

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7497459号
(P7497459)

(45)発行日 令和6年6月10日(2024.6.10)

(24)登録日 令和6年5月31日(2024.5.31)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 C 5/10 (2006.01)

B 2 3 C 5/10 Z

B 2 3 C 5/16 (2006.01)

B 2 3 C 5/16

請求項の数 2 (全18頁)

(21)出願番号	特願2022-565011(P2022-565011)	(73)特許権者	000103367
(86)(22)出願日	令和2年11月30日(2020.11.30)		オーエスジー株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/044551		愛知県豊川市本野ヶ原三丁目2番地
(87)国際公開番号	WO2022/113358	(74)代理人	100085361
(87)国際公開日	令和4年6月2日(2022.6.2)		弁理士 池田 治幸
審査請求日	令和5年5月26日(2023.5.26)	(74)代理人	100147669
			弁理士 池田 光治郎
		(72)発明者	請井 重俊
			愛知県豊川市一宮町宮前149 オーエスジー株式会社内
		(72)発明者	磯部 全孝
			愛知県豊川市一宮町宮前149 オーエスジー株式会社内
		審査官	小川 真

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンドミル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数枚の外周切れ刃を有するエンドミルにおいて、
前記複数枚の外周切れ刃のねじれ角は互いに等しい一方、
前記複数枚の外周切れ刃の少なくとも1枚は、ニック刃またはラフィング刃から成る凹凸刃が設けられている凹凸刃付き切れ刃であり、
前記凹凸刃は、前記凹凸刃付き切れ刃の刃長の一部分のみに設けられており、
前記凹凸刃付き切れ刃は、工具軸方向においてシャンク側端部から底刃側に向かって刃長の70%の範囲の中の該刃長の5%~65%の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃A、工具軸方向において底刃側端部からシャンク側に向かって刃長の70%の範囲の中の該刃長の5%~65%の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃B、および工具軸方向における刃長の中央から該工具軸方向の両方向へ刃長の35%の範囲の中の該刃長の5%~65%の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃Cの何れかであり、
前記複数枚の外周切れ刃は、前記凹凸刃付き切れ刃である前記切れ刃A~Cと、前記凹凸刃が無い切れ刃Dとの4種類の切れ刃A~Dの何れかで、隣り合う外周切れ刃が異なる種類となるように2種類以上を含んで構成されており、
前記複数枚の外周切れ刃のねじれ角は0°~5°の範囲内である
ことを特徴とするエンドミル。

【請求項5】

前記複数枚の外周切れ刃が設けられた刃部の表面が硬質被膜で被覆されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載のエンドミル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はエンドミルに係り、特に、ビビリ振動の抑制に有効な新たな技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

エンドミルによる切削加工時にビビリ振動が生じると、切削速度が制限されたり加工面の面粗さが損なわれたりする。このようなビビリ振動を抑制するために、複数枚の外周切れ刃のねじれ角が互いに相違している不等リードエンドミルが提案されている。特許文献 1 に記載のエンドミルはその一例であり、ねじれ角の相違に伴って切削力（抵抗）の向きや大きさが異なるとともに切れ刃の間隔が変化することで共振が抑制され、その共振に起因して生じるビビリ振動が抑制される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開昭 63 - 89212 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

しかしながら、このような不等リードエンドミルは、ねじれ角が異なる複数の外周切れ刃が互いに干渉する可能性があるため、刃長や刃数、ねじれ角差が制約され、ねじれ角等の工具の設計が面倒であるとともに、ビビリ振動を適切に防止できない場合があった。図 38 は、刃 1 ~ 刃 6 で示される外周切れ刃が干渉（交差）する場合を例示した展開図で、上がシャンク側で下が底刃側であり、何れも右ねじれで、シャンク側から見て右まわりに回転駆動されて切削加工を行なうものである。左端の 3 枚刃の場合には、ねじれ角差が大きい刃 3 と刃 1 とが干渉する場合がある。中央の 6 枚刃の場合には、間隔が狭くて隣接する刃 2 と刃 3、刃 4 と刃 5、刃 6 と刃 1 とが、それぞれ干渉する場合がある。右端のロング刃長の 4 枚刃の場合には、ねじれ角差が比較的小さくても隣接する刃 2 と刃 3、刃 4 と刃 1 とが、それぞれ干渉する場合がある。

30

【0005】

本発明は以上の事情を背景として為されたもので、その目的とするところは、ねじれ角が相違する不等リードとすることなくビビリ振動の抑制に有効な新たなエンドミルを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

かかる目的を達成するために、第 1 発明は、複数枚の外周切れ刃を有するエンドミルにおいて、（a）前記複数枚の外周切れ刃のねじれ角は互いに等しい一方、（b）前記複数枚の外周切れ刃の少なくとも 1 枚は、ニック刃またはラフィング刃から成る凹凸刃が設けられている凹凸刃付き切れ刃であり、（c）前記凹凸刃は、前記凹凸刃付き切れ刃の刃長の一部分のみに設けられており、（d）前記凹凸刃付き切れ刃は、工具軸方向においてシャンク側端部から底刃側に向かって刃長の 70% の範囲の中のその刃長の 5% ~ 65% の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃 A、工具軸方向において底刃側端部からシャンク側に向かって刃長の 70% の範囲の中のその刃長の 5% ~ 65% の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃 B、および工具軸方向における刃長の中央からその工具軸方向の両方向へ刃長の 35% の範囲の中のその刃長の 5% ~ 65% の範囲に前記凹凸刃が設けられている切れ刃 C の何れかであり、（e）前記複数枚の外周切れ刃は、前記凹凸刃付き切れ刃である前記切れ刃 A ~ C と、前記凹凸刃が無い切れ刃 D との 4 種類の切れ刃 A ~ D の何れかで、隣り合う外周切れ刃が異なる種類となるように 2 種類以上を含んで構成されてお

40

50

り、(f)前記複数枚の外周切れ刃のねじれ角は $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の範囲内であることを特徴とする。

なお、外周切れ刃は必ずしもねじれ刃である必要はなく、ねじれ角が 0° の直刃であっても良い。また、ねじれ方向は関係無く、右ねじれであっても左ねじれであっても $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の範囲内であれば良く、左右両方で計 10° の範囲内であれば良い。

【0010】

第2発明は、第1発明のエンドミルにおいて、前記複数枚の外周切れ刃が設けられた刃部の表面が硬質被膜で被覆されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

このようなエンドミルにおいては、複数枚の外周切れ刃の少なくとも1枚は、ニック刃またはラフィング刃から成る凹凸刃が設けられている凹凸刃付き切れ刃であり、且つその凹凸刃は凹凸刃付き切れ刃の刃長の一部分のみに設けられているため、凹凸刃の有無によって切削力の大きさが部分的に相違する。すなわち、凹凸刃が設けられた部分は切削力が小さくなるため、この切削力の相違によって共振が抑制され、複数枚の外周切れ刃のねじれ角が互いに等しいエンドミルにおいても、共振に起因して生じるビビリ振動が抑制される。

【0012】

また、凹凸刃が設けられる範囲が何れも刃長の $5\% \sim 65\%$ の範囲内で、その凹凸刃が設けられる位置が異なる3種類の切れ刃A、B、Cの何れかが凹凸刃付き切れ刃として設けられるため、凹凸刃の有無等による切削力の大きさの変化でビビリ振動を適切に抑制することができる。

【0013】

また、複数枚の外周切れ刃が、上記切れ刃A～Cと、凹凸刃が無い切れ刃Dとの4種類の切れ刃A～Dの何れかで、隣り合う外周切れ刃が異なる種類となるように2種類以上を含んで構成されているため、凹凸刃の有無や凹凸刃の位置が隣接する外周切れ刃同士で異なるため、ビビリ振動を一層適切に抑制することができる。また、凹凸刃を設けるとワークの表面部分でバリが生じる可能性があるが、凹凸刃の有無や位置が異なる2種類以上の切れ刃を含んで構成されるため、バリの発生を抑制することができる。

【0014】

また、ねじれ角が $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の範囲内で比較的小さく、送り分力が大きくなって振動が発生し易くなるため、凹凸刃付き切れ刃を設けることにより振動を抑制する、という本発明の効果が顕著に得られる。また、ねじれ角が小さいと溶着が発生し易くなって切削速度が制約されるが、凹凸刃によって切り屑が分断されることにより溶着が抑制され、切削速度の制限が緩和されて高切削速度（高回転速度）による切削加工が可能となる。また、凹凸刃付き切れ刃が設けられると、ねじれ角が大きくなった場合に刃欠けが生じ易くなるが、ねじれ角が 5° 以下とされることにより刃欠けが抑制され、この点でも高切削速度（高回転速度）による切削加工が可能となる。

【0015】

第2発明では、複数枚の外周切れ刃が設けられた刃部の表面が硬質被膜で被覆されているため、部分的な凹凸刃の存在に拘らず優れた切削耐久性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施例であるエンドミルを示した概略斜視図である。

【図2】図1のエンドミルが備えている3枚の外周切れ刃として採用される4種類の切れ刃A～Dを説明する図である。

【図3】図2の凹凸刃Erとして設けられるニック刃およびラフィング刃を、普通刃と比較して例示した図である。

【図4】図1のエンドミルが備えている3枚の外周切れ刃が図2の4種類の切れ刃A～Dの中の3種類で構成される場合の具体例を説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 5】図 4 の具体例を含めて、複数の外周切れ刃が 4 種類の切れ刃 A ~ D で構成される組合せを例示した図である。

【図 6】図 1 のエンドミルの 3 枚の外周切れ刃が図 2 の切れ刃 A、B、および D によって構成されている場合に、それ等の外周切れ刃を軸心まわりに展開して示した展開図である。

【図 7】3 枚の外周切れ刃が左ねじれの実施例を説明する図で、図 6 に対応する展開図である。

【図 8】3 枚の外周切れ刃が不等間隔の実施例を説明する図で、図 6 に対応する展開図である。

【図 9】3 枚の外周切れ刃による切削力の向きおよび大きさ（太さ）を、本発明品と不等リードの従来品とを比較して説明する図である。

10

【図 10】切削加工試験を行なう際に用いた 3 種類の試験品 No 1 ~ No 3 を説明する図である。

【図 11】切削加工試験で測定する抵抗値の合力 F を説明する図である。

【図 12】切削加工試験における被削材と工具との位置関係を説明する図である。

【図 13】切削加工試験で測定した抵抗値の合力 F の振幅を説明する図である。

【図 14】切削加工試験の加工条件を説明する図である。

【図 15】図 14 の加工条件で切削加工を行なって測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振幅と比率を説明する図である。

【図 16】図 15 の条件 1 における試験品 No 1 ~ No 3 の振幅をグラフにより比較して示した図である。

20

【図 17】図 14 の条件 1 による切削加工で測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振動波形を比較して示した図である。

【図 18】図 15 の条件 2 における試験品 No 1 ~ No 3 の振幅をグラフにより比較して示した図である。

【図 19】図 14 の条件 2 による切削加工で測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振動波形を比較して示した図である。

【図 20】図 10 と同じ試験品 No 1 ~ No 3 を用いて被削材が異なる別の切削加工試験を行なった際の加工条件を説明する図である。

【図 21】図 20 の加工条件で切削加工を行なって測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振幅と比率を説明する図である。

30

【図 22】図 21 における試験品 No 1 ~ No 3 の振幅をグラフにより比較して示した図である。

【図 23】図 20 の加工条件による切削加工で測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振動波形を比較して示した図である。

【図 24】6 種類の試験品 No 1 ~ No 6 の切れ刃形状を説明する図である。

【図 25】図 24 の試験品 No 1 ~ No 6 を用いて行なった切削加工試験の加工条件を説明する図である。

【図 26】図 25 の加工条件で切削速度を変更しながら切削加工試験を行なって得られた試験結果を説明する図で、振動が大きくて加工不可であるか否かを切削速度毎に ○ × で示した図である。

40

【図 27】3 種類の試験品 No 1 ~ No 3 の切れ刃形状を説明する図である。

【図 28】図 27 の試験品 No 1 ~ No 3 を用いて行なった切削加工試験の加工条件を説明する図である。

【図 29】図 28 の加工条件による切削加工で測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振動波形を比較して示した図である。

【図 30】図 27 と同じ試験品 No 1 ~ No 3 を用いて被削材が異なる別の切削加工試験を行なった際の加工条件を説明する図である。

【図 31】図 30 の加工条件による切削加工で測定された試験品 No 1 ~ No 3 の抵抗値の合力 F の振動波形を比較して示した図である。

【図 32】8 種類の試験品 No 1 ~ No 8 の切れ刃形状を説明する図である。

50

【図 3 3】図 3 2 の試験品 No 5 ~ No 8 の切れ刃形状を更に具体的に説明する図である。

【図 3 4】図 3 2 の試験品 No 1 ~ No 8 を用いて行なった切削加工試験の加工条件を説明する図である。

【図 3 5】図 3 4 の加工条件で切削速度を変更しながら切削加工試験を行なって得られた試験結果を説明する図で、溶着や刃欠けに関する判定結果を切削速度毎に示した図である。

【図 3 6】図 3 2 の試験品 No 2 および No 6 について切削加工試験を行ない、図 3 7 に示す溶着の有無および切り屑を観察した際の加工条件を具体的に示した図である。

【図 3 7】図 3 6 の加工条件による試験結果を説明する図で、すくい面における溶着の有無および切り屑の写真を例示した図である。

【図 3 8】不等リードの従来品の外周切れ刃の干渉を説明する図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明のエンドミルは、シャンク側から見て右まわりに回転駆動されて切削加工を行なうものでも、左まわりに回転駆動されて切削加工を行なうものでも良い。エンドミルの刃数は 3 枚 ~ 5 枚が広く用いられているが、2 枚刃或いは 6 枚刃以上のエンドミルにも適用され得る。外周切れ刃は、ねじれ角が 0° の直刃でも良いし右ねじれ或いは左ねじれのねじれ刃であっても良い。

【0019】

本発明のエンドミルは、例えば CFRP (炭素繊維強化プラスチック) や CFRTP (炭素繊維強化熱可塑性プラスチック) 等の FRP (繊維強化プラスチック) に対するトリミング加工 (外周切削加工) に好適に用いられるが、鉄鋼材料などの他の被削材に対する切削加工に使用することも可能である。エンドミルの材質としては、例えば超合金や高硬度焼結体が好適に用いられるが、高速度工具鋼等の他の硬質工具材料を採用することも可能で、必要に応じて切削耐久性を高めるために硬質被膜がコーティングされる。硬質被膜としては、金属間化合物の他、ダイヤモンド被膜などを採用することもできる。金属間化合物としては、元素の周期表の 4 族、5 族、6 族、13 族の金属、例えば Al、Ti、V、Cr などの炭化物、窒化物、炭窒化物、或いはこれ等の相互固溶体が適当で、具体的には TiN、TiAlN、TiCN、TiCrN、AlCrN などが好適に用いられる。このような金属間化合物の硬質被膜は、例えばアークイオンプレーティング法やスパッタリング法等の PVD 法によって好適に設けられるが、プラズマ CVD 法等の他の成膜法で設けることもできる。

20

30

【実施例】

【0020】

以下、本発明の実施例を、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施例において、図は説明のために適宜簡略化或いは変形されており、各部の寸法比および形状等は必ずしも正確に描かれていない。

図 1 は、本発明の一実施例であるエンドミル 10 を示す斜視図である。このエンドミル 10 は、シャンク 12 と刃部 14 とを同心に備えており、刃部 14 には 3 本の溝が設けられることにより 3 枚の外周切れ刃 20a、20b、20c (以下、特に区別しない場合は単に外周切れ刃 20 という。) が形成されている。3 枚の外周切れ刃 20a、20b、20c の先端には、それぞれ底刃 22a、22b、22c (以下、特に区別しない場合は単に底刃 22 という。) が連続して設けられている。このエンドミル 10 は、シャンク 12 側から見て右まわりに回転駆動されることにより切削加工を行なうものである。エンドミル 10 は超合金にて構成されているとともに、刃部 14 の表面にはダイヤモンド被膜等の硬質被膜 24 がコーティングされている。図 1 の斜線部は硬質被膜 24 を表している。

40

【0021】

3 枚の外周切れ刃 20 の少なくとも 1 枚は、ニック刃またはラフィング刃から成る凹凸刃 Er が設けられている凹凸刃付き切れ刃である。図 1 では、2 枚の外周切れ刃 20a および 20b が、凹凸刃 Er を有する凹凸刃付き切れ刃である。図 2 の切れ刃 A、切れ刃 B、切れ刃 C は、凹凸刃 Er が設けられた凹凸刃付き切れ刃の具体例で、図は凹凸刃 Er と

50

してラフィング刃が設けられている場合であり、図2の切れ刃Dは、凹凸刃Erが設けられていない普通刃である。図3は、凹凸刃Erであるニック刃およびラフィング刃を普通刃と比較して例示した図で、すくい面側から見た拡大写真である。普通刃は、ニック（溝）やラフィング（波形）が無い一定外径寸法の滑らかな通常の切れ刃である。

【0022】

図2において、切れ刃Aは、工具軸方向においてシャンク側端部から底刃側に向かって刃長Lの70%の範囲（ $0.7L$ ）の中の刃長Lの5%～65%の範囲（ $0.05L \sim 0.65L$ ）に凹凸刃Erが設けられている。切れ刃Bは、工具軸方向において底刃側端部からシャンク側に向かって刃長Lの70%の範囲（ $0.7L$ ）の中の刃長Lの5%～65%の範囲（ $0.05L \sim 0.65L$ ）に凹凸刃Erが設けられている。切れ刃Cは、工具軸方向における刃長Lの中央から工具軸方向の両方向へ刃長Lの35%の範囲（ $0.35L$ ）の中の刃長Lの5%～65%の範囲（ $0.05L \sim 0.65L$ ）に凹凸刃Erが設けられている。そして、本実施例のエンドミル10の3枚の外周切れ刃20は、凹凸刃付き切れ刃である上記切れ刃A～C、および凹凸刃Erが無い切れ刃Dの計4種類の切れ刃A～Dの中の何れかで、且つ隣り合う外周切れ刃20が異なる種類となるように2種類以上を含んで構成されている。3枚刃である本実施例のエンドミル10は、切れ刃A～Dの中の異なる3種類で3枚の外周切れ刃20が構成されている。図1では、外周切れ刃20aが切れ刃Aで、外周切れ刃20bが切れ刃Bで、外周切れ刃20cが切れ刃Dであるが、図4に例示したように種々の態様が可能である。図4の刃1～刃3は、3枚の外周切れ刃20a～20cを表しており、図中の「A」～「D」は、図2の「切れ刃A」～「切れ刃D」を表している。この他、「切れ刃A」、「切れ刃C」、および「切れ刃D」の組合せや、「切れ刃B」、「切れ刃C」、および「切れ刃D」の組合せも可能である。

10

20

【0023】

図5は、3枚刃、4枚刃、および5枚刃のエンドミルについて、隣り合う外周切れ刃が異なる種類となるように切れ刃A～Dの中の2種類以上を含んで構成した場合を例示した図である。

【0024】

一方、3枚の外周切れ刃20a、20b、20cのねじれ角は互いに等しい。また、3枚の外周切れ刃20a、20b、20cのねじれ角は $0^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内で、右ねじれであっても左ねじれであっても良く、左右両方で計 10° の範囲内で定められる。本実施例では、3枚の外周切れ刃20a、20b、20cはねじれ角が 0° の直刃、または切り屑がシャンク12側へ排出されるようにねじれ角が右ねじれ方向に 5° 以下の範囲内の右ねじれ刃とされる。図6は、エンドミル10の3枚の外周切れ刃20a、20b、20cが、それぞれ図2の切れ刃A、切れ刃B、切れ刃Dによって構成されている場合に、それ等の外周切れ刃20a、20b、20cを軸心まわりに展開して示した展開図で、刃1～刃3はそれぞれ外周切れ刃20a～20cに相当し、破線部分は凹凸刃Erである。また、刃1～刃3のねじれ角 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ （以下、特に区別しない場合は単にねじれ角 α という。）は $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ であり、その外周切れ刃20a、20b、20cは周方向に等間隔で配置されている。すなわち、刃1～刃3の間隔D1～D3（以下、特に区別しない場合は単に間隔Dという。）は $D_1 = D_2 = D_3$ である。図6は、ねじれ角 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ が 25° 程度の場合であるが、ねじれ角 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ を 5° 以下とした場合が本発明の一実施例である。図1～図4もねじれ角が 20° 程度であるが、 5° 以下とした場合が本発明の実施例である。

30

40

【0025】

図7は図6に対応する展開図で、外周切れ刃30が左ねじれの場合で、ねじれ角 $\beta_1 \sim \beta_3$ は何れも $0^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内で且つ $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$ である。また、外周切れ刃30の3枚の刃1～刃3は周方向に等間隔で配置されており、 $D_1 = D_2 = D_3$ である。図8は図6に対応する展開図で、外周切れ刃40は前記外周切れ刃20と同様に右ねじれで、ねじれ角 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ は $0^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内で且つ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ であるが、この外周切れ刃40の3枚の刃1～刃3は周方向に不等間隔で配置されており、 $D_1 \neq D_2 \neq D_3$ で

50

ある。間隔 $D_1 \sim D_3$ の中の 1 つでも相違している場合は不等間隔である。これ等の外周切れ刃 30、40 も、本発明の一実施例である。図 7 の左ねじれの外周切れ刃 30 も、不等間隔とすることができる。

【0026】

このようなエンドミル 10 によれば、外周切れ刃 20、30、40 の複数の刃 1 ~ 刃 3 の少なくとも 1 枚は、ニック刃またはラフィング刃から成る凹凸刃 E_r が設けられている凹凸刃付き切れ刃であり、且つその凹凸刃 E_r は凹凸刃付き切れ刃の刃長 L の一部分のみに設けられているため、凹凸刃 E_r の有無によって切削力の大きさが部分的に相違する。すなわち、凹凸刃 E_r が設けられた部分は切削力が小さくなるため、この切削力の相違によって共振が抑制され、外周切れ刃 20、30、40 のねじれ角 α 、 β が等しい等リード

10

【0027】

また、凹凸刃 E_r が設けられる範囲が何れも刃長 L の 5 % ~ 65 % の範囲内で、その凹凸刃 E_r が設けられる位置が異なる 3 種類の切れ刃 A、B、C の何れかが凹凸刃付き切れ刃として設けられる場合には、凹凸刃 E_r の有無等による切削力の大きさの変化でビビリ振動を適切に抑制することができる。

【0028】

また、例えば図 4、図 5 に示すように、複数枚の外周切れ刃 20 (刃 1 ~ 刃 5) が、切れ刃 A ~ C と、凹凸刃 E_r が無い切れ刃 D との 4 種類の切れ刃 A ~ D の何れかで、隣り合う外周切れ刃が異なる種類となるように、切れ刃 A ~ D の中の 2 種類以上で構成される場合には、凹凸刃 E_r の有無や凹凸刃 E_r の位置が隣接する外周切れ刃 20 同士で異なるため、ビビリ振動を一層適切に抑制することができる。また、凹凸刃 E_r を設けるとワークの表面部分でバリが生じる可能性があるが、凹凸刃 E_r の有無や位置が異なる 3 種類の切れ刃で構成されるため、バリの発生を抑制することができる。

20

【0029】

また、本実施例ではねじれ角 α 、 β が $0^\circ \sim 5^\circ$ の範囲内で比較的小さく、送り分力が大きくなって振動が発生し易くなるため、外周切れ刃 20、30、40 の刃 1 ~ 刃 3 の少なくとも 1 枚が凹凸刃 E_r を有する凹凸刃付き切れ刃とされることにより振動を抑制する、という効果が顕著に得られる。また、ねじれ角 α 、 β が小さいと溶着が発生し易くなって切削速度が制約されるが、凹凸刃 E_r によって切り屑が分断されることにより溶着が抑制され、切削速度の制限が緩和されて高切削速度 (高回転速度) による切削加工が可能となる。また、切れ刃 A ~ 切れ刃 C 等の凹凸刃付き切れ刃が設けられると、ねじれ角 α 、 β が大きくなった場合に刃欠けが生じ易くなるが、ねじれ角 α 、 β が 5° 以下とされることにより刃欠けが抑制され、この点でも高切削速度 (高回転速度) による切削加工が可能となる。

30

【0030】

また、外周切れ刃 20、30、40 が設けられた刃部 14 の表面が硬質被膜 24 で被覆されているため、部分的な凹凸刃 E_r の存在に拘らず優れた切削耐久性が得られる。

40

【0031】

図 9 は、前記図 6 に示す外周切れ刃 20 を備える前記エンドミル 10 である本発明品、および不等リードの従来品について、3 枚の外周切れ刃 (刃 1 ~ 刃 3) の展開図に切削力を白抜き矢印で示した図である。白抜き矢印の方向は切削力の方向で、太さは切削力の大きさを表している。本発明品は前記図 6 と同じで、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が図 2 の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 D によって構成されている場合で、刃 1 および刃 2 は凹凸刃 E_r が設けられた部分で切削力が小さくなるため、この切削力の相違により共振が抑制されて、不等リードの従来品と同様に防振効果が適切に得られる。

【0032】

次に、本発明の効果を具体的に明らかにするために行なった幾つかの切削加工試験を説

50

明する。

【 0 0 3 3 】

図 1 0 は切削加工試験を行なう際に用いた試験品 No 1 ~ No 3 の切れ刃形状を説明する図で、刃 1 ~ 刃 3 は 3 枚の外周切れ刃 2 0 a ~ 2 0 c に相当する。試験品 No 1 は、凹凸刃 E r が無い前記図 2 の切れ刃 D のみから成る従来品で、試験品 No 2 および No 3 は、凹凸刃 E r としてラフィング刃が設けられた凹凸刃付き切れ刃を有する本発明品である。試験品 No 2 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が前記図 2 の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 D から構成されており、試験品 No 3 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が前記図 2 の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C から構成されている。各切れ刃の括弧内の % は、刃長 L に対する凹凸刃 E r の長さの比率で、凹凸刃 E r を有する切れ刃 A、切れ刃 B、切れ刃 C は何れも 6 0 % である。これ等の試験品 No 1 ~ No 3 の 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 は、何れもねじれ角 α が 5° の右ねじれ刃であり、刃長 L は 1 2 mm で、刃径 ϕ は 6 mm である。図 1 1 は、切削加工試験で測定する抵抗値の合力 F を説明する図で、工具送り方向の送り分力 F_x 、加工面 W f (図 1 2 参照) に直角な方向の主分力 F_y 、および工具軸方向 (被削材の板厚方向) の背分力 F_z の合力 F を測定する。この合力 F は、ワーク W に加えられる負荷に対応する。図 1 2 は、切削加工試験におけるワーク W と工具 T との位置関係を説明する図で、テーブルから 3 0 mm 突き出した位置でワーク W の外周面にトリミング加工が行なわれる。図 1 3 は、切削加工試験で測定した抵抗値の合力 F の振幅を説明する図で、合力 F の最大値と最小値との幅が振幅である。

10

【 0 0 3 4 】

そして、図 1 4 に示す 2 つの加工条件 (条件 1 および条件 2) で被削材である C F R T P にトリミング加工を行い、合力 F を測定してその振幅を求めた結果が図 1 5 である。条件 1 と条件 2 とでは、切削速度および 1 刃当りの送り量が相違しており、条件 1 に比較して条件 2 は切削速度が速くて 1 刃当りの送り量が小さい。図 1 5 は、測定した合力 F の振幅と、試験品 No 1 (従来品) の振幅を 1 0 0 % とした場合の比率を示した図である。この図 1 5 から明らかなように、切削速度が 2 0 0 m / m i n で 1 刃当りの送り量が 0 . 0 8 mm / t の条件 1 では、試験品 No 2 の本発明品によれば振幅が 2 2 % 程度小さくなり、試験品 No 3 の本発明品によれば振幅が 4 1 % 程度小さくなった。また、条件 1 よりも切削速度が速くて 1 刃当りの送り量が小さい条件 2 では、試験品 No 2 の本発明品によれば振幅が 7 0 % 程度小さくなり、試験品 No 3 の本発明品によれば振幅が 8 0 % 程度小さくなり、防振効果が顕著となる。図 1 6 は、条件 1 の場合の振幅をグラフにより比較して示した図で、図 1 7 は、測定した合力 F の抵抗値の実際の振動波形を比較して示した図である。図 1 8 は、条件 2 の場合の振幅をグラフにより比較して示した図で、図 1 9 は、測定した合力 F の抵抗値の実際の振動波形を比較して示した図である。なお、ここで使用した試験品 No 1 ~ No 3 には、硬質被膜 2 4 としてダイヤモンド被膜がコーティングされている。

20

30

【 0 0 3 5 】

図 2 0 は、図 1 0 と同じ試験品 No 1 ~ No 3 を用いて被削材が異なる別の切削加工試験を行なった際の加工条件であり、ここでは S 5 0 C (機械構造用炭素鋼) に対して切込み a p (軸方向) = 6 mm、切込み a e (径方向) = 0 . 6 mm で側面切削加工を行なった。図 2 1 は測定した合力 F の振幅と、試験品 No 1 の振幅を 1 0 0 % とした場合の比率を示した図で、試験品 No 2 の本発明品によれば振幅が 1 2 % 程度小さくなり、試験品 No 3 の本発明品によれば振幅が 1 9 % 程度小さくなった。図 2 2 は、図 2 1 の振幅をグラフにより比較して示した図で、図 2 3 は、測定した合力 F の抵抗値の実際の振動波形を比較して示した図である。なお、ここで使用した試験品 No 1 ~ No 3 には、硬質被膜 2 4 として C r 系の金属間化合物がコーティングされている。

40

【 0 0 3 6 】

図 2 4 ~ 図 2 6 は、更に別の切削加工試験を行なった試験結果を説明する図で、図 2 4 は、前記外周切れ刃 2 0 a ~ 2 0 c に相当する 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 の切れ刃形状が異なる 6 種類の試験品 No 1 ~ No 6 を説明する図である。試験品 No 1 は、凹凸刃 E r が無い前記図 2 の切れ刃 D のみから成る従来品である。試験品 No 2 ~ No 6 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が、

50

凹凸刃 E r としてラフィング刃が設けられた凹凸刃付き切れ刃で、前記図 2 の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C から成る本発明品であるが、刃長 L に対する凹凸刃 E r の長さの比率が異なり、試験品 No 2 は 5 %、試験品 No 3 は 25 %、試験品 No 4 は 45 %、試験品 No 5 は 65 %、試験品 No 6 は 85 % である。これ等の試験品 No 1 ~ No 6 の 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 は、何れもねじれ角 α が 5° の右ねじれ刃であり、刃長 L は 12 mm で、刃径 ϕ は 6 mm である。また、硬質被膜 24 としてダイヤモンド被膜がコーティングされている。

【0037】

そして、図 25 に示す加工条件で切削速度を変更しつつ切削加工を行い、ビビリ振動の発生状況を観察したところ、図 26 に示す結果が得られた。図 26 から明らかなように、従来品である試験品 No 1 では切削速度が 150 m/min 以上になるとビビリ振動が大きくなって加工不可になるのに対し、本発明品である試験品 No 2 ~ No 5 では、切削速度 $50 \sim 400 \text{ m/min}$ の総ての条件で振動が小さく、安定した加工が可能であった。また、凹凸刃 E r の比率が 85 % の試験品 No 6 では、切削速度が 250 m/min 以上になるとビビリ振動が大きくなって加工不可になる。この試験結果から、凹凸刃 E r が設けられた凹凸刃付き切れ刃（切れ刃 A ~ C）を有する本発明品の試験品 No 2 ~ No 5 によればビビリ振動が抑制される。凹凸刃 E r の比率が高くなると高切削速度（高回転速度）でビビリ振動が生じる可能性があるため、刃長 L に対する凹凸刃 E r の長さの比率を 5 % ~ 65 % 程度の範囲内とすることが望ましい。

【0038】

図 27 ~ 図 29 は、更に別の切削加工試験を行なった試験結果を説明する図で、図 27 は、前記外周切れ刃 20a ~ 20c に相当する 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 の切れ刃形状が異なる 3 種類の試験品 No 1 ~ No 3 を説明する図である。試験品 No 1 ~ No 3 は、何れも凹凸刃 E r としてラフィング刃が設けられた凹凸刃付き切れ刃を有し、試験品 No 1 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が前記図 2 の 3 種類の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C から構成されており、試験品 No 2 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が前記図 2 の 2 種類の切れ刃 A および切れ刃 B にて構成されており、試験品 No 3 は、3 枚の刃 1 ~ 刃 3 が前記図 2 の 2 種類の切れ刃 A および切れ刃 C にて構成されている。試験品 No 1 は本発明品で、試験品 No 2 および No 3 は比較品である。各切れ刃の括弧内の % は、刃長 L に対する凹凸刃 E r の長さの比率で、何れも 60 % である。これ等の試験品 No 1 ~ No 3 の 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 は、何れもねじれ角 α が 5° の右ねじれ刃であり、刃長 L は 12 mm で、刃径 ϕ は 6 mm である。

【0039】

そして、図 28 に示す加工条件で切削加工を行い、測定した合力 F の抵抗値の実際の振動波形、振幅、および試験品 No 1 の振幅を 100 % とした場合の比率を図 29 に示した。図 29 から明らかなように、3 種類の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C から成る試験品 No 1 に比較して、2 種類の切れ刃 A および切れ刃 B から成る試験品 No 2 は振幅が 28 % 程度大きくなり、2 種類の切れ刃 A および切れ刃 C から成る試験品 No 3 は振幅が 22 % 程度大きくなる。この試験結果から、隣り合う切れ刃が異なる種類の凹凸刃付き切れ刃となるように、3 種類の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C を用いて 3 枚の刃 1 ~ 刃 3 を構成することが望ましい。なお、ここで使用した試験品 No 1 ~ No 3 には、硬質被膜 24 としてダイヤモンド被膜がコーティングされている。

【0040】

図 30 は、図 27 と同じ試験品 No 1 ~ No 3 を用いて被削材が異なる別の切削加工試験を行なった際の加工条件であり、ここでは S50C（機械構造用炭素鋼）に対して切込み a_p （軸方向）= 6 mm、切込み a_e （径方向）= 0.15 mm で側面切削加工を行なった。図 31 は、測定した合力 F の抵抗値の実際の振動波形、振幅、および試験品 No 1 の振幅を 100 % とした場合の比率を示した図で、3 種類の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ刃 C から成る試験品 No 1 に比較して、2 種類の切れ刃 A および切れ刃 B から成る試験品 No 2 は振幅が 12 % 程度大きくなり、2 種類の切れ刃 A および切れ刃 C から成る試験品 No 3 は振幅が 15 % 程度大きくなる。したがって、この試験結果からも、隣り合う切れ刃が異なる種類の凹凸刃付き切れ刃となるように、3 種類の切れ刃 A、切れ刃 B、および切れ

10

20

30

40

50

刃Cを用いて3枚の刃1～刃3を構成することが望ましいことが分かる。なお、ここで使用した試験品No1～No3には、硬質被膜24としてCr系の金属間化合物がコーティングされている。

【0041】

図32～図35は、更に別の切削加工試験を行なった試験結果を説明する図で、図32は、3枚刃のエンドミルの切れ刃形状が異なる8種類の試験品No1～No8を説明する図である。試験品No1～No4は、何れも3枚の刃1～刃3が凹凸刃Erが無い前記図2の切れ刃Dのみから成る従来品で、ねじれ角 α が異なるだけである。すなわち、試験品No1はねじれ角 α が0°の直刃で、試験品No2はねじれ角 α が15°の右ねじれ刃で、試験品No3はねじれ角 α が30°の右ねじれ刃で、試験品No4はねじれ角 α が45°の右ねじれ刃である。また、試験品No5～No8は、凹凸刃Erとしてラフィング刃が設けられた凹凸刃付き切れ刃を有し、図33に具体的に示されているように何れも3枚の刃1～刃3が前記図2の3種類の切れ刃A、切れ刃B、および切れ刃Cから構成されているとともに、それ等の切れ刃A、切れ刃B、切れ刃Cにおける凹凸刃Erの刃長Lに対する比率は60%であり、ねじれ角 α のみが相違する。すなわち、試験品No5はねじれ角 α が0°の直刃で、試験品No6はねじれ角 α が15°の右ねじれ刃で、試験品No7はねじれ角 α が30°の右ねじれ刃で、試験品No8はねじれ角 α が45°の右ねじれ刃である。試験品No5は本発明品で、試験品No6～No8は比較品である。これ等の試験品No1～No8の刃長Lは12mmで、硬質被膜24としてダイヤモンド被膜がコーティングされている。

【0042】

そして、図34に示す加工条件で切削速度を変更しつつ切削加工を行い、溶着の有無や量、刃欠けの有無を観察したところ、図35に示す結果が得られた。図35から明らかなように、凹凸刃Erが無い切れ刃Dのみから成るねじれ角 α が0°の試験品No1では、切削速度が150m/min以上で多くの溶着が認められた。また、ねじれ角 α が45°の試験品No4では、切削速度50～400m/minの総ての条件で溶着や刃欠けの問題が無かったものの、試験品No2およびNo3では、切削速度が300m/min以上になると溶着が認められるようになる。一方、試験品No5～No8においては、ねじれ角 α が45°の試験品No8で、切削速度が300m/min以上になると刃欠けが認められるものの、ねじれ角 α が0°～30°の試験品No5～No7では、切削速度50～400m/minの総ての条件で溶着や刃欠けの問題が無かった。すなわち、凹凸刃Erが設けられた凹凸刃付き切れ刃(切れ刃A～C)を有する試験品No5～No8の場合、凹凸刃Erにより切り屑が分断されて溶着が防止されるものの、ねじれ角 α が大きくなると刃欠けが生じ易くなることから、ねじれ角 α は0°～30°程度の範囲内が望ましい。

【0043】

図37は、ねじれ角 α が15°の試験品No2および試験品No6について、切削速度400m/minで切削加工を行なった場合のすくい面における溶着の有無および切り屑の写真を例示したもので、図36は、この時の切削加工の加工条件を具体的に示した図である。図37において、凹凸刃Erが無い切れ刃Dのみから成る従来品の試験品No2では切り屑が大きくなり、すくい面に溶着が認められる。試験品No6では、凹凸刃Erであるラフィング刃によって切り屑が小さく分断されるため、切り屑排出性能が良くなって溶着が防止される。

【0044】

以上、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、これ等はあくまでも一実施形態であり、本発明は当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を加えた態様で実施することができる。

【符号の説明】

【0045】

10：エンドミル 12：シャンク 14：刃部 20、30、40：外周切れ刃
20a、20b：外周切れ刃(凹凸刃付き切れ刃) 24：硬質被膜 A、B、C：切

10

20

30

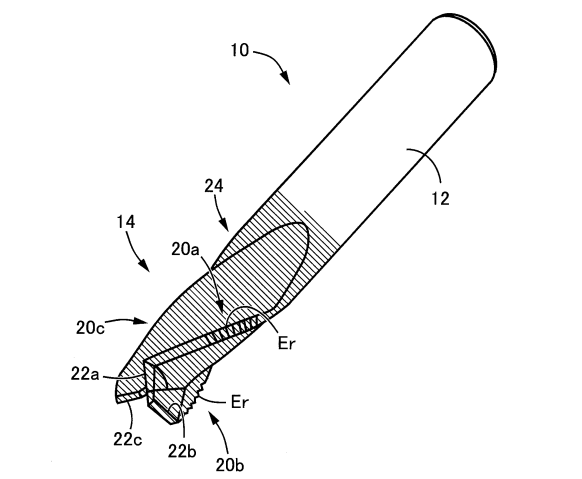
40

50

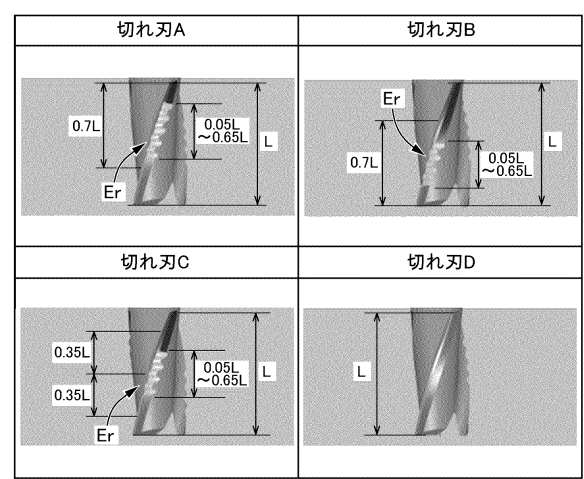
れ刃（凹凸刃付き切れ刃） L ：刃長 E_r ：凹凸刃 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ ：ねじれ角（右ねじれ） $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ ：ねじれ角（左ねじれ）

【図面】

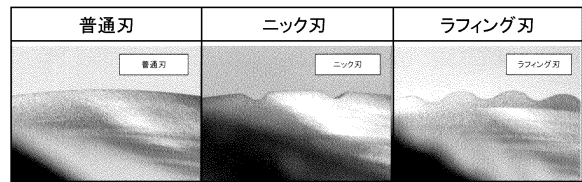
【図 1】



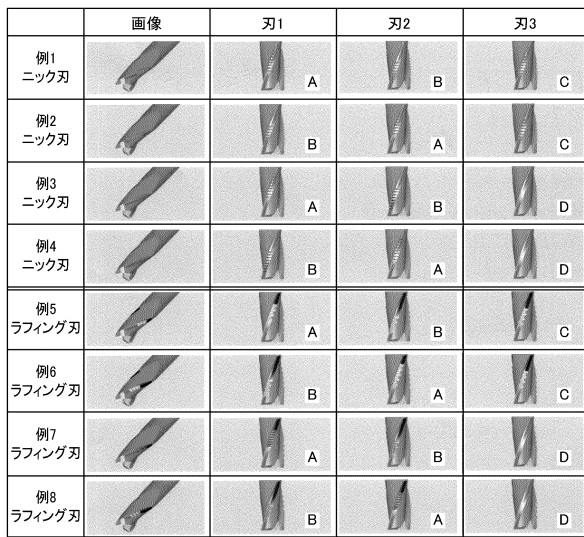
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

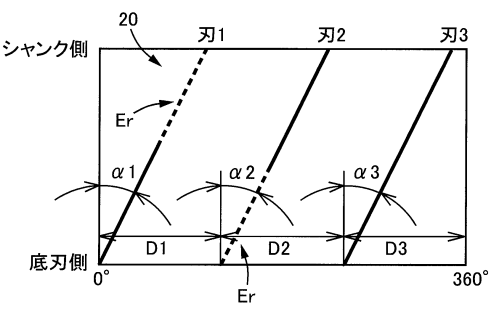
40

50

【 図 5 】

《3枚刃》			《4枚刃》				《5枚刃》				
刃1	刃2	刃3	刃1	刃2	刃3	刃4	刃1	刃2	刃3	刃4	刃5
A	B	C	A	B	A	B	A	B	A	B	C
A	B	D	A	B	A	C	A	B	A	B	D
A	C	B	A	B	A	D	A	B	A	C	B
A	C	D	A	B	C	B	A	B	A	C	D
A	D	B	A	B	C	D	A	B	A	D	B
A	D	C	A	B	D	B	A	B	A	D	C
B	C	D	A	B	D	C	A	B	C	A	C
B	D	C	A	C	A	C	A	B	C	A	D
			A	C	A	D	A	B	C	B	C
			A	C	B	C	A	B	C	B	D
			A	C	B	D	A	B	C	D	B
			A	C	D	B	A	B	C	D	C
			A	C	D	C	A	B	D	A	C
			A	D	A	D	A	B	D	A	D
			A	D	B	C	A	B	D	B	C
			A	D	B	D	A	B	D	B	D
			A	D	C	B	A	B	D	C	B
			A	D	C	D	A	B	D	C	D
			B	C	B	C	A	C	D	A	C
			B	C	B	D	A	C	D	A	D
			B	C	D	C	A	C	D	B	C
			B	D	B	D	A	C	D	B	D
			B	D	C	D	A	C	D	C	B
			C	D	C	D	A	C	D	C	D
							A	D	A	D	B
							A	D	A	D	C
							A	D	B	D	B
							A	D	B	D	C
							A	D	C	D	B
							A	D	C	D	C

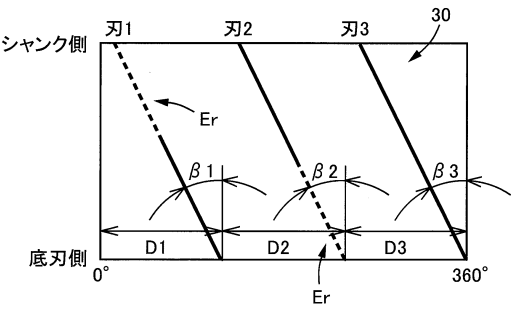
【 図 6 】



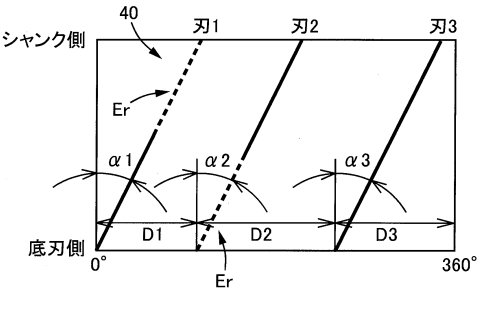
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

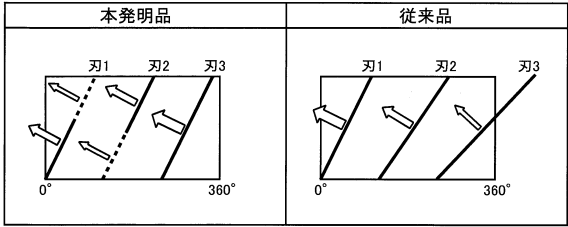


30

40

50

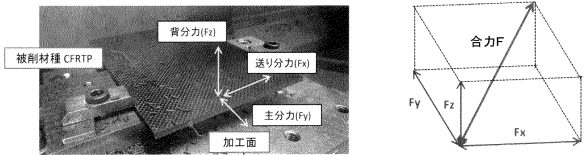
【図 9】



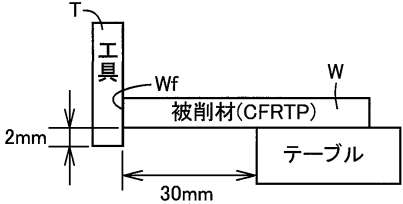
【図 10】

No	刃1	刃2	刃3	ねじれ角
1	切れ刃D (0%)	切れ刃D (0%)	切れ刃D (0%)	5°
2	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃D (0%)	5°
3	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)	5°

【図 11】

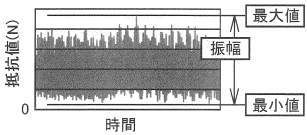


【図 12】



10

【図 13】



【図 14】

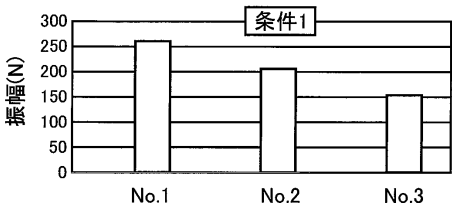
項目	条件1	条件2
被削材種	CFRTP	CFRTP
工具サイズ	Φ6	Φ6
切削速度	200m/min	400m/min
回転速度	10,610min ⁻¹	21,221min ⁻¹
送り速度	2,546mm/min	3,183mm/min
1刃当りの送り量	0.08mm/t	0.05mm/t
加工方法	トリミング加工	トリミング加工
ワーク厚み	5mm	5mm

20

【図 15】

No.	条件1		条件2	
	振幅(N)	比率	振幅(N)	比率
1	264	100%	1317	100%
2	207	78%	392	30%
3	156	59%	261	20%

【図 16】

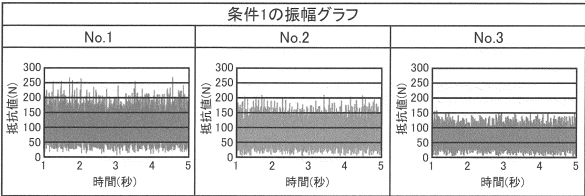


30

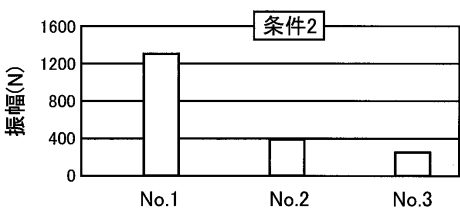
40

50

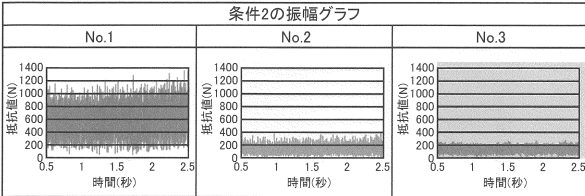
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】

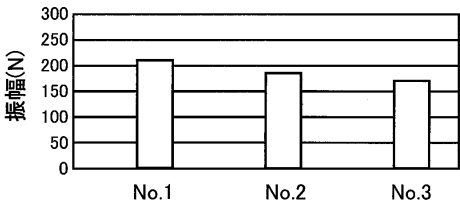
被削材種	S50C
工具サイズ	Φ6
切削速度	70m/min
回転速度	3,714min ⁻¹
送り速度	557mm/min
1刃当りの送り量	0.05mm/t
切込みap	6mm
切込みae	0.6mm

10

【図 2 1】

No.	振幅(N)	比率
1	210	100%
2	184	88%
3	169	81%

【図 2 2】



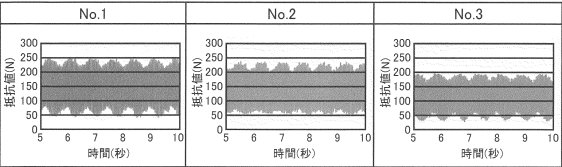
20

30

40

50

【図 2 3】



【図 2 4】

No	ラフィング刃の比率	刃1	刃2	刃3	ねじれ角
1	0%	切れ刃D (0%)	切れ刃D (0%)	切れ刃D (0%)	5°
2	5%	切れ刃A (5%)	切れ刃B (5%)	切れ刃C (5%)	5°
3	25%	切れ刃A (25%)	切れ刃B (25%)	切れ刃C (25%)	5°
4	45%	切れ刃A (45%)	切れ刃B (45%)	切れ刃C (45%)	5°
5	65%	切れ刃A (65%)	切れ刃B (65%)	切れ刃C (65%)	5°
6	85%	切れ刃A (85%)	切れ刃B (85%)	切れ刃C (85%)	5°

10

【図 2 5】

被削材種	CFRTP
工具サイズ	Φ6
切削速度	50～400m/min
1刃当りの送り量	0.05mm/t
加工方法	トリミング加工

【図 2 6】

No	ラフィング刃の比率	切削速度(m/min)							
		50	100	150	200	250	300	350	400
1	0%	○	○	×	×	×	×	×	×
2	5%	○	○	○	○	○	○	○	○
3	25%	○	○	○	○	○	○	○	○
4	45%	○	○	○	○	○	○	○	○
5	65%	○	○	○	○	○	○	○	○
6	85%	○	○	○	○	×	×	×	×

判定基準：○安定加工 ×振動大

20

【図 2 7】

No	刃1	刃2	刃3	ねじれ角
1	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)	5°
2	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃B (60%)	5°
3	切れ刃A (60%)	切れ刃C (60%)	切れ刃C (60%)	5°

【図 2 8】

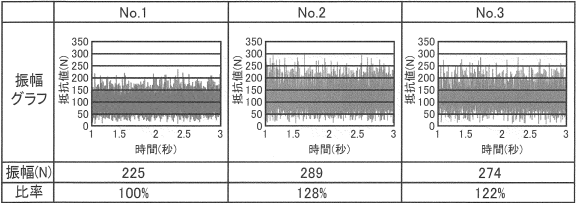
被削材種	CFRTP
工具サイズ	Φ6
切削速度	200m/min
回転速度	10,610min ⁻¹
送り速度	2,546mm/min
1刃当りの送り量	0.08mm/t
加工方法	トリミング加工
ワーク厚み	5mm

30

40

50

【図 2 9】

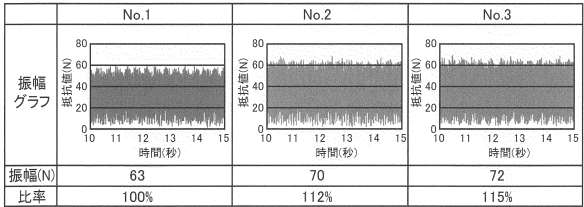


【図 3 0】

被削材種	S50C
工具サイズ	Φ6
切削速度	40m/min
回転速度	2,122min ⁻¹
送り速度	254mm/min
1刃当りの送り量	0.04mm/t
切込みap	6mm
切込みae	0.15mm

10

【図 3 1】



【図 3 2】

No	ねじれ角	ラフィング刃
1	0°	なし
2	15°	なし
3	30°	なし
4	45°	なし
5	0°	あり
6	15°	あり
7	30°	あり
8	45°	あり

20

【図 3 3】

No	ねじれ角	刃1	刃2	刃3
5	0°	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)
6	15°	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)
7	30°	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)
8	45°	切れ刃A (60%)	切れ刃B (60%)	切れ刃C (60%)

【図 3 4】

被削材種	CFRTP
工具サイズ	Φ6
切削速度	50～400m/min
1刃当りの送り量	0.08mm/t
加工方法	トリミング加工

30

40

50

【図 3 5】

No	ねじれ角	切削速度(m/min)							
		50	100	150	200	250	300	350	400
1	0°	○	○	×	×	×	×	×	×
2	15°	○	○	○	○	○	△	×	×
3	30°	○	○	○	○	○	△	△	×
4	45°	○	○	○	○	○	○	○	○
5	0°	○	○	○	○	○	○	○	○
6	15°	○	○	○	○	○	○	○	○
7	30°	○	○	○	○	○	○	○	○
8	45°	○	○	○	○	○	※	※	※

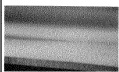
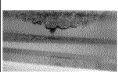
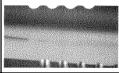
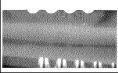
判定基準: ○溶着なし △溶着少ない ×溶着多い ※刃欠け発生

【図 3 6】

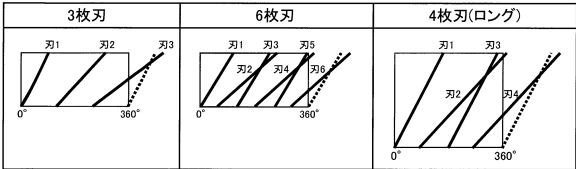
被削材種	CFRTP
工具サイズ	Φ6
切削速度	400m/min
回転速度	21,221min ⁻¹
送り速度	5,093mm/min
1刃当りの送り量	0.08mm/t
加工方法	トリミング加工
ワーク厚み	5mm

10

【図 3 7】

	加工前	加工後	切り屑	
ラフィング刃なし (No2)				
ラフィング刃あり (No6)				

【図 3 8】



20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第 7 3 9 9 1 4 7 (U S , B 1)
 登録実用新案第 3 1 4 5 2 7 7 (J P , U)
 米国特許第 4 2 8 5 6 1 8 (U S , A)
 国際公開第 2 0 1 8 / 0 7 9 4 8 9 (W O , A 1)
 実開平 0 1 - 1 4 3 3 1 1 (J P , U)
 国際公開第 2 0 0 9 / 1 2 2 9 3 7 (W O , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 B 2 3 C 5 / 1 0