周刃の位相をずらした硬質皮膜被覆エンドミルとして、高速切削での欠損やチッピングが生じない位相ずらし量を特徴とするものである。前記の位相のずれ量は5%以下とした。好ましくは基準形状外周刃のそれぞれの位相から前記波ピッチの1%~3%の幅で工具軸方向にずれていることが望ましい。

10

【0038】

次にニック付き外周刃としたときの本発明の硬質皮膜被覆エンドミルについて説明する。図6~図8は、本発明の硬質皮膜被覆エンドミルと従来のエンドミルのニック付き外周刃の位相とニックのピッチを比較するための展開図を示す。図6は従来の位相のずれの無いエンドミルのニック付き外周刃の位相とニックのピッチを示す展開図、図7は本発明の硬質皮膜被覆エンドミルのニック付き外周刃の位相とニックのピッチを示す展開図、図8は、本発明の一実施例を示し、隣接するニック付き外周刃のうち1組の前記ニック付き外周刃は位相のずれ量が無く、1刃に位相のずれ量があることを示す展開図である。尚、図6~図8では図2(b)で示す外周刃とニックの交点20の位置を丸印で示している。

20

【0039】

図6のように、従来のエンドミルでは図の一番上に示される第1ニック付き外周刃を基準形状外周刃10として、基準形状外周刃10のニックのピッチ8(ニック付きの場合は外周刃とニックの交点20から次の外周刃とニックの交点20までをニックのピッチ8とする。)を4等分したそれぞれの位相14(言い換えれば、基準形状外周刃10の1/4ピッチごと)に、連続して次の第2ニック付き外周刃17、第3ニック付き外周刃18及び第4ニック付き外周刃19の外周刃とニックの交点20が来るよう等間隔にニック付き外周刃がそれぞれ配置されている。このような配置はニック付き外周刃の外周刃とニックの交点20の位相14が一定であり、エンドミルによって切削される被加工材の切削量は各ニック付き外周刃で同一となる。各刃で切削される被加工材の切削量が同一であれば、従来技術で説明した等分割エンドミルと同様に、加工中に共振が起こり、びびり振動が生じやすい。

30

【0040】

これに対して、本発明では図7に示すように、基準形状外周刃10の次に配置される第2ニック付き外周刃17と第4ニック付き外周刃19の外周刃とニックの交点20の位置は、基準形状外周刃10のニックのピッチ8を4等分した位相14から工具軸方向へずれ量15だけずれて配列されている。そして、基準形状外周刃10以外のニック付き外周刃の位相14のずれ量15は、少なくとも1刃が基準形状外周刃10のニックのピッチ8を4等分したそれぞれの位相14を基準にして、基準形状外周刃10のニックのピッチ8の0%を含まない5%以内の範囲の幅で工具軸方向へ配設されている。

40

【0041】

図7の本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの一例として、基準形状外周刃10のニックのピッチ8を1mmとし4枚の刃数で割った値で等間隔に並んだそれぞれのニック付き外周刃の位相14のずれ量15は、第2ニック付き外周刃17はニックのピッチ8の2%である0.02mm、第3ニック付き外周刃18では0mm、第4ニック付き外周刃19では

50

ニックのピッチ 8 の 2 % である 0.02 mm の位相のずれがある。ここでずれ量 15 はプラスをシャンク側方向 3 とし、マイナスを工具先端方向 2 とする。

【0042】

本発明では図 8 に示すように、基準形状外周刃 10 の次に配置される第 2 ニック付き外周刃 17 の外周刃とニックの交点 20 の位置は、基準形状外周刃 10 の波ピッチ 4 を 4 等分した位相 14 から工具軸方向へずれ量 15 だけずれて配列され、隣接する第 3 ニック付き外周刃 18 と第 4 ニック付き外周刃 19 の位相のずれ量が無いように配列されている。そして、基準形状外周刃 10 以外のニック付き外周刃の位相 14 のずれ量 15 は、少なくとも 1 刃が基準形状外周刃 10 のニックのピッチ 8 を 4 等分したそれぞれの位相 14 を基準にして、基準形状外周刃 10 のニックのピッチ 8 の 0 % を含まない 5 % 以内の範囲の幅で工具軸方向へ配設されている。

10

【0043】

また、1 刃だけがずれ量を有する例として、小径エンドミルでの溝加工において、切屑排出の確保のため刃数が奇数となる 3 枚刃を用いることが多い場合、本発明を用いれば 1 刃だけの位相のずれ量を異ならせることでよい。更に、刃数が奇数となる 5 枚刃の場合においても、本発明では 1 つの種類の位相のずれ量だけでも、びびり振動の抑制と共に、高速切削による高能率加工が可能となり、従来のエンドミルと比べ長寿命な加工が行える。

【0044】

本発明のニック付き外周刃とした場合の硬質皮膜被覆エンドミルの、それぞれの位相 14 のずれ量 15 をニックのピッチ 8 の 0 % を含まない 5 % 以内としたのは、前記ずれ量 15 が 5 % を超えて大きい場合は、それぞれの外周刃の切削量が大きく異なるため、位相 14 が最も大きい外周刃に集中し、負荷が大きくなつて工具の折損やニック付き外周刃にチッピングが生じ、エンドミル全体としての寿命が短くなるためである。好ましくは基準形状外周刃のそれぞれの位相 14 から前記ニックのピッチ 8 の 1 % ~ 3 % の幅で工具軸方向にずれていることが望ましい。ニック付き外周刃の位相 14 のずれ量 15 は本発明ではわずかに 0 % を含まない 5 % 以内、望ましくは 1 % 乃至 3 % であるが、超硬合金製のエンドミルでこの範囲を確認したことが、超硬合金製で位相ずれのあるエンドミル外周刃を高速加工に安定して使うための必須条件である。

20

このような本発明のニック付き外周刃とした場合の硬質皮膜被覆エンドミルを用いて切削した時の各ニック付き外周刃の切削量は僅かづつ異なる。よつて、高速切削を行つても切削抵抗が分散されて切削負荷が安定し、びびり振動を抑制できるため、波形状外周刃を有する硬質皮膜被覆エンドミルと同様の効果が得られる。

30

【0045】

次に、本発明の硬質皮膜被覆エンドミルに適する代表的な硬質皮膜の種類について説明する。本発明はエンドミルの形状として新規な形状を有するので、それのみでも従来のエンドミルより高速化できるという効果を発揮するが、硬質皮膜を被覆することで、実施例に示すようにさらに性能が向上する。硬質皮膜は耐酸化性重視では TiN 系の皮膜が、耐摩耗性重視では TiCN 系の皮膜が選択できる。しかし、本発明のエンドミルの使用環境は刃先温度が 800 °C 以上に上昇する条件であり、この場合には前述の TiN や TiCN より酸化開始温度で評価される耐酸化性と硬度特性に優れた TiAlN 系の硬質皮膜を選択すると良い。

40

【0046】

TiAlN 系の硬質皮膜では、Ti と Al の組成比によって酸化開始温度を制御でき、刃先温度が 800 °C 乃至 900 °C 前後の条件には Al の添加量を増加して、金属のみの成分の原子比で Al が Ti に対して 50 % 乃至 70 % 程度とするのが望ましい。TiAlN 系とは窒化物を意味するが、Ti や Al 以外の非金属元素として、窒素単独にかかわらず、Ti と Al を主成分とした化合物として窒化物、炭窒化物（例えば (TiAl)CN）、酸窒化物（例えば (TiAl)ON）、酸炭窒化物（例えば (TiAl)CON）であればよい。以下、これらの化合物を総称して、窒素系 TiAl 化合物という。

【0047】

50

硬質皮膜の層構造としては、エンドミルの波形状外周刃やニック付き外周刃の表面に接する硬質皮膜の最下層から、硬質皮膜の最上層まで実質的に最下層の組成と最上層の組成の1回以上の繰り返しで積層された複合層、または、前記最下層と最上層の間に一層以上の中間層を含む複合層でなり、皮膜の最下層の組成が金属元素としてTiとAlを主成分とし含有し、前記金属元素の窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物の何れかであり、皮膜の最上層の組成が、Siを含有した硬質皮膜を被覆することにより、より安定した切削加工が可能になり、長寿命化が達成できる。より具体的な化合物は金属元素としてTiとSiを主成分として含有し、前記金属元素の窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物の何れかから成る構造が望ましい。

【0048】

10

Siを含有した最上層用の硬質皮膜の中でも最適な硬質皮膜の成分系はTiSiの窒化物であり、Si含有量が原子比で5～30%、残Tiで構成された窒化物が良い。また、Si含有量が原子比で1～15%、残TiおよびもしくはCr、Alから選択されるTiAlSiの窒化物、AlCrSiの窒化物でも本発明のエンドミルの性能を大きく改善する効果を発揮する。さらにTiSiの窒化物、TiAlSiの窒化物、AlCrSiの窒化物から選択される積層膜はより、優れた耐久性を発揮する。これら硬質皮膜はTiN、CrN、TiAlN、AlCrN等の皮膜から選択される1種以上の皮膜と積層しても同様に本発明のエンドミルの切削性能が向上する。

【0049】

20

上記に具体的な組成として挙げた硬質皮膜の製造方法は物理蒸着法であることが耐久性向上の観点から好ましく、アーク放電式イオンプレーティング法、スパッタリング法の何れでも良い。この硬質皮膜は、ニック付きのエンドミル外周刃にも適用できる。

【0050】

30

他の硬質皮膜として望ましい形態は、本発明の硬質皮膜被覆エンドミルの波形状外周刃表面に接する硬質皮膜の最下層から、硬質皮膜の最上層まで実質的に最下層の組成と最上層の組成の1回以上の繰り返しで積層された複合層、または、前記最下層と最上層の間に一層以上の中間層を含む複合層でなり、前記皮膜の最下層の組成は金属元素がAl、Cr、Ti、Siから選択される1種以上の窒化物であり、中間層はAl、Cr、Ti、Siから選択される1種以上の金属元素とN、B、C、Oから選択される1種以上の元素との化合物であり、皮膜の最上層は金属元素がTi、Siから選択される1種以上の金属元素とN、S、C、Bから選択される1種以上の元素との化合物からなる形態が望ましい。この場合に、上記の窒素系TiAl化合物への最上層皮膜として窒素系TiSi化合物を積層した皮膜構造にするか、窒素系TiAl化合物と窒素系TiSi化合物をそれぞれ一層以上づつ交互に積層し、窒素系TiAl化合物はエンドミルの母材の直上に来るようにして、硬質皮膜の最上層は窒素系TiSi化合物となるようにするのが望ましい。前記窒素系TiSi化合物を例示すると、TiとSiを主成分とした化合物として、例えばTiSiNなどの窒化物、(TiSi)CNなどの炭窒化物、(TiSi)ONなどの酸窒化物、(TiSi)CONなどの酸炭窒化物であればよい。以下、これらの化合物を総称して、窒素系TiSi化合物という。

【0051】

40

前記窒素系TiAl化合物と窒素系TiSi化合物の間には主に相互の皮膜の密着性を考慮した中間層を入れて積層することも可能である。中間層の種類としては窒素系TiAl化合物と類似した皮膜や、窒素系TiSi化合物に類似した皮膜が適し、前者にはB、Si、Cr、Nb、V、Hfを微量添加した窒素系TiAl化合物、後者にはB、Al、Cr、Nb、V、Hfを微量添加した窒素系TiSi化合物が好ましい中間層皮膜として挙げられる。

【0052】

50

上記のように積層した皮膜構造により、本発明に使用する硬質皮膜は外周刃の母材表面直上から最下層と最上層で積層された複合層、または、前記最下層と最上層の間に一層以上交互に積層された層や中間層を含む複合層でなり、前記最上層は前記最下層と比較して

相対的に耐酸化性と耐摩耗性が大きい硬質皮膜とすることができます。

【0053】

さらに本発明の高速加工を目的とした荒加工用のエンドミルに適した硬質皮膜として、以下のものが推奨される。それは、窒素系TiAl化合物を主体とした多層硬質皮膜で、前記化合物の主要金属元素であるTiとAlの割合を変化させて多層化するものである。より具体的には、前記で定義した窒素系TiAl化合物を($Ti \times Al 1 - x N$)で表わすときに、最下層皮膜も最上層皮膜も($Ti \times Al 1 - x N$)の組成で成るが、TiとAlの割合は、最下層皮膜はチタンリッチの $0.5 < x < 1$ であり、最上層皮膜はアルミニウムリッチの $x < 0.5$ である多層硬質皮膜である。多層硬質皮膜は最下層皮膜と最上層皮膜の組成を数ナノメートルから数十ナノメートルの厚みで周期的に積層するか、前期の最下層の皮膜と最上層の皮膜の組成の間に中間層としてTiN、又は窒素系TiAl化合物の金属元素としてAlまたはTiの一部をCrまたはSiに置換した中間層を積層しても良い。いずれの場合にも最下層皮膜はチタンリッチとし、最上層皮膜はアルミニウムリッチとすることは必要である。硬質皮膜全体の膜厚はいずれの場合も $2 \mu m \sim 10 \mu m$ が望ましい。

10

【0054】

次に本発明の硬質皮膜を被覆する方法についていくつか例示するが、上記に記載する硬質皮膜がえられればよく、必ずしも以下の被覆方法に限定されるものではない。本発明の硬質皮膜は、被覆方法は特に限定されるものではないが、エンドミルへの皮膜の密着性、および最下層から最上層までの皮膜内の整合性を確保することを考慮しなければならない。また、工具の疲労強度も考慮すると、比較的低温で被覆でき、皮膜に圧縮応力が残留するアーク放電式イオンプレーティング法、又はスパッタリング法など物理蒸着法が望ましい。この場合にエンドミル側にバイアス電圧を印加する。アーク放電式イオンプレーティング法での具体的な実施条件を挙げると、最下層が窒素系TiAl化合物(例えば($Ti Al$)N, ($Ti Al$)CN, ($Ti Al Cr$)Nなど)で、最上層を窒素系TiSi化合物(例えば($Ti Si$)N, ($Ti Si$)CN, ($Ti Si Cr$)Nなど)系の皮膜とする場合に、例えば具体的な条件として、被覆するエンドミルの温度を $400^{\circ}C$ 程度、反応ガス圧力を $3.0 Pa$ とし、バイアス電圧の印加を $-10V \sim -100V$ の範囲で比較的低い値とすれば最下層から最上層まで界面における結晶格子の整合性を取りながら密着性の良い皮膜が得られる。

20

【0055】

最下層の皮膜と最上層の皮膜の組成が異なる場合には、蒸着用ターゲットを異なった組成にするが、中間層のターゲットは前記の組成の異なったターゲットを同時に稼動して被覆することが好ましい。これにより、硬質皮膜の中間層は、最下層の皮膜と最上層の皮膜の組成の中間的な組成に制御して積層することが可能となり、組成的に特定の成分を漸増、漸減させることも容易となる。本発明の硬質皮膜被覆エンドミルは、荒加工または中仕上げ加工での高能率・高速加工を前提にしているので、密着性の良い硬質皮膜は皮膜の剥がれなどの突発的事故を防止するために必須の特性であり、その目的の達成のために中間層の結晶格子の整合性を十分取るためには本方法は有効である。

30

【0056】

以下、本発明を下記の実施例により詳細に説明するが、それらにより本発明が限定されるものではない。

40

【実施例】

【0057】

以下の表中にある各実施例では、本発明、従来例、比較例を区分として示し、試料番号は本発明例、従来例、比較例ごとに、連続の通し番号で記載した。また後述の表1、表2及び表3において、それぞれ、最下層、最上層及び中間層を構成する硬質皮膜の組成式表示について、カッコ内は原子%表示、カッコ外は原子比表示である。例えば、後述の表1の資料番号1の最下層を構成する硬質皮膜の組成式表示は($Ti 45 - Al 55$)Nである。この表示は、(Ti 45原子% - Al 55原子%)のTiAl元素と、カッコ外のN

50

元素とが原子比で 1 : 1 の組成物を形成していることを意味する。

【 0 0 5 8 】

(実施例 1)

実施例 1 は各種の表面処理を被覆したエンドミルで、特に波形状外周刃の最適な位相のずれ量を確認するために行つた実施例である。

本発明例 1 乃至 12、比較例 1、2 及び従来例 1 乃至 3 においては、いずれも基材は Co 含有量が 8 重量パーセント、WC 平均粒径が 0.8 μm の超硬合金で、工具径 8 mm、刃長 16 mm、全長 70 mm、シャンク径 8 mm で刃数は 4 枚とした。外周刃の形状は波刃形とし、波ピッチを 1 mm で、ねじれ角は 45° とし、切削試験に用いた。従来例 4 は高速度工具鋼製のエンドミルであり、工具径 8 mm、刃長 16 mm、全長 70 mm、シャンク径 8 mm で刃数は 4 枚、外周刃の形状は波刃形とし、波ピッチを 1 mm で、ねじれ角は 45° とし、切削試験に用いた。

本発明例 1 乃至 5、比較例 1、及び従来例 1 乃至 4 はエンドミルの波形状外周刃の形状の効果を確認するために、表面処理の種類を基本的には揃え、本発明例 4 で中間層として TiAlSiN を用いた以外は、硬質皮膜の最下層を TiAlN、最上層を TiSiN で統一した。表面処理はいずれもアーク放電式イオンプレーティング法で複合層とした。また、比較例 2 は表面処理を行わなかった。

【 0 0 5 9 】

本発明例 1 は、第 1 刃を基準形状外周刃として、基準形状外周刃の波ピッチを 4 等分したそれぞれの波形状外周刃の位相のずれ量を、第 2 波形状外周刃は波ピッチの 1% とした 0.01 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 0% とした 0 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 1% とした 0.01 mm のものを作製した。

本発明例 2 は、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第 2 波形状外周刃は波ピッチの 2% とした 0.02 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 0% とした 0 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 2% とした 0.02 mm のものを作製した。

本発明例 3 は、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第 2 波形状外周刃は波ピッチの 2% とした 0.02 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 3% とした 0.03 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 2% とした 0.02 mm のものを作製した。

本発明例 4 は、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第 2 波形状外周刃は波ピッチの 5% とした 0.05 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 3% とした 0.03 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 4% とした 0.04 mm のものを作製した。

本発明例 5 は、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第 2 波形状外周刃は波ピッチの 2% とした 0.02 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 0% とした 0 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 0% とした 0 mm のものを作製した。

【 0 0 6 0 】

本発明例 6 乃至 12 は、波形状外周刃の位相のずれ量(%)を本発明の望ましい範囲である 2% 乃至 3% に統一し、表面処理の種類を変えて、切削試験を行なった例である。表面処理はいずれもアーク放電式イオンプレーティング法で複合層とし、表 1 に記載する硬質皮膜の最下層、最上層、中間層の組合せとした。中間層に記載のないものは、最下層と最上層の組成からなる 2 層か、前記組成の繰り返しで積層し、少なくとも最下層と最上層には表で記載される組成となるようにした。

【 0 0 6 1 】

比較例 1 として、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相のずれ量を第 2 波形状外周刃は波ピッチの 6% とした 0.06 mm、第 3 波形状外周刃は波ピッチの 0% とした 0 mm、第 4 波形状外周刃は波ピッチの 6% とした 0.06 mm としたものを作製した。比較例 2 は、本発明例 2 と同仕様の形状のものを作製した。

10

20

30

40

50

【0062】

従来例1として、基準形状外周刃の1/4ピッチごとのそれぞれの波形状外周刃の位相のずれ量が無い波ピッチ0%とした位相が一定のものを作製した。

従来例2として不等分割を採用し、各刃の分割角が95°・85°・95°・85°で、各刃の前記位相のずれ量の無い波ピッチの0%とした位相が一定のものを作製した。

従来例3として、特許文献2に記載される高速度工具鋼製エンドミルで位相のずれ量が6%のものを硬質皮膜被覆エンドミルとして作製した。今回の切削試験では、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第2波形状外周刃は波ピッチの6%とした0.06mm、第3波形状外周刃は波ピッチの0%とした0mm、第4波形状外周刃は波ピッチの2%とした0.02mmのものとした。

従来例4は従来例3と同仕様の高速度工具鋼製エンドミルを作製した。このことは本発明に適用する硬質皮膜の被覆をして超硬合金製と比較評価したものである。

また、本発明例1~12、比較例1、2、従来例1、3及び4は各刃の分割角は等分割とした。

【0063】

実施例1として、前記従来例4である高速度工具鋼製を除く16種類のエンドミルで、硬さHRC40の熱間ダイス鋼SKD61を被加工材として切削試験を行った。切削条件は回転数を6000回転/min(切削速度150m/min)、送り速度を1600mm/min(1刃送り量0.06mm)とし、軸方向切り込みを4mm・径方向切り込みを4mmとした。評価として、5m毎に外周刃を観察し、摩耗幅を測定した。50mまで切削を行い摩耗幅は0.15mm以下で、折損、欠損及びチッピングの無いものを良好とした。また、50mまでに外周刃の摩耗幅が0.15mmを超えたものはその観察時点で終了し切削長と摩耗幅を記録した。折損、欠損、チッピングが生じたものはその観察時点で終了し、そのときの切削長を記録した。高速度工具鋼製である従来例4については、超硬合金製よりはるかに切削条件の低い切削条件は回転数を1200回転/min(切削速度30m/min)、送り速度を150mm/min(1刃送り量0.03mm)とし、軸方向切り込みを4mm・径方向切り込みを4mmとした。これらの結果を併せて表1に示す。

【0064】

【表1】

| 試料番号 | エンドミルの 母材 | 各刃の 分割角 | ずれ量(mm) | | | ずれ量 (%) | 表面処理の種類 | | | 切削長 (mm) | 摩耗幅 (mm) | 評価 |
|------|--------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------|------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|-------|
| | | | 第2 波形状 外周刃 | 第3 波形状 外周刃 | 第4 波形状 外周刃 | | 最下層 | 最上層 | 中間層 | | | |
| 本発明例 | 1 超硬合金 | 等分割 | 0.01 | 0 | 0.01 | 1% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 2 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.07 | 良好 |
| | 3 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 3% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.08 | 良好 |
| | 4 超硬合金 | 等分割 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 5% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | (Ti45-Al50-Si5)N | 50m | 0.12 | 良好 |
| | 5 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.07 | 良好 |
| | 6 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Al60Cr37Si3)N | (Al70-Cr30)N | 50m | 0.07 | 良好 |
| | 7 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti40-Al55-Si5)N | (Ti40-Al55-Si5)N | (Ti80-Si20)N | 50m | 0.07 | 良好 |
| | 8 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Al70-Cr30)N | - | 50m | 0.08 | 良好 |
| | 9 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Al70-Cr30)O | (Al70-Cr30)O | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 10 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti40-Al55-Si5)N | (Cr92-Si3-B5)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 11 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 3% | (Ti60-Al40)N | (Ti40-Al60)N | - | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 12 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (Ti70-Al30)N | (Ti30-Al70)N | (Ti40-Al55-Si5)N | 50m | 0.10 | 良好 |
| 比較例 | 1 超硬合金 | 等分割 | 0.06 | 0 | 0.06 | 6% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 30m | - | チッピング |
| | 2 超硬合金 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | - | - | - | 20m | 0.17 | 摩耗大 |
| 従来例 | 1 超硬合金 | 等分割 | 0 | 0 | 0 | 0% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 20m | - | 欠損 |
| | 2 超硬合金 | 不等分割 | 0 | 0 | 0 | 0% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 40m | - | チッピング |
| | 3 超硬合金 | 等分割 | 0.06 | 0 | 0.02 | 6% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 30m | - | チッピング |
| | 4 高速度工具鋼 | 等分割 | 0.06 | 0 | 0.02 | 6% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 10m | - | 折損 |

【0065】

その結果、本発明例1～5はびびり振動も小さく、安定した切削が行え、50m切削しても正常摩耗であった。特に本発明例1～3及び5は50m切削後の摩耗幅はいずれも0.10mm以下と小さかった。本発明例5のように位相のずれ量が5%になると摩耗量が相対的にやや大きくなるが、問題になる程度ではない。比較例1及び従来例3は位相のずれ量が大きいため、ずれ量が大きい波形状外周刃に切削負荷が大きくかかり、硬質皮膜が被覆してあるにもかかわらず、30mでチッピングが生じる結果となつた。超硬合金製のエンドミルにおける位相のずらし量は、これらの実施例から明らかのように、それほど大きくしてはならず、位相のずれ量は大きくても5%が限界値であることが分かる。比較例2はびびり振動がなく安定した加工ができていたが、表面処理が行われていないため、20m切削時に摩耗幅が0.17mmとなり、0.15mmを超えたため切削を終了した。従来例1においては等間隔の波ピッチのため、びびり振動が大きく、20m切削時には欠損が生じてあり、寿命となつた。不等分割品である従来例2は分割角度が小さい溝の波形状外周刃が40m切削時にチッピングが生じていた。

高速度工具鋼製エンドミルを使用した従来例4は、超硬合金と比較して耐熱性及び耐摩耗性の劣る高速度工具鋼を用いているため、40HRC以上の高硬度材を切削するのは困難であり、硬質皮膜が被覆してあるにもかかわらず、10mで折損する結果となつた。

また、位相のずれ量を2%乃至3%に統一して表面処理の種類を変えた本発明例6乃至12については、いずれも50mの切削長まで異常はなく、摩耗幅も0.10mm以下で、満足のいく結果が得られた。

【0066】

(実施例2)

実施例2として、実施例1と同様の切削試験をニック付き外周刃で行った。ニック付き外周刃を有する硬質皮膜被覆エンドミルは波形状外周刃との切削性を比較するために位相のずれ量は実施例1で用いたエンドミルでの値に準じた。

本発明例13として、第1刃を基準形状外周刃として、基準形状外周刃のニックのピッチを4等分したそれぞれのニック付き外周刃の位相のずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの1%とした0.01mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの0%とした0mm、第4ニック付き外周刃はニックのピッチの1%とした0.01mmとしたものを作製した。

本発明例14として、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれのニック付き外周刃の位相の前記ずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの2%とした0.02mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの0%とした0mm、第4ニック付き外周刃はニックのピッチの2%とした0.02mmとしたものを作製した。

本発明例15として、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれのニック付き外周刃の位相の前記ずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの2%とした0.02mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの3%とした0.03mm、第4ニック付き外周刃はニックのピッチの2%とした0.02mmとしたものを作製した。

本発明例16として、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれのニック付き外周刃の位相の前記ずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの5%とした0.05mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの3%とした0.03mm、第4ニック付き外周刃はニックのピッチの4%とした0.04mmとしたものを作製した。

本発明例17として、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれのニック付き外周刃の位相の前記ずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの2%とした0.02mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの0%とした0mm、第4ニック付き外周刃はニックのピッチの0%とした0mmとしたものを作製した。

【0067】

比較例3として、第1刃を基準形状外周刃として、それぞれのニック付き外周刃の位相の前記ずれ量を第2ニック付き外周刃はニックのピッチの6%とした0.06mm、第3ニック付き外周刃はニックのピッチの0%とした0mm、第4ニック付き外周刃はニック

10

20

30

40

50

のピッチの 6 %とした 0 . 0 6 mmとしたものを作製した。

従来例 5 として、基準形状外周刃の 1 / 4 ピッチごとのそれぞれのニック付外周刃の位相のずれ量が無いニックのピッチを 0 %とした位相が一定のものを作製した。

従来例 6 として不等分割を採用し、各刃の分割角が 9 5 ° . 8 5 ° . 9 5 ° . 8 5 ° で、各刃の前記位相のずれ量の無い波ピッチの 0 %とした位相が一定としたものを作製した。

従来例 7 として、特許文献 2 に記載される高速度工具鋼製エンドミルで位相のずれ量が 6 %のものを硬質皮膜被覆エンドミルとして作製した。今回の切削試験では、第 1 刃を基準形状外周刃として、それぞれの波形状外周刃の位相の前記ずれ量を第 2 ニック付き外周刃はニックのピッチの 6 %とした 0 . 0 6 mm、第 3 ニック付き外周刃はニックのピッチの 0 %とした 0 mm、第 4 ニック付き外周刃はニックのピッチの 2 %とした 0 . 0 2 mm のものとした。

本発明例 1 3 ~ 1 7 、比較例 3 、従来例 5 及び 7 は各刃の分割角を等分割とした。

【 0 0 6 8 】

本発明例 1 8 乃至 2 4 は、ニック付き外周刃の位相のずれ量 (%) を本発明の望ましい範囲である 2 乃至 3 % に統一し、表面処理の種類を変えて、切削試験を行なった例である。各外周刃のニック付き外周刃の位相のずれ量、及び表面処理の種類は、波形状外周刃の場合と切削試験の結果を比較するために同一に揃えた。すなわち、表面処理方法としては、波形状外周刃とニック付き外周刃を有する 2 種類のエンドミルで、ずれ量が同一のものをアーク放電式イオンプレーティング炉に挿入し各々の表面処理の種類ごとに同一処理して複合層の被覆とした。ニック付き外周刃の位相のずれ量や表面処理の種類は表 2 に示すとおりである。

【 0 0 6 9 】

実施例 2 として、実施例 1 と同様に、硬さ H R C 4 0 の熱間ダイス鋼 S K D 6 1 を被加工材として切削試験を行なった。切削条件、評価方法は実施例 1 と同じであり、その結果を切削長、外周刃の摩耗幅、評価として表 2 に示す。外周刃などに 5 0 m 切削長で折損、欠損及びチッピングの無いものを良好として、その時の摩耗幅を測定した。また、 5 0 m までに外周刃を観察し折損、欠損及びチッピングが生じたものはその観察時点で終了し、そのときの切削長を記録した。これらの結果を併せて表 2 に示す。

【 0 0 7 0 】

【 表 2 】

| 試料番号 | 各刃の分割角 | ずれ量 (mm) | | | ずれ量 (%) | 表面処理の種類 | | | 切削長 | 摩耗幅 (mm) | 評価 |
|------|--------|----------------|----------------|----------------|---------|------------------|------------------|------------------|-----|----------|-------|
| | | 第2ニック 付き外周刃 | 第3ニック 付き外周刃 | 第4ニック 付き外周刃 | | 最下層 | 最上層 | 中間層 | | | |
| 本発明例 | 13 等分割 | 0.01 | 0 | 0.01 | 1% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 14 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 50m | 0.08 | 良好 |
| | 15 等分割 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 3% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 16 等分割 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 5% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | (T145-A150-S15)N | 50m | 0.12 | 良好 |
| | 17 等分割 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 50m | 0.08 | 良好 |
| | 18 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T145-A155)N | (Al60Cr37Si3)N | (Al70-Cr30)N | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 19 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T140-A155-S15)N | (T140-A155-S15)N | (T180-S120)N | 50m | 0.08 | 良好 |
| | 20 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T145-A155)N | (Al70-Cr30)N | - | 50m | 0.09 | 良好 |
| | 21 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T145-A155)N | (Al70-Cr30)O | (Al70-Cr30)O | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 22 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (T140-A155-S15)N | (Cr92-Si3-B5)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| 比較例 | 23 等分割 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 3% | (T160-A140)N | (T140-A160)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 24 等分割 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (T170-A130)N | (Ti30-Al70)N | (T140-A155-S15)N | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 3 等分割 | 0.06 | 0 | 0.06 | 6% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 30m | - | チッピング |
| | 5 等分割 | 0 | 0 | 0 | 0% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 15m | - | 欠損 |
| 従来例 | 6 不等分割 | 0 | 0 | 0 | 0% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 30m | - | 欠損 |
| | 7 等分割 | 0.06 | 0 | 0.02 | 6% | (T145-A155)N | (T180-S120)N | - | 20m | - | 欠損 |

10

20

30

40

50

【0071】

その結果、本発明例13～17はびびり振動も小さく、安定した切削が行え、50m切削しても正常摩耗であった。特に本発明例13～15及び17は、実施例1と同様に50m切削後の摩耗幅は0.10mm以下と小さかった。しかし、同条件でテストを行った実施例1の結果と合わせると、ニック付き外周刃が波形状外周刃と比較して僅かに摩耗が大きくなる例が多く、熱間ダイス鋼等を被加工材とするときは波形状外周刃が優位の結果となつた。比較例3及び従来例7は位相のずれ量が6%と大きく、ずれ量の大きいニック付き外周刃に切削負荷が大きくかかり、比較例3では30mでチッピングが生じ、従来例7では20mで欠損が生じていた。従来例5においては等間隔のニックのピッチのため、びびり振動が大きく、15m切削時点で欠損が生じて、寿命となつた。不等分割品である従来例6は分割角度が小さい溝のニック付き外周刃が30m切削時点で欠損が生じていた。

10

【0072】

また、位相のずれ量を2%乃至3%に統一して表面処理の種類を変えた本発明例18乃至24については、いずれも50mの切削長まで異常はなく、摩耗幅も0.10mm以下で、波形状外周刃での摩耗幅と比較しても遜色ない結果が得られた。

【0073】

(実施例3)

実施例3は本発明実施例1との比較で、さらに高速条件での切削を行い、実施例1との結果と寿命の比較を行つたものである。

20

実施例3として、本発明例25は実施例1で用いた本発明例2、本発明例26は実施例1で用いた本発明例3、本発明例27は実施例1で用いた本発明例4、本発明例28は実施例1で用いた本発明例6、本発明例29は実施例1で用いた本発明例8、本発明例30は実施例1で用いた本発明例10、本発明例31は実施例1で用いた本発明例12と表面処理の種類も含めて同仕様のエンドミルを作製した。被加工材は硬さHRC40の熱間ダイス鋼SKD61を被加工材として用い、切削を行つた。切削条件は回転数を実施例1の1.5倍の9000回転/min(切削速度226m/min)、送り速度を2160mm/min(1刃送り量0.06mm)とし、軸方向切り込みを4mm、径方向切り込みを4mmとして、テストを行つた。評価は実施例1と同様で50mまでの切削を行つた。結果を表3に示す。

30

【0074】

【表3】

| 試料番号 | ずれ量(mm) | | | ずれ量(%) | 表面処理の種類 | | | 切削長 | 摩耗幅(mm) | 評価 | |
|------|------------------|------------------|------------------|--------|---------|------------------|----------------|------------------|---------|------|----|
| | 第2 波形状 外周刃 | 第3 波形状 外周刃 | 第4 波形状 外周刃 | | 最下層 | 最上層 | 中間層 | | | | |
| 本発明例 | 25 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 26 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 3% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 27 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 5% | (Ti45-Al55)N | (Ti80-Si20)N | (Ti45-Al50-Si5)N | 50m | 0.14 | 良好 |
| | 28 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Al60Cr37Si3)N | (Al70-Cr30)N | 50m | 0.12 | 良好 |
| | 29 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | (Ti45-Al55)N | (Al70-Cr30)N | - | 50m | 0.10 | 良好 |
| | 30 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (Ti40-Al55-Si5)N | (Cr92-Si3-B5)N | - | 50m | 0.12 | 良好 |
| | 31 | 0.02 | 0 | 0 | 2% | (Ti70-Al30)N | (Ti30-Al70)N | (Ti40-Al55-Si5)N | 50m | 0.11 | 良好 |

40

【0075】

結果として、本発明例25～31は、安定した切削が行え、50m切削しても正常摩耗であり高速切削を行つても実施例1と同切削距離の加工が可能であった。特に、望ましいずれ量の2%乃至3%の範囲であると、ずれ量が限界値である5%の本発明例27の結果と比較して小さい摩耗幅であった。

50

【0076】

(実施例4)

実施例4として、製造時の研削時間の比較を行った。不等分割品に関しては刃溝研削において、分割角度を調整するため研削時間が多くなり、さらに、ランド幅を均一にするための、研削する箇所が多くなり研削時間が多くなる。ここで、特に研削時間の異なる刃溝研削の時間を測定した。実施例1で用いた本発明例1と不等分割を採用した従来例2のエンドミルを作製するときの1本当たりの刃溝研削の研削時間の測定を行った。結果を表4に示す。

【0077】

【表4】

| 試料番号 | 各刃の分割 | ずれ量(mm) | | | ずれ量(%) | 研削時間 |
|------|-------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| | | 第2波形状 外周刃 | 第3波形状 外周刃 | 第4波形状 外周刃 | | |
| 本発明例 | 1 | 等分割 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% 11分 |
| 従来例 | 2 | 不等分割 | 0 | 0 | 0 | 0% 15分 |

【0078】

不等分割品に関しては刃溝研削で切れ刃の分割角を調整するため、研削時間が多くなり、さらに、ランド幅を均一にするための、研削する箇所が多くなり研削時間が多くなる。従来例2の不等分割品に関しては本発明例1より研削時間が1.4倍の4分長くなつた。

【0079】

(実施例5)

実施例5として切り屑の排出性を確認するため、溝切削による切削テストを行つた。本発明例3.2として実施例1で用いた本発明例1と同仕様、従来例8として、実施例1で用いた従来例1と同仕様、従来例9として実施例1で用いた従来例2と同仕様の不等分割品のエンドミルを使用し、被加工材を構造用鋼として送り限界テストを行つた。切削条件は回転数を8000回転/min(切削速度2000mm/min)、送り速度を2000mm/min(1刃送り量0.06mm)とし、軸方向切り込みを8mmとした。評価は1m切削毎に400mm/min送り速度を上げていき途中折損したところを記録した。加工後に問題なければ○を記し、折損または各送り速度で1m切削後に欠損又はチッピングが生じていれば×を示し送り速度3200mm/min以上のものは良好とした。結果を表5に示す。

【0080】

【表5】

| 試料番号 | 各刃の分割 | 送り速度(mm/min) | | | | 評価 |
|------|-------|--------------|------|------|------|------|
| | | 2000 | 2400 | 2800 | 3200 | |
| 本発明例 | 32 | 等分割 | ○ | ○ | ○ | ○ 良好 |
| 従来例 | 8 | 等分割 | ○ | ○ | ○ | × |
| 従来例 | 9 | 不等分割 | ○ | ○ | × | 折損 |

【0081】

結果として、従来例9の不等分割品は、溝切削にて送りを上げて加工すると切り屑が大きくなつてしまつて、小さな刃溝であれば切り屑詰まりを生じ、刃欠けや欠損となる。本発明例3.2は送り速度が3200mm/minまで問題なく加工できたのに対し、従来例8は振動が大きく送り速度が3200mm/min時に欠損が生じた。従来例9の不等分割品に関しては送り速度が2800mm/min時に折損した。折損後の工具を観察すると、分割角が小さくなる刃溝に切り屑の擦れた溶着が見られ、切り屑詰まりによる折損が確認された。

【0082】

(実施例6)

実施例6は被加工材として溶着しやすいステンレス鋼SUS304を用い、外周刃形状の異なる波形状外周刃とニック付き外周刃の比較を行った。上記の各種の実施例から分かるように、位相のずれ量は2%程度が波形状外周刃でもニック付き形状外周刃でも望ましい切削結果が得られた。よって、本発明例33として実施例1で用いた本発明例2と同仕様、本発明例34として実施例2で用いた本発明例14と同仕様のものを使用し、切削を行った。

切削条件は回転数を5000回転/min(切削速度125m/min)、送り速度を1200mm/min(1刃送り量0.06mm)とし、軸方向切り込みを4mm・径方向切り込みを1mmとして、寿命テストを行った。評価として、5m毎に外周刃を観察し、30mまで切削を行い欠損及びチッピングの無いものを良好として、その時の摩耗幅を測定した。その結果を表6に示す。

【0083】

【表6】

| 試料番号 | 外周刃形状 | ずれ量(mm) | | | ずれ量(%) | 切削長 | 摩耗幅 | 評価 |
|------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-----|--------|----|
| | | 第2波形状 (ニック付き) 外周刃 | 第3波形状 (ニック付き) 外周刃 | 第4波形状 (ニック付き) 外周刃 | | | | |
| 本発明例 | 33 波形状 外周刃 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | 30m | 0.14mm | 良好 |
| | 34 ニック付き 外周刃 | 0.02 | 0 | 0.02 | 2% | 30m | 0.13mm | 良好 |

【0084】

結果として、本発明例33及び34は30m切削しても正常摩耗であり、ステンレス鋼などの溶着しやすい被加工材でも加工ができることが実証できた。しかしながら、本発明例33の波形状外周刃は0.14mmで、本発明例34のニック付き外周刃は0.13mmと僅かに本発明例33と比較して摩耗幅が小さい結果となったため、ステンレス鋼などの溶着しやすい被加工材はニック付き外周刃が優位の結果となった。

【0085】

本発明の波形状外周刃を有する硬質皮膜被覆エンドミルとニック付き外周刃を有する硬質皮膜被覆エンドミルは、構造用鋼、構造用合金鋼、冷間ダイス鋼、熱間ダイス鋼などの溶着しにくい被加工材の加工では波形状外周刃が優位であり、ステンレス鋼、チタン合金、超耐熱合金などの溶着しやすい被加工材の加工ではニック付き外周刃が優位といえる。

【産業上の利用可能性】

【0086】

本発明が対象とする金型加工や部品加工などの加工分野では、被削対象材としてステンレス鋼、チタン合金及び超耐熱合金のエンドミルの荒加工で1.5倍程度以上の高能率加工が要望されている。さらにこの分野では、HRC40程度以上の調質材や焼入材の加工はもはや常識化してきている。本発明はこのような高硬度材の高速加工の市場のニーズに応じられる硬質皮膜被覆エンドミルとして、新しい外周刃形状と硬質皮膜の被覆の組合せで初めて提供するものである。

【符号の説明】

【0087】

- 1 外周刃
- 2 工具先端側
- 3 工具シャンク側
- 4 波ピッチ
- 5 波高さ
- 6 山部

10

20

30

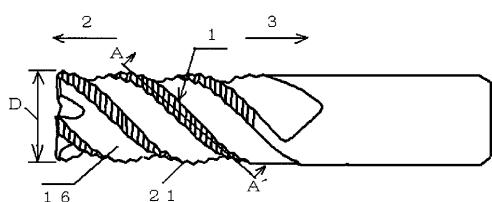
40

50

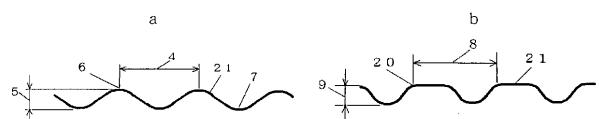
- 7 谷部
 8 ニックのピッチ
 9 ニックの深さ
 10 基準形状外周刃
 11 第2波形状外周刃
 12 第3波形状外周刃
 13 第4波形状外周刃
 14 位相
 15 ずれ量
 16 刃溝
 17 第2ニック付き外周刃
 18 第3ニック付き外周刃
 19 第4ニック付き外周刃
 20 外周刃とニックの交点
 21 硬質皮膜
 D 工具径

10

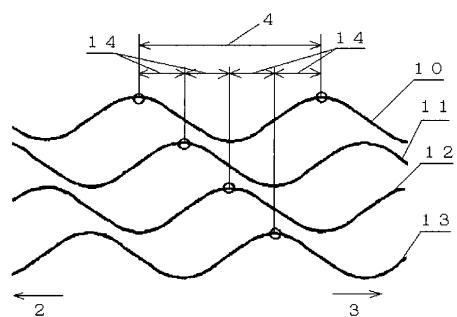
【図1】



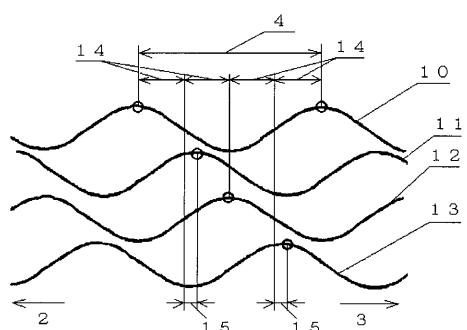
【図2】



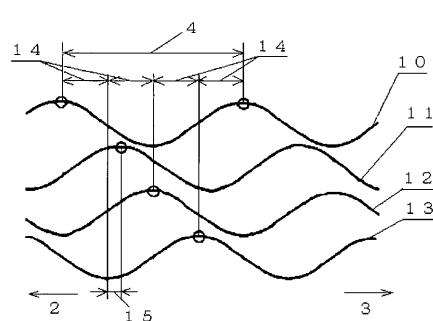
【図3】



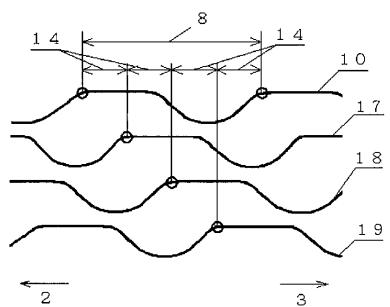
【図4】



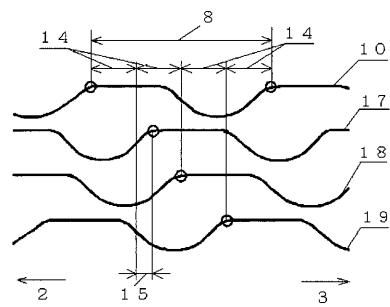
【図5】



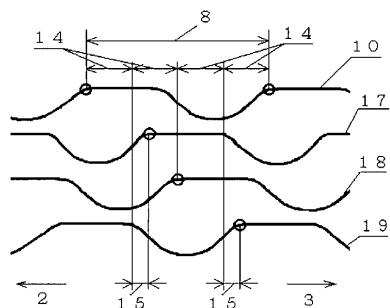
【図6】



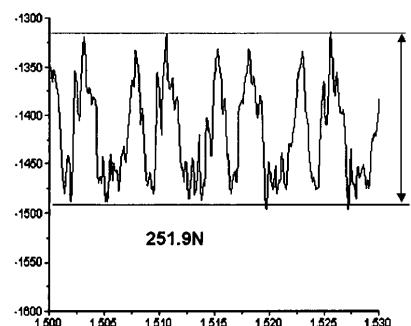
【図8】



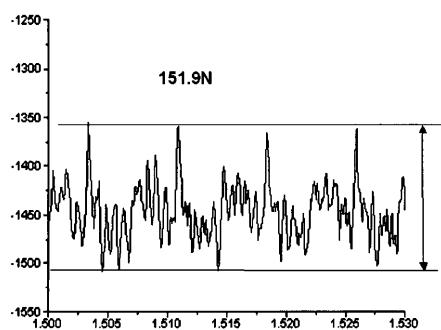
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

