

(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2016-36885

(P2016-36885A)

(43) 公開日 平成28年3月22日(2016.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 B 27/14 (2006.01)</b>	B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 4 6
<b>B 2 3 B 27/20 (2006.01)</b>	B 2 3 B 27/20	4 K 0 1 8
<b>B 2 2 F 7/00 (2006.01)</b>	B 2 2 F 7/00	H
	B 2 2 F 7/00	K

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2014-162862 (P2014-162862)  
 (22) 出願日 平成26年8月8日(2014.8.8)

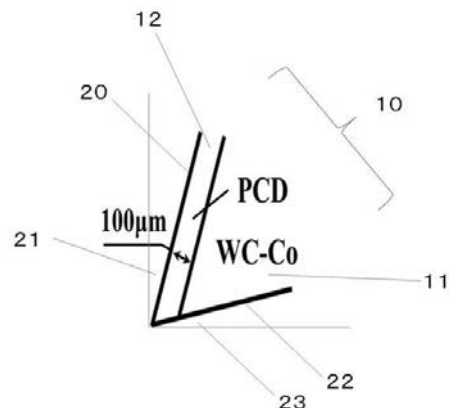
(71) 出願人 304021277  
 国立大学法人 名古屋工業大学  
 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番  
 (72) 発明者 糸魚川 文広  
 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内  
 (72) 発明者 前川 覚  
 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内  
 (72) 発明者 森川 裕太  
 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内  
 Fターム(参考) 3C046 FF03 FF07 FF12 FF18 FF25  
 FF35 FF39 HH04 HH09  
 4K018 AD06 BA04 BA11 JA00 KA16

(54) 【発明の名称】 二層切削工具

(57) 【要約】

【課題】炭素繊維強化樹脂(CFRP)の加工に用いる刃先形状を維持する切削工具を提供する。

【解決手段】タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金からなる切削工具の工具刃先において、切削工具のすくい面にダイヤモンド層が形成されており、切削工具の逃げ面は、ダイヤモンド層および前記炭化タングステン基超硬合金の二層となることを特徴とする切削工具。



【選択図】 図1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金からなる切削工具の工具刃先において、すくい面にダイヤモンド層が形成されており、前記切削工具の逃げ面は、前記ダイヤモンド層および前記炭化タングステン基超硬合金の二層となることを特徴とする切削工具。

**【請求項 2】**

前記ダイヤモンド層は、50 μmから200 μmであることを特徴とする請求項 1 に記載の切削工具。

**【請求項 3】**

前記ダイヤモンド層は、前記炭化タングステン基超硬合金と、コバルトと一体焼結したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の切削工具。

10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、主に炭素繊維強化樹脂（以下、CFRPという）等の切削工具に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

近年、CFRPは、その優れた機械的性質から適用範囲を急速に拡大させており、それとともに加工技術の向上が求められている。

20

**【0003】**

CFRPの切削加工において、刃先の鋭利さは層間剥離の有無を決定する因子である。通常、工具材料として高い強度を有する物質を選択することや、表面に硬質皮膜を付与して刃先の鋭利さを長期的に維持することを目指す。

**【0004】**

通常、図7(a)に示す従来例1のように切削工具の材料としてタングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金（以下、WC-Coという）を用いる。

30

**【0005】**

また、CFRPの切削加工には、図7(b)に示す従来例2のようにWC-Co基超硬合金で構成した基体の表面にダイヤモンド皮膜（以下、PCDという）を被覆した切削工具が一般的に用いられる。尚、図7(b)は、ダイヤモンド皮膜は、通常5 μm程度であるので膜厚を省略してある。この際、特許文献1に示すように優れた耐摩耗性を長期にわたり維持するため、即ち、工具摩耗の絶対量を減らすためにPCDの膜質あるいは基体とダイヤモンド皮膜との中間膜の検討等がなされている。また、高価にはなるが全てダイヤモンドで構成した切削工具もある。

**【先行技術文献】****【特許文献】**

40

**【0006】**

【特許文献1】特開2011-121142号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、炭素繊維の高い硬度に起因する工具損傷が生じるため、上述したコンセプトに基づく工具の長寿命化は容易ではない。即ち、CFRPは難加工材であるため加工時間とともに切削工具の切削刃自体の形状変化が避けられない。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

50

本発明は、切削工具の摩耗の絶対量を減らすという従来の考え方ではなく、すくい面側と逃げ面側の摩耗量の比に着目することで、刃先の鋭利さを維持する。

【0009】

発明1は、タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金からなる切削工具の工具刃先において、すくい面にダイヤモンド層が形成されており、前記切削工具の逃げ面は、ダイヤモンド層および炭化タングステン基超硬合金の二層となることを特徴とする切削工具である。

発明2は、ダイヤモンド層は、50 $\mu$ mから200 $\mu$ mであることを特徴とする発明1に記載の切削工具である。

発明3は、ダイヤモンド層は、炭化タングステン基超硬合金と、コバルトと一体焼結したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の切削工具である。

【発明の効果】

【0010】

発明1は、タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金(WC-Co層)からなる切削工具の工具刃先において、すくい面にダイヤモンド層(PCD層)が形成されており、前記切削工具の逃げ面は、ダイヤモンド層(PCD層)および炭化タングステン基超硬合金(WC-Co層)の二層(PCD/WC-Co二層)となることを特徴とする切削工具である。

発明1によると、すくい面にはPCD層を形成して工具の磨耗を減らし、逃げ面には、PCD層およびWC-Co層を形成して、ある程度の摩耗を許容する。よって、PCD/WC-Co二層の工具は、CFRPの切削時に発生するアプレシブ摩耗による工具磨耗を刃先近傍の材料硬さ分布で局在化させることで、刃先の鋭利さを維持する効果がある。

発明2は、ダイヤモンド層(PCD層)は、50 $\mu$ mから200 $\mu$ mであることを特徴とする発明1に記載の切削工具である。

発明2によると、通常CFRPの切削において、逃げ面の大きさ(長さ)は、300 $\mu$ m程度あるので、PCD層を50 $\mu$ mから200 $\mu$ mとすることで、刃先の鋭利さを維持しつつ、逃げ面にPCD層およびWC-Co層の二層を存在させることができる。

発明3は、ダイヤモンド層(PCD層)は、炭化タングステン基超硬合金と、コバルトと一体焼結したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の切削工具である。

発明3により、PCD層を通常より厚みをもたせつつ、機械的強度も十分なものにすることができ。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明のPCD/WC-Co二層工具の模式図である。

【図2】フライカット試験機の模式図を示す。

【図3】フライカット試験機により計測した、主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ を示す。

【図4】フライカット試験機により計測した、切削距離Lにたいする主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ を示す。

【図5】背分力 $F_t$ が400Nに達した時の各工具の断面プロファイルを示す

【図6】切削距離200mにおけるPCD/WC-Co二層工具10およびPCD工具31の刃先断面プロファイルを示す。

【図7】従来の切削工具を示す。(a)従来例1として、タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金のみの切削工具(以下、WC-Co工具という)を示す。(b)従来例2として、ダイヤモンド皮膜付きのWC-Co基超硬合金の切削工具(以下、PCD工具という)を示す。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0012】

以下、図面を参照しつつ本発明のPCD/WC-Co二層工具10の実施の形態について説明する。PCD/WC-Co二層工具10は、以下の実施形態に限定されるものではなく、発明の範囲を

10

20

30

40

50

逸脱しない限りにおいて、変更、修正、改良を加え得るものである。

【0013】

図1に、実施形態のPCD/WC-Co二層工具10を示す。

WC-Co層11は、タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金からなる切削工具切削工具の刃は炭化タングステン(WC)基超硬合金で構成される。

PCD層12は、工具すくい面にある。ダイヤモンドとコバルトを超硬基板上で一体焼結したものである。

即ち、工具すくい面側に耐摩耗性に優れるPCD層12(多結晶ダイヤモンド)、逃げ面側にPCDより劣るWC-Co層11(超硬)を配したPCD/WC-Co二層工具である。

すくい面にはPCD層12を形成して工具の磨耗を減らし、逃げ面には、PCD層12およびWC-Co層11を形成して、ある程度の摩耗を許容する。よって、PCD/WC-Co二層工具は、CFRPの切削時に発生するアプレシブ摩耗による工具磨耗を刃先近傍の材料硬さ分布で局在化させることで、刃先の鋭利さを維持する効果がある。

【0014】

図1に示すように、切削工具はすくい面および逃げ面を有し、この両面のなす角が刃先角である。すくい面の角度は $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 、逃げ面の角度は $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、刃先角は $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ が好ましい。

【0015】

発明の効果を確認する実験を、図1および図7に示す3種類の切削工具を準備して行った。図1に示すPCD/WC-Co二層工具10は、工具すくい面に厚さ $100\mu\text{m}$ のPCD層を付与し、逃げ面は超硬母材となっている。なお、同工具はダイヤモンドとコバルトを超硬基板上で一体焼結したものであり、切削試験中にPCD層が剥離することはなかった。PCD工具31およびPCD/WC-Co二層工具10のPCDの結晶粒径は $10\mu\text{m}$ である。

尚、PCD工具31は、皮膜厚さの影響を無くすため、内部も全てダイヤモンドの物を制作した。

また、切削試験に使用した切削工具は、初期刃先丸みが $10\mu\text{m}$ 以下である。

【0016】

フライカット試験

切削試験として、厚さ3mm、幅75mmのCFRP板を用いたフライカット試験を行った。フライカット試験における主な加工条件を表1に示す。

【0017】

【表1】

切削速度 <sup>Ⓐ</sup>	$30\text{m}/\text{min}$ <sup>Ⓐ</sup>
切削刃送り速度 <sup>Ⓐ</sup>	$50\mu\text{m}/\text{回転}$ <sup>Ⓐ</sup>
切り込み深さ <sup>Ⓐ</sup>	$2.0\text{mm}$ <sup>Ⓐ</sup>
切削刃移動方向に対する炭素繊維の配向方向 <sup>Ⓐ</sup>	$0^{\circ}$ <sup>Ⓐ</sup>
切削方向 <sup>Ⓐ</sup>	下方 <sup>Ⓐ</sup>

【0018】

図2に、立型マシニングセンターを用いたフライカット試験機の模式図を示す。

CFRP板の炭素繊維の直径は $8\mu\text{m}$ であり、プリプレグ(厚さ $200\mu\text{m}$ )は厚み方向に積層されている。炭素繊維の配向方向は、工具の送り方向と平行( $=0^{\circ}$ )とした(図2参照)。切削時の加工力のX方向成分( $F_x$ )およびY方向成分( $F_y$ )を、CFRP板の下方に設置した水晶圧電式切削動力計を用いて計測した。

数1から、切削分力 $F_p$ (切削方向の主分力。以下、主分力 $F_p$ という)および $F_t$ (切削方向に垂直なスラスト分力。以下、背分力 $F_t$ という)を算出した。ここで、 $\theta$ はフライカット試験機の立型マシニングセンター主軸の回転角である。

10

20

30

40

## 【数 1】

$$F_p = F_x \cos \varphi + F_y \sin \varphi$$

$$F_t = -F_x \sin \varphi + F_y \cos \varphi$$

## 【0019】

各切削工具の摩耗量を定量的に評価するために工具刃先の観察を行った。摩耗量の変化は、所定の切削距離において光学顕微鏡により観察した。さらに、触針式粗さ計を用いて工具刃先の形状を測定した。本実験では、加工力のY方向成分 ( $F_y$ ) が約400Nになった時点で切削試験を終了した。したがって、総切削距離は工具により異なる。

## 【0020】

図3に、フライカット試験機により計測した、主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ を示す。

10

切削工具は、従来例2のダイヤモンド層のみを用い、1サイクル中における主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ の推移を示す。主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ は、切削距離の増加にともない増加することがわかる。これは、切削距離の増加にともない工具摩耗が進行し、工具刃先の鋭利さが失われるためである。

同様の傾向は、WC-Co工具30およびPCD/WC-Co二層工具10においても確認した。

## 【0021】

フライカット1サイクル中に発生する切削分力のパルス幅  $t_p$  は、切削距離の増加にともない増大している。これは刃先の鋭利さが失われることで、パニング領域が増大し、実質的な切込み深さが増加したことを意味する。すなわち、パルス幅の増大という実験事実から、切削距離の増加によりパニング力（背分力 $F_t$ と同じ）が増大していることが予想される。PCD工具31およびPCD/WC-Co二層工具10においても同様の傾向が確認された。

20

## 【0022】

図4に主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ の最大値の推移を示す。まず、WC-Co工具30およびPCD工具31に着目する。図4より、WC-Co工具30はPCD工具31と比較して、主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ が急激に増加していることがわかる。

本実験において、背分力 $F_t$ が400Nに達するまでの平均工具摩耗率（単位切削距離当たりの切れ刃各面における摩耗幅）を比較すると、WC-Co工具の場合は、すくい面摩耗率は1.01  $\mu\text{m}/\text{m}$  であり、逃げ面摩耗率は、2.92  $\mu\text{m}/\text{m}$ であった。

一方で、PCD工具31の場合は、すくい面摩耗率は、0.15  $\mu\text{m}/\text{m}$ であり、逃げ面摩耗率は0.71  $\mu\text{m}/\text{m}$ であった。

30

CFRPの切削加工において、切り残された繊維は、弾性変形により工具下方にもぐり込み逃げ面を激しく擦過する。その結果、すくい面側よりも逃げ面側で大きな摩耗率が表れる。

PCDと比較して耐摩耗性に劣る超硬では、急速に摩耗が進行し、主分力 $F_p$ および背分力 $F_t$ が急激に増加したと考えられる。

## 【0023】

次に、PCD/WC-Co二層工具10の推移に着目する。図4(b)より、背分力 $F_t$ （パニング力）の増加速度は、他のどの工具よりも小さい値となった。すなわち、逃げ面に耐摩耗性に劣る超硬をあえて配することで、PCD単一工具であるPCD工具31よりも寿命が向上するという結果が得られた。これはCFRPの切削時に発生するアプレシブ摩耗による工具摩耗を刃先近傍の材料硬さ分布で局在化させることで、刃先の鋭利さを維持する効果があるためである。

40

PCD/WC-Co二層工具10において、背分力 $F_t$ が400Nに達するまでの平均工具摩耗率は、すくい面摩耗率が0.13  $\mu\text{m}/\text{m}$ 、逃げ面摩耗率が0.93  $\mu\text{m}/\text{m}$ であった。

## 【0024】

また、WC-Co工具、PCD工具31およびPCD/WC-Co二層工具10を比較する。

加工力の増加率の大きさは、WC-Co工具30 > PCD工具31 > PCD/WC-Co二層工具10の順である。

逃げ面摩耗率の大きさは、それとは異なり、WC-Co工具30 > PCD/WC-Co二層工具10 > PCD工具31の順である。

一方、すくい面摩耗率と逃げ面摩耗率の比は、加工力と同様に、WC-Co工具30 > PCD工具

50

3 1 > PCD/WC-Co二層工具 1 0 となった。

【 0 0 2 5 】

以上の結果は、冒頭で述べたとおり、工具摩耗の絶対量のみ注目するのみではなく、すくい面 / 逃げ面摩耗比も工具長寿命化への重要な因子である。

【 0 0 2 6 】

( 刃先の摩耗形状 )

すくい面 / 逃げ面摩耗比がなぜ加工力の増加を抑制する因子であるのかを考える。図 5 に背分力 $F_t$ が400Nに達した時の各工具の断面プロファイルを示す。WC-Co工具 3 0、PCD工具 3 1、PCD/WC-Co二層工具 1 0 の断面プロファイルは、それぞれ切削距離30m, 200m, 300mでの刃先の摩耗形状を示している。図 5 から明らかであるように、刃先の摩耗量は、PCD/WC-Co二層工具 1 0 > PCD工具 3 1 > WC-Co工具 3 0 の順に大きい。一方で、前述のようにそれぞれの加工力は同程度である。すなわち、加工力を決定する支配因子が工具の摩耗体積の絶対値のみではないことが示唆される。

10

【 0 0 2 7 】

PCD/WC-Co二層工具 1 0 において、逃げ面には、PCD層 1 2 とWC-Co層 1 1 が存在することが必要である。通常CFRPの切削において、工具の逃げ面の大きさ(長さ)は、300  $\mu$ m程度ある。よって、切削加工においてWC-Co層 1 1 を存在させるために、PCD層 1 2 の厚みは、最大値200  $\mu$ m程度必要となる。

また、PCD層 1 2 の厚みの最小値として、従来例 2 で用いられている5  $\mu$ mでは、逃げ面にPCD層がないために、刃先の鋭利さを維持する効果を得ることができない。即ち、薄いために機械的強度がなく切削抵抗によって割れて剥がれてしまう。従って、機械的強度が十分な厚さである50  $\mu$ m以上が必要となる。

20

よって、PCD層 1 2 の厚みは、50  $\mu$ m ~ 200  $\mu$ mが良い。

【 0 0 2 8 】

図 6 に切削距離200mにおけるPCD工具 3 1 およびPCD/WC-Co二層工具 1 0 の刃先断面プロファイルを示す。図 6 より、PCD/WC-Co二層工具 1 0 は、PCD工具 3 1 と比較して工具逃げ面に顕著な摩耗が生じており、PCD工具 3 1 よりも鋭利な刃先を保持していることが確認できる。PCD/WC-Co二層工具 1 0 の場合、刃先近傍に硬さ分布を付与することで工具すくい面と逃げ面に局在的な硬度差が生じる。これにより、機械的な性質の劣る工具逃げ面が優先的に摩耗することで、刃先部の鋭利さが保持されたと考えられる。すなわち、パニング力(背分力 $F_t$ )の増大が顕著に現れるCFRPの切削においては、刃先近傍の材料硬さ分布によって、逃げ面側を相対的に大きく摩耗させることが、パニング力(背分力 $F_t$ )の増大を低減させ、工具の長寿命化につながる事がわかる。

30

【 0 0 2 9 】

CFRPの切削加工に関して工具すくい面と逃げ面の摩耗量の比に着目し、PCD/WC-Co二層工具 1 0 を作成し、フライカット試験を行い、PCD/WC-Co二層工具 1 0 は、他の単一材料工具よりも加工力の増加が抑制され、工具を長寿命化できることを確認した。PCD/WC-Co二層工具 1 0 による加工力増加の抑制効果は、すくい面 / 逃げ面摩耗比を小さくすることで実効的な刃先鋭利さが増加するためである。

【 0 0 3 0 】

以上より、本発明は以下の効果がある。

発明 1 は、タングステンカーバイド及び結合相形成成分として少なくともコバルトを含有する炭化タングステン基超硬合金(WC-Co層 1 1)からなる切削工具の工具刃先において、すくい面にダイヤモンド層(PCD層 1 2)が形成されており、前記切削工具の逃げ面は、ダイヤモンド層(PCD層 1 2)および炭化タングステン基超硬合金(WC-Co層 1 1)の二層(PCD/WC-Co二層)となることを特徴とする切削工具である。

発明 1 によると、すくい面にはPCD層 1 2 を形成して工具の磨耗を減らし、逃げ面には、PCD層 1 1 およびWC-Co層 1 2 を形成して、ある程度の摩耗を許容する。よって、PCD/WC-Co二層工具 1 0 は、CFRPの切削時に発生するアプレシブ摩耗による工具摩耗を刃先近傍の材料硬さ分布で局在化させることで、刃先の鋭利さを維持する効果がある。

40

50

発明 2 は、ダイヤモンド層 (PCD層 1 2 ) は、5 0 μ m から 2 0 0 μ m であることを特徴とする発明 1 に記載の切削工具である。

発明 2 によると、通常CFRPの切削において、逃げ面の大きさ (長さ) は、3 0 0 μ m 程度あるので、PCD層 1 2 を 5 0 μ m から 2 0 0 μ m とすることで、刃先の鋭利さを維持しつつ、逃げ面にPCD層 1 2 およびWC-Co層 1 1 の二層を存在させることができる。

発明 3 は、ダイヤモンド層 (PCD層) は、炭化タングステン基超硬合金と、コバルトと一体焼結したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の切削工具である。

発明 3 により、PCD層 1 2 を通常より厚みをもたせつつ、機械的強度も十分なものにすることができる。

【産業上の利用可能性】

10

【0 0 3 1】

本発明は、炭素繊維強化樹脂等の繊維強化樹脂積層体部品の切削加工に利用することができる。自動車、航空機などには鉄、ステンレス、アルミ、ジュラルミンなどの薄板を切削加工した部品が大量に使われている。これらの代替品として、繊維強化積層体の部品は、軽量で機械的特性が良いことから使用が開始されているが高コストである。本発明によれば、切削加工のコスト低減が図れるので、繊維強化樹脂積層体の部品の普及に寄与することができる。

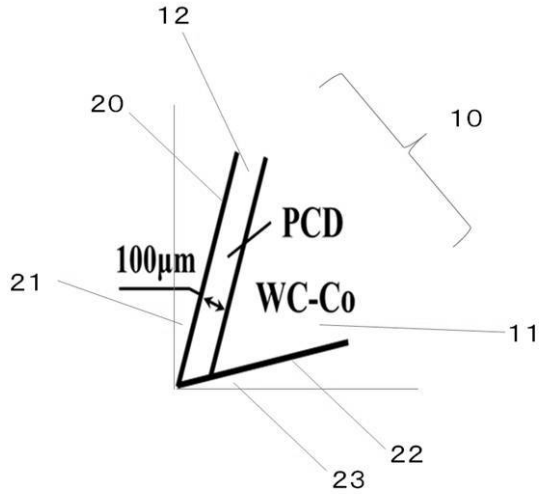
【符号の説明】

【0 0 3 2】

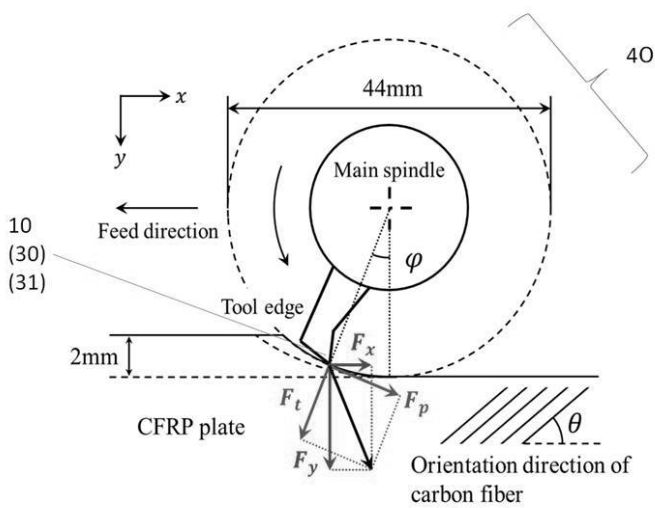
1 0	PCD/WC-Co二層工具	20
1 1	WC-Co層	
1 2	PCD層	
2 0	すくい面	
2 1	すくい面角度	
2 2	逃げ面	
2 3	逃げ面角度	
3 0	WC-Co工具 (従来例 1 )	
3 1	PCD工具 (従来例 2 )	
4 0	フライカット試験機 (模式図)	

30

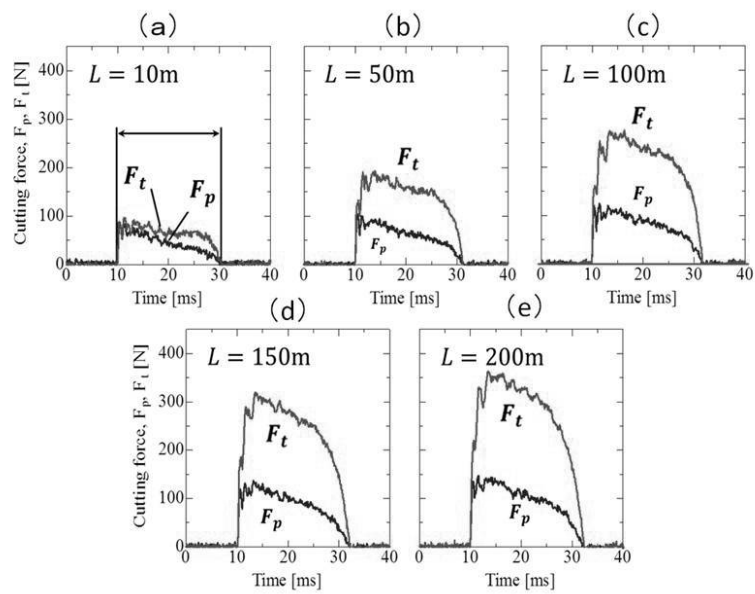
【 図 1 】



【 図 2 】

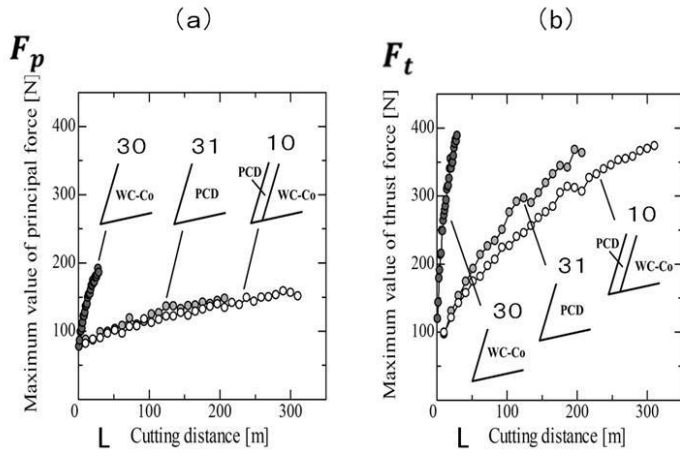


【 図 3 】

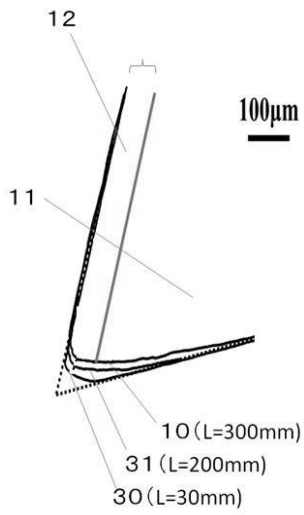




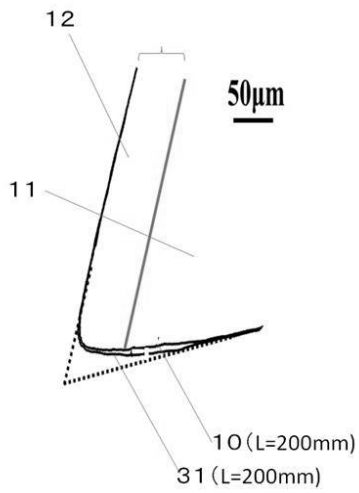
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

