(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4704495号
(P4704495)

(45)発行日　平成23年6月15日(2011.6.15)　(24)登録日　平成23年3月18日(2011.3.18)

(51)Int.Cl.　　F I
B23C 3/34 (2006.01)　　B23C 3/34
B23C 5/12 (2006.01)　　B23C 5/12　Z

請求項の数 5　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願2009-259415 (P2009-259415)
(22)出願日　平成21年11月13日 (2009.11.13)
(65)公開番号　特開2010-158762 (P2010-158762A)
(43)公開日　平成22年7月22日 (2010.7.22)
審査請求日　平成22年2月16日 (2010.2.16)
(31)優先権主張番号　特願2008-335963 (P2008-335963)
(32)優先日　平成20年12月10日 (2008.12.10)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000233066
日立ツール株式会社
東京都港区芝浦一丁目２番１号
(74)代理人　100124316
弁理士　塩田　康弘
(74)代理人　100150843
弁理士　松嶋　芳弘
(72)発明者　金本　浩
滋賀県野洲市三上３５－２　日立ツール株式会社野洲工場内

審査官　八木　誠

最終頁に続く

(54)【発明の名称】タービン翼接続用溝の切削加工方法およびそれに用いるクリスマスカッタ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を、少なくとも軸心方向に凸状部と凹状部が交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなるクリスマスカッタを用いて切削加工する切削加工方法であって、
大荒加工を行う大荒加工工程と、荒加工を行う荒加工工程と、仕上加工を行う仕上加工工程とを有し、
前記荒加工においては、前記タービン翼接続用溝の深さ方向と直交する方向の幅が最小となる最小幅の前記凸部を含む１つ以上の前記凸部を、その凸部に対応する前記刃部の前記凹状部の内、少なくとも最小径の先端側の凹状部の最も細い部分に、前記刃部の軸方向に沿って形成されるクリスマスカッタ溝を有しない荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工することを特徴とするタービン翼接続用溝の切削加工方法。
【請求項２】
溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を、少なくとも軸心方向に凸状部と凹状部が交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなるクリスマスカッタを用いて切削加工する切削加工方法であって、
大荒加工を行う大荒加工工程と、荒加工を行う荒加工工程と、仕上加工を行う仕上加工工程とを有し、

前記荒加工においては、前記タービン翼接続用溝の深さ方向と直交する方向の幅が最小となる最小幅の前記凸部を含む１つ以上の前記凸部を、その凸部に対応する前記刃部の前記凹状部の内、少なくとも最小径の先端側の凹状部に、切れ刃を有しない非切削部を有する荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工することを特徴とするタービン翼接続用溝の切削加工方法。

【請求項３】

前記大荒加工工程において大荒加工を行う大荒加工用クリスマスカッタの少なくとも最小径の前記凹状部の径は、その凹状部に対応した前記タービン翼接続用溝の前記凸部の仕上加工状態での径より小さく、

且つ前記荒加工工程において荒加工を行う荒加工用クリスマスカッタの少なくとも最小径の前記凹状部の径より大きく、

前記大荒加工工程においては、前記大荒加工用クリスマスカッタによる前記前記タービン翼接続用溝における最小幅の前記凸部の切削時に、前記仕上加工前の取り代を残す程度にまで仕上加工前の寸法に近づける切削をし、

前記荒加工工程において切れ刃のない前記非切削部を有する最小径の前記凹状部を備えた前記荒加工用クリスマスカッタにより前記最小幅の凸部以外の部分を切削加工することを特徴とする請求項２に記載のタービン翼接続用溝の切削加工方法。

【請求項４】

タービン翼接続用溝の荒加工に用いられ、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を切削加工する、少なくとも、前記凹部と前記凸部に対応する凸状部と凹状部が軸心方向に交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなる荒加工用のクリスマスカッタであって、

前記凸状部の外周部に前記クリスマスカッタの先端からシャンク部側へ向かって切れ刃を有し、

前記凹状部の内、少なくとも軸心方向と直交する方向の径が最小となる最小径の凹状部の外周部に、切れ刃の無い非切削部が設けられていることを特徴とする荒加工用クリスマスカッタ。

【請求項５】

タービン翼接続用溝の荒加工に用いられ、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を切削加工する、少なくとも、前記凹部と前記凸部に対応する凸状部と凹状部が軸心方向に交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなる荒加工用のクリスマスカッタであって、

前記凸状部の外周部に前記クリスマスカッタの先端からシャンク部側へ向かって切れ刃を有し、

前記凹状部の内、少なくとも軸心方向と直交する方向の径が最小となる最小径の凹状部の外周部の最も細い部分に、前記刃部の軸方向に沿って形成されるクリスマスカッタ溝が形成されていないことを特徴とする荒加工用クリスマスカッタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、タービン翼接続用溝の切削加工方法、およびこの切削加工方法に用いるクリスマスカッタに関する。

【背景技術】

【０００２】

タービン翼をタービンの回転軸（ローター）に取り付けるタービン翼接続用溝は、溝中心軸に対して逆クリスマスツリー状（以下、略してツリー状ともいう）に凹凸状の溝を繰り返して有し、この凹凸状の溝が溝中心軸と直交する方向の溝幅（溝幅寸法）は溝深さ方向に向かって徐々に狭くなっている。このようなツリー状の溝を切削加工するための工具

として、外周切れ刃の刃径がツリー状の溝幅の変化に対応して工具先端側に向かうにしたがって増減しながら、徐々に小径となっているクリスマスカッタが知られている。

タービン翼接続用溝は、便宜上その溝深さ方向の深さによって大型と小型のツリー状溝に分類される。大型のツリー状の溝を加工する場合には、切削量が多いので、大荒加工を1回以上行い、荒加工、仕上加工を含む複数回の工程で切削するのが通常の切削加工方法である。小型のツリー状溝を加工する場合には、通常は１回の荒加工および仕上加工の工程の組合せが多い。

【０００３】

タービン翼接続用溝の切削加工方式には、まず被削材に、例えば特許文献１に記載の総形フライスを用いて、溝壁面にわずかな凹凸を有するツリー状溝を形成する大荒加工を行い、その後、該フライスと同様の仕様で回転軌跡が１回り大きい荒加工用の総形フライスを用いて、溝壁面の凹凸の溝幅を同時に拡幅する方法が提案されている。通常はこれらの大荒加工と荒加工の後に、仕上加工を行い、所望する凹凸の形状を有するツリー状の溝が仕上がる。

【０００４】

また、特許文献２に記載の発明では、凸部の直径の寸法ごとに交換可能に装着した切削チップを用い、上部の広い凸部から狭い凸部まで段階的に予備成形をした後、倣いフライスの１回の工具通過で全凹部をフライス加工する方法が提案されている。この方法においては、Ｆｉｇ１に記載される工程１乃至３の予備成形は大荒加工に属し、工程４は荒工程に相当する。特許文献２には、「断面クリスマスツリー状溝の、予備形状の段階的に狭まっている断面形状のフライス加工は、複数のエンドミルで行い仕上げ削り作業は、従来と同様に、仕上げフライスにより実施する。その工具形状が仕上げ輪郭を実現する。

また、断面クリスマスツリー状溝の最終形状を予備形状からほぼ１回の工具通過で、短時間でフライス加工できる利点がある。」との記載やＦｉｇ２に記載の形状から理解されるように、特許文献２に記載の加工方法には図示はされていない仕上加工を必要としている。特許文献２に記載のフライス加工方法は切れ刃の負担の多い総形ソリッド工具の使用を避けて、大荒加工の工程は増えるものの負担の少ない切削チップで大荒加工時間を短縮させようとする技術である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開平１０－６１２２号公報

【特許文献２】特表２００４－５０７３６９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

図１は、本発明が対象にする標準的なタービン翼接続用溝Ｈの断面形状を示す。図１において、１ａ、１ｂ、１ｃは凸部、２ａ、２ｂ、２ｃは凹部を示している。凸部１ａ、１ｂ、１ｃの溝幅（図１に示す矢印１ａ、１ｂ、１ｃ方向の長さ）、すなわちタービン翼接続用溝Ｈの溝中心軸Ｏ１と直交し、かつ紙面の左右方向の幅は、タービン翼接続用溝Ｈの上部（紙面の上方部）から深さ方向（紙面の下方部）に向かって次第に小さくなっており、溝Ｈの最下方に位置する凸部１ａがこれら凸部のうち最小の溝幅を有する最小幅の凸部となっている。

同様に、凹部２ａ、２ｂ、２ｃの溝中心軸Ｏ１と直交する方向の幅（図１に示す矢印２ａ、２ｂ、２ｃ方向の溝幅寸法）は、タービン翼接続用溝Ｈの上部から深さ方向に向かって次第に小さくなっており、溝Ｈの最下方に位置する凹部２ａがこれら凹部のうち最小の溝幅を有する最小幅の凹部になっている。なお、３は被削材を示し、４は被削材３にタービン翼接続用溝Ｈの仕上加工を行ったときの形状（以下、「仕上加工形状溝」という）を示している。なお、図１に示すタービン翼接続用溝Ｈは、紙面と直交する方向にこの溝Ｈが所定の長さにわたって連続して形成されている。

【０００７】
図２は総形フライスによる従来のタービン翼接続用溝Ｈの加工工程を示す図であって、図２（１）は大荒加工、図２（２）は荒加工、図２（３）は仕上加工を示す。図２において、４は溝の仕上加工形状溝である。この仕上加工形状溝４を達成するために大荒加工（図２（１））により大荒加工の形状溝（以下、「大荒加工形状溝」という）５として、さらに荒加工（図２（２））により荒加工の形状溝（以下、「荒加工形状溝」という）６（図２（２）の実線部分）まで加工する工程を経ることになる。すなわち、図２（２）に示されるように、荒加工ではタービン翼接続用溝Ｈは溝の全域にわたって大荒加工形状溝５よりは拡径され、荒加工形状溝６を得るが、この段階では依然として図２（２）の被削材３のハッチング内に点線で示される仕上加工形状溝４までの取り代が溝の全域に残されている。仕上加工は前記の取り代を加工する工程であり、仕上加工により図２（３）に示される仕上加工形状溝４を得る。従来の加工工程がこのように三段階を経ている理由は、クリスマスカッタの折損事故を防止するために、各加工工程でのクリスマスカッタの負荷を分散させるためである。なお、図１と図２のハッチング部分は、被削材３を示している。
【０００８】
図３は、従来から一般的に使用されている大荒加工用クリスマスカッタの正面図を示し、また、図４は、従来から一般的に使用されている荒加工用クリスマスカッタの正面図を示す。
図３、図４に示すクリスマスカッタは、刃部１１に凸状部７ａ、７ｂ、７ｃと凹状部８ａ、８ｂ、８ｃを有している。そして、これらカッタの凸状部７ａ、７ｂ、７ｃは図１に示すタービン翼接続用溝Ｈの凹部２ａ、２ｂ、２ｃの大荒加工及び荒加工に対応し、凹状部８ａ、８ｂ、８ｃはタービン翼接続用溝Ｈの凸部１ａ、１ｂ、１ｃの大荒加工及び荒加工に対応する。
また、カッタの軸心Ｏ２と直交する方向の径が最小となる最小径の凹状部８ａは、タービン翼接続用溝Ｈの最小の溝幅を有する凸部１ａの大荒加工及び荒加工に対応する。なお、図３および図４において、ハッチング部分はカッタの心厚の断面を示し、９はカッタのシャンク部、１０は刃部１１に設けられているクリスマスカッタの溝を示す。
【０００９】
従来のタービン翼接続用溝Ｈの加工に使用されるカッタは、図２に示すような大荒加工形状溝５、荒加工形状溝６、仕上加工形状溝４にそれぞれ合わせた形状からなり、いずれも図３、図４に代表されるような、クリスマスツリーの形状をなすように切れ刃が形成されたクリスマスカッタ（総形フライスカッタ）で切削加工されている。
図１乃至図４から分かるように、タービン翼接続用溝Ｈの最小の溝幅を有する凸部１ａは、それを加工する大荒加工用クリスマスカッタが最もくびれた部分（図３ではカッタの最小径の凹状部８ａ）で加工する必要があった。よって、カッタの最小径の凹状部８ａの径は、大荒加工形状溝５の加工を行うときが最も細く、次いで荒加工形状溝６、溝Ｈの仕上加工形状溝４の加工を行う順に太くなることが図２から分かる。
【００１０】
また、加工の取り代を加工工程の順からみると、大荒加工工程に使用する大荒加工用クリスマスカッタは切削量が多く、その加工負荷は大きくなる。そのために、大荒加工用クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａからの折損事故が度々発生していた。荒加工工程に使用する荒加工用クリスマスカッタにおいても、クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａに切れ刃を有して切削するのが一般的であるため、クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａからの折損事故があった。
【００１１】
また、従来のクリスマスカッタは、図３、図４に示すように、切れ刃がクリスマスカッタの刃部１１に連続して設けられている。図５は、図４に示す荒加工用クリスマスカッタについて、刃部１１の先端側の凹状部８ａの周辺を拡大して示している。なお、図５のハッチング部分は心厚の断面を示している。図５に示すように先端側の凹状部８ａにもクリスマスカッタの溝１０が設けられており、その部分は工具としての刃径が小さくなるため

にその強度が低く、折損の起点となりやすかった。なお、クリスマスカッタの溝１０とは、刃溝、切削屑を逃がすための溝、あるいは潤滑剤が通る溝を示すものである。

【００１２】

クリスマスカッタは一部でも折損すると被削物３の形状精度に悪影響を及ぼし、また、加工物（ローター）を廃棄しなければならない場合や、工具の折損に対する信頼性が損なわれることから、同じ設計基準で製作したカッタを全数不良処分とする場合がある。このように、クリスマスカッタによるタービン翼接続用溝の加工は、加工難易度が高く、かつ工具費が高い上に、前述のように工具の重大な折損事故の危惧を常に抱えた加工であり、クリスマスカッタの構造およびクリスマスカッタを用いた加工方法の改善が要望されていた。

【００１３】

特許文献２に記載されている発明は、ソリッド工具ではなく、スローアウェイ式の切削チップの使用を前提にしているため、切削チップの切削抵抗を考慮すると、各凹状部に応じた数だけの予備加工（大荒加工といってもよい）を必要とし、大荒加工だけでも多くの加工工程が必要であり、加工時間の面からみると大きな問題となる。また、特許文献２に記載されている大荒加工（特許文献２では予備加工と呼んでいる）と倣いフライスによる荒加工および最終形状の関係を示すＦｉｇ２からも明らかなように、切削チップの形状とタービン翼接続用溝の最終形状では、大きな形状の差異があり、特許文献２では詳しい説明のない仕上加工用カッタでの取り代が多くなり、切削負荷（切削抵抗）も大きくなる。さらに、取り代の形状バランスも悪いことから、仕上加工用カッタの最小径となる部分が折損する危険性すらある。さらに、取り代が多かったり少なかったりすると仕上加工時の加工面粗さのムラができ、タービン翼接続用溝形状の加工精度に問題が生じる。

【００１４】

本発明は、以上のような従来技術が抱えている課題を解決するためになされたものである。本発明の目的は、タービン翼接続用溝を切削加工するときの荒加工として、刃部が１つの母材で構成されているソリッド工具からなり、カッタの外周部に凸状部と凹状部を繰り返して形成した荒加工用クリスマスカッタを用いる際に、このカッタの凹状部のうちカッタの最先端側の凹状部を含む少なくとも一つの凹状部は切れ刃の無い非切削部としたカッタを使用することにより、折損の心配がなく、切削加工能率を大幅に上げることができるタービン翼接続用溝の切削加工方法、およびそれに用いる荒加工用クリスマスカッタを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

本発明の請求項１に係る発明のタービン翼接続用溝の切削加工方法は、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を、少なくとも軸心方向に凸状部と凹状部が交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなるクリスマスカッタを用いて切削加工する切削加工方法であって、

大荒加工を行う大荒加工工程と、荒加工を行う荒加工工程と、仕上加工を行う仕上加工工程とを有し、

前記荒加工においては、前記タービン翼接続用溝の深さ方向と直交する方向の幅が最小となる最小幅の前記凸部を含む１つ以上の前記凸部を、その凸部に対応する前記刃部の前記凹状部の内、少なくとも最小径の先端側の凹状部の最も細い部分に、前記刃部の軸方向に沿って形成されるクリスマスカッタ溝を有しない荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工することを特徴としている。

【００１６】

本発明の請求項２に記載の発明は、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を、少なくとも軸心方向に凸状部と凹状部が交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなるクリスマスカッタを用いて切削加工する切削加工方法であって、

大荒加工を行う大荒加工工程と、荒加工を行う荒加工工程と、仕上加工を行う仕上加工工程とを有し、

前記荒加工においては、前記タービン翼接続用溝の深さ方向と直交する方向の幅が最小となる最小幅の前記凸部を含む１つ以上の前記凸部を、その凸部に対応する前記刃部の前記凹状部の内、少なくとも最小径の先端側の凹状部に、切れ刃を有しない非切削部を有する荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工することを特徴としている。

【００１７】

本発明の請求項３に記載の発明は、前記請求項２に記載のタービン翼接続用溝の切削加工方法の具体的な方法である。

【００１８】

本発明の請求項３に記載の発明は、前記大荒加工工程において大荒加工を行う大荒加工用クリスマスカッタの少なくとも最小径の前記凹状部の径が、その凹状部に対応した前記タービン翼接続用溝の前記凸部の仕上加工状態での径より小さく、

且つ前記荒加工工程において荒加工を行う荒加工用クリスマスカッタの少なくとも最小径の前記凹状部の径より大きく、

前記大荒加工工程においては、前記大荒加工用クリスマスカッタによる前記前記タービン翼接続用溝における最小幅の前記凸部の切削時に、前記仕上加工前の取り代を残す程度にまで仕上加工前の寸法に近づける切削をし、

前記荒加工工程において切れ刃のない前記非切削部を有する最小径の前記凹状部を備えた前記荒加工用クリスマスカッタにより前記最小幅の凸部以外の部分を切削加工することを特徴としている。

【００１９】

請求項３に記載の発明においては、前記凸部のうち少なくとも前記最小幅の凸部については、大荒加工の終了段階で仕上加工での取り代を残して加工が完了していることになる。

【００２０】

本発明の請求項４に記載の発明の荒加工用クリスマスカッタは、タービン翼接続用溝の荒加工に用いられ、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を切削加工する、少なくとも、前記凹部と前記凸部に対応する凸状部と凹状部が軸心方向に交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなる荒加工用のクリスマスカッタであって、

前記凸状部の外周部に前記クリスマスカッタの先端からシャンク部側へ向かって切れ刃を有し、

前記凹状部の内、少なくとも軸心方向と直交する方向の径が最小となる最小径の凹状部の外周部に、切れ刃の無い非切削部が設けられていることを特徴としている。

【００２１】

本発明の請求項５に記載の発明の荒加工用クリスマスカッタは、タービン翼接続用溝の荒加工に用いられ、溝の深さ方向の溝中心軸に対して複数の凹部と凸部が交互に連続して繰り返されたクリスマスツリー状であるタービン翼接続用溝を切削加工する、少なくとも、前記凹部と前記凸部に対応する凸状部と凹状部が軸心方向に交互に繰り返して形成された刃部がソリッド工具からなる荒加工用のクリスマスカッタであって、

前記凸状部の外周部に前記クリスマスカッタの先端からシャンク部側へ向かって切れ刃を有し、

前記凹状部の内、少なくとも軸心方向と直交する方向の径が最小となる最小径の凹状部の外周部の最も細い部分に、前記刃部の軸方向に沿って形成されるクリスマスカッタ溝が形成されていないことを特徴としている。

【００２２】

本発明のタービン翼接続用溝の切削加工方法によれば、大荒加工で少なくとも最も幅の小さい凸部を仕上加工前の寸法まで加工し、荒加工では最も幅の小さい凸部を非切削とするので、荒加工用クリスマスカッタの最も径の小さい凹状部の加工負荷が大幅に軽減でき

る。したがって、従来問題になっていた荒加工用クリスマスカッタの折損事故が防止できる。

【発明の効果】

【００２３】

本発明の荒加工用クリスマスカッタは、少なくとも工具径として最も小さい径である先端側の凹状部に切れ刃を有しない。すなわち、その部分は非切削になっているので、荒加工の工程で最小幅の凸部を加工することは無い。そのために、本発明の加工方法の効果とも相まって荒加工用クリスマスカッタの折損事故が防止できる。

【００２４】

本発明のタービン翼接続用溝の切削加工方法では、凹部の大荒加工はタービン翼接続用溝の凹部の加工負荷を減らし、凸部の加工を多くして、凸部での荒加工の負荷をほぼゼロにしている。

【００２５】

一方、荒加工は、タービン翼接続用溝の凹部の加工が若干増える代わりに少なくともタービン翼接続用溝の最小幅の凸部での加工負荷は無い。したがって、大荒加工と荒加工における切削抵抗の負荷の適正化が図られ、全体として大荒加工用クリスマスカッタと荒加工用クリスマスカッタの折損の心配が無い上に、加工能率が向上する。

【００２６】

本発明によれば、凸部と凹部の高さの差がいかに変化するタービン翼接続用溝であっても、それに応じた大荒加工と荒加工が出来るので、前述の特許文献２に記載されるようなスローアウェイ式の切削チップを使用するカッタでは対応が困難であるすべての形状のタービン翼接続用溝の加工が可能である。

【００２７】

本発明によれば、大荒加工と荒加工の適正な切削量のバランス分担により、タービン翼接続用溝の凹凸溝の各所での仕上加工での取り代をほぼ均一にできる。このことにより、スローアウェイ式の切削チップを使用するカッタでは形状的な対応が困難で取り代が不均一となるスローアウェイ式の切削チップと比較して、仕上加工用のクリスマスカッタの負荷を軽減できる。また、取り代が部分によって多かったり少なかったりすることがないので、仕上加工時の加工面粗さを均一にでき、タービン翼接続用溝形状の加工精度を向上させることができる。

【００２８】

荒加工用クリスマスカッタの凹状部を非切削にすることにより、切削量が少なくなり切削抵抗も低減されるため、切れ刃にねじれ角を設けなくても良く、長手方向の切れ刃が同時に切削を行うことになる。また、回転方向における切れ刃の数を偶数刃とすれば、相乗効果で、より一層タービン翼接続用溝の加工精度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【００２９】

【図１】標準的なタービン翼接続用溝の断面図である。

【図２】従来のタービン翼接続用溝の加工工程を示す図である。

【図３】従来の大荒加工用クリスマスカッタの正面図である。

【図４】従来の荒加工用クリスマスカッタの正面図である。

【図５】図４に示すクリスマスカッタの先端側の凹状部の周辺の拡大図である。

【図６】本発明の切削加工方法の工程を示す図である。

【図７】本発明の切削加工方法の他の一例として、大荒加工を複数回に分けた場合の加工工程を示す図である。

【図８】本発明の切削加工方法において、大荒加工用として使用することができるＶ字型のカッタを示す正面図である。

【図９】本発明の他の一例として、径をより小さくした形状の総形カッタを用いて、大荒加工を複数回に分けた場合の加工工程を示す図である。

【図１０】本発明の一例である荒加工用クリスマスカッタの形状を示す図である。

【図１１】本発明の非切削部の他の形状に係り、（ａ）は略円弧状のものを示し、（ｂ）は凹状の中心付近に直線部を含み、両端近傍を略円弧状で結んだものを示す。
【図１２】本発明において、各非切削部の範囲の設け方を説明するための図である。
【図１３】従来の大荒加工用クリスマスカッタと荒加工用クリスマスカッタの加工形状の特徴を示す図である。
【図１４】本発明の大荒加工用クリスマスカッタと荒加工用クリスマスカッタの加工形状の特徴を示す図である。
【図１５】実施例１の切削加工試験において、使用した各カッタの仕様等を加工工程別に示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００３０】
本発明において、切削加工の対象となる凹部および凸部とは、図１に示すように、深さ方向の断面がクリスマスツリー状となるタービン翼接続用溝において、溝の深さ方向と直交する方向の溝幅が狭くなっている部分を凸部、広くなっている部分を凹部という。図１においては、凸部として凸部１ａ、１ｂ、１ｃが、凹部として凹部２ａ、２ｂ、２ｃが切削加工により形成されている例を示している。
【００３１】
一方、クリスマスカッタについては、図３、図４に示すように前記溝の狭い部分である凸部（図１に示す凸部１ａ、１ｂ、１ｃ）を加工するクリスマスカッタの部分を凹状部といい、前記溝の広い部分である凹部（図１に示す凹部２ａ、２ｂ、２ｃ）を加工するクリスマスカッタの部分を凸状部という。図３および図４においては、凹状部として凹状部８ａ、８ｂ、８ｃを、凸状部として凸状部７ａ、７ｂ、７ｃを備えている例を示している。
すなわち、前記タービン翼接続用溝とクリスマスカッタのいずれも、タービン翼接続用溝の深さ方向と直交する方向またはクリスマスカッタの軸心と直交する方向に突き出ているところが凸部（凸部１ａ、１ｂ、１ｃ）と凸状部（凸状部７ａ、７ｂ、７ｃ）であり、窪んでいるところが凹部（凹部２ａ、２ｂ、２ｃ）と凹状部（凹状部８ａ、８ｂ、８ｃ）と考えると理解しやすい。
【００３２】
ソリッド工具からなるクリスマスカッタは、タービン翼接続用溝に沿った形状をほとんど全体として切削することを原則としているため、切削の能率は高いが、一度に所定の形状を加工することは切削負荷も大きく、また形状精度も達成しにくいので、切削加工工程を複数の工程、例えば、荒加工と仕上加工を行う工程に分けて加工する方法を採用することが望ましい。
本発明の切削加工方法においては、荒加工の工程において１回のみの荒加工ではクリスマスカッタへの加工負荷が大きいため、荒加工の前に行う大荒加工と、荒加工と、最後に仕上寸法に仕上げる仕上加工の工程から構成するようにしている。また本発明では、刃部１１が１つの母材で構成されているものをソリッド工具と言う。
【００３３】
本発明の切削加工方法において、その切削加工の工程の一例を図６（１）～図６（３）に示す。図６は各工程におけるタービン翼接タービン続用溝の加工形状を示しており、図６（１）は大荒加工、図６（２）は荒加工、図６（３）は仕上加工の工程を示している。
【００３４】
さらに、大型のタービンに対するタービン翼接続用溝の場合には、本発明の第３の発明のように、大荒加工の工程を複数の工程に分けてもよい。その場合の切削加工工程の一例を図７（１）～図７（４）に示している。この切削加工工程においては、荒加工の前の工程において大荒加工の工程を２つ設けている。そして、図７（１）に示す１回目の大荒加工においては、断面形状がＶ字型形状をなす大荒加工形状溝１２を、Ｖ字型のカッタ（または、テーパーエンドミル）を使用して切削加工する。
【００３５】
この１回目の大荒加工において、Ｖ字型の大荒加工形状溝１２を切削加工するカッタと

しては、図８に示すようなカッタを使用することができる。図８に示すカッタは、軸心Ｏ２を回転軸としたときの刃部１１の回転軌跡が、図７（１）に示すようなＶ字型となる角度付き切れ刃を備えている大荒加工用のＶ字型カッタ２１である。

本発明の１回目の大荒加工に用いられるカッタとしては、先端の外径が翼溝の凸部の最小幅より小さく設定され、前記翼溝の凸部の最大幅よりも小さく設定された仮想位置を直線的に結んでなる角度付き切れ刃を備えたＶ字型のカッタもしくはテーパーエンドミルを使用することができる。なお、図６および図７のハッチング部分は、被削材を示す。また、図８のハッチング部分はカッタの心厚の断面を示す。

【００３６】

また、本発明による他の切削加工方法の一例として、図９（１）～図９（４）に示す加工工程による加工を採用することができる。すなわち、図９（１）に示す１回目の大荒加工において１回目の大荒加工形状溝１２を加工するときには、図９（２）に示す２回目の大荒加工において２回目の大荒加工形状溝１３の加工に使用する大荒加工用クリスマスカッタの径を、より小さくした形状の総形カッタを用いて、1回目の大荒加工形状溝１２の加工を行うこともできる。なお、図９のハッチング部分は被削材を示す。

【００３７】

本発明の切削加工方法において、荒加工とは、特に断りがない限り、前記したように大荒加工の工程を複数設けている場合には、複数の大荒加工工程のうちの最後の大荒加工工程に続いて行う加工であって、仕上加工の直前に実施される荒加工を示す。従って、大荒加工が１回の場合には、第２番目に行う加工が、荒加工となる。

本発明の切削加工方法において、仕上加工とは、本発明の前記荒加工の後に、最終目的とする形状寸法に仕上げるために行う加工を示す。本発明は、前記したタービン翼接続用溝の切削加工工程のうち、大荒加工と荒加工の切削加工方法、およびこれらの切削加工に用いるクリスマスカッタに特徴がある発明である。本発明は、タービン翼接続用溝の凹凸形状の切削加工を行うときに、その切削加工の能率を上げるために、タービン翼接続用溝の最終目的とする形状寸法にできるだけ沿ったソリッド工具を使用することを前提にしている。

【００３８】

本発明の第１の発明である、荒加工において最小幅の凸部１ａを含む１つ以上の凸部を非切削とするためのソリッド工具からなる荒加工用クリスマスカッタの形状例を図１０に示す。なお、図１０において、ハッチング部分はカッタの心厚および非切削部の断面を示す。図１０においては、荒加工用クリスマスカッタの凸状部７ａ、７ｂ、７ｃには外周に切れ刃を有し、カッタの先端側の凹状部８ａのみに非切削部１４ａを設けた例を示している。

このときは、他の凹状部８ｂ、８ｃには切れ刃を設けたカッタから構成され、このような構成とした荒加工用クリスマスカッタが、本発明の第７の発明に相当する。なお、本発明においては、カッタの凹状部８ａ、８ｂ、８ｃの全てを、上記非切削部１４ａと同様に、切れ刃が無い非切削部としてもよい。また、この荒加工用クリスマスカッタを用いてタービン翼接続用溝を切削加工する方法が、本発明の第1乃至第６のいずれかの発明に適用できる。

【００３９】

本発明の特徴は、タービン翼接続用溝の加工で折損事故の多いクリスマスカッタの先端側の凹状部８ａを、大荒加工用クリスマスカッタでは仕上加工前の寸法まで加工できるように、荒加工用クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａと比較して径を太くし、荒加工には少なくとも切れ刃の無い凹状部８ａを設けた荒加工用クリスマスカッタを用いて、荒加工の前に行う大荒加工により形成された先端側の凹状部８ａが非切削となるように荒加工を行う切削加工方法とこの切削加工方法に用いるクリスマスカッタである。

【００４０】

荒加工用クリスマスカッタは図１０に例示するように、少なくとも先端側の凹状部８ａの最も細い部分（図１１（ａ）に示す最小径となる凹状部の部分１４ａ１）には切れ刃や

溝の無いクリスマスカッタとするのが望ましい。切れ刃の無いことによって、最小径の凹状部の部分１４ａ１は非切削となるため、切削加工の負荷は無くなる。前記最小径の凹状部８ａに切れ刃が無ければクリスマスカッタの溝は、主に切り屑の排出のために設けても良い。しかし、クリスマスカッタの溝は、クリスマスカッタ断面で見れば溝の分だけクリスマスカッタの断面を小さくするので、この溝によりカッタに折損が発生する可能性が生じる。このため、カッタの折損防止の点から、少なくともクリスマスカッタの最小径の凹状部８ａには溝（図１０のハッチング部分の左端付近に相当する）を設けないほうが良い。これが本発明の第２の発明である。

【００４１】

ただし、タービン翼接続用溝の最小幅の凸部１ａ以外の凸部１ｂ、１ｃも非切削とする荒加工用クリスマスカッタとしては、荒加工用クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａに切れ刃は付けないものの、その他の凹状部８ｂ、８ｃについては切れ刃の有り無しは問わず、その他の凹状部８ｂ、８ｃに対応する大荒加工用クリスマスカッタよりも荒加工用クリスマスカッタの刃径を小さくして、荒加工を非切削にすればよい。荒加工用クリスマスカッタのその他の凹状部８ｂ、８ｃは、先端側の凹状部８ａよりはクリスマスカッタの刃径が太いので、相対的に折損事故は軽減されるからである。

【００４２】

図１１（ａ）、（ｂ）は、本発明の荒加工用クリスマスカッタの凹状部に設けた非切削部について、他の形状を示す一部断面図である。なお、図中のハッチング部分は、カッタの心厚および非切削部の断面を示す。図１１（ａ）は、非切削部１４ａの軸心Ｏ２方向の断面形状を略円弧状に形成した例を示し、図１１（ｂ）は、非切削部１４ａの軸心Ｏ２方向の断面形状を凹状とするとともに、この凹状部の中心付近に軸心Ｏ２方向に延びる直線部を含み、さらに、この直線部の両端近傍を略円弧状で結んだ形状とした例を示す。本発明のクリスマスカッタの一例として示す図１０において、凹状部８ａ、８ｂ、８ｃのうち、先端側の最も細い部分である最小径の凹状部は、図１１（ａ）、（ｂ）に示すように、クリスマスカッタの外周面からクリスマスカッタの軸心Ｏ２への垂直距離が最も短い部分１４ａ１、あるいは１４ａ２を有する凹状部として定義できる。

【００４３】

本発明の第４の発明において、大荒加工の最終工程で凸部のうちの少なくとも最小幅の凸部１ａを仕上げ加工前の寸法まで加工する程度、同じく本発明の第５の発明において、大荒加工の最終工程ですべての凸部を仕上げ加工前の寸法まで加工する程度は、仕上加工の切削負荷を低減し、仕上加工での切り屑厚みを極力減らすために、次のように設定することが望ましい。

【００４４】

すなわち、大荒加工の最終工程で凸部を切削加工したときに、図１４に示すように、この凸部が溝中心軸Ｏ１に対して直交する方向の径となる溝幅寸法をＲ３、同じく仕上げ加工でこの凸部を仕上加工したときの溝中心軸Ｏ１に対して直交する方向の径となる溝幅寸法をＲ１としたときに、溝幅寸法Ｒ１とＲ３の差となる「Ｔ＝（Ｒ１－Ｒ３）／２」、すなわち半径分の差の値は、３．０ｍｍ以下と小さくすることが望ましい。なお、このＴは、図１４に示す取り代２０に相当する。

このようにＴの値を設定すると、仕上加工前の取り代は上記した溝幅寸法Ｒ１とＲ３の差を半径分の差で示した値である３．０ｍｍ以下になる。Ｔの値が小さいほうが仕上加工におけるクリスマスカッタへの切削負荷が減ることになる。

【００４５】

なお、仕上加工後に大荒加工面を残さないために、大荒加工において仕上加工前の寸法まで加工する程度は上記した半径分の差に相当する（Ｔ）の値は、０．１㎜以上とすることがより望ましい。本発明の第４の発明や第５の発明のいずれの場合も、少なくとも最小幅の凸部１ａは大荒加工と仕上加工のみで上記の寸法程度で加工が完成され、この最小幅の凸部１ａの部分について、荒加工用カッタは非切削であるために切削加工を行わない。

このような切削加工方法が、本発明の第６の発明に相当するものである。

本発明の加工形状の特徴を示す図１４で説明すれば、最小幅の凸状部１ａの部分においては、大荒加工での大荒加工形状溝５より荒加工での荒加工形状溝６は溝中心軸Ｏ１に近く位置しており、荒加工がこの部分では非切削であることが本発明の第６の発明の特徴である。

【００４６】

本発明の荒加工用クリスマスカッタの凹状部に切れ刃が無いとは、カッタの凹状部のうち最も小さい径を有する凹状部の部分に切れ刃が無ければ十分である。望ましくは、図１２に本発明での非切削部の範囲の設け方で示すように、カッタの最小径の凹状部において、カッタの軸心方向Ｏ２に対する径が最も細い径１５の部分を含み、カッタの軸心Ｏ２方向にある程度の範囲を持って切れ刃が無い非切削部１４ａを設けるのが良い。

図１２に示すように、カッタの軸心Ｏ２方向に対する各非切削部１４ａの範囲の設け方は、クリスマスカッタの非切削部１４ａの最も細い径１５と隣接する先端側の凸状部の頂点１６との先端側高さ１８の１／２以上、最も細い径１５と隣接するシャンク側の凸状部の頂点１７とのシャンク側高さ１９の１／２以下、の範囲になるように設けるのが望ましい。

【００４７】

同一のタービン翼接続用溝Ｈの加工を目的として、セットで使用する本発明の大荒加工用クリスマスカッタと荒加工用クリスマスカッタによる加工形状の特徴を、仕上げ加工を行ったときの仕上加工形状溝４を基準にして、図１４に基づいて説明する。図１４において、５は大荒加工を行ったときの大荒加工形状溝、６は荒加工を行ったときの荒加工形状溝を示す。また、本発明と比較するために、従来の大荒加工用クリスマスカッタと従来の荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工を行ったときの加工形状の特徴を図１３に示している。なお、図１３、図１４のハッチング部分は、被削材３を示す。

【００４８】

従来の大荒加工用クリスマスカッタと荒加工用クリスマスカッタを用いた切削加工方法によれば、図１３で示されるように、大荒加工形状溝５、次いで荒加工形状溝６、そして仕上加工形状溝４へと加工されていた。クリスマスカッタの先端側の凹状部８ａで言えば、「大荒加工用クリスマスカッタ→荒加工用クリスマスカッタ→仕上加工用クリスマスカッタ」へと次第にクリスマスカッタの凹状部８ａが太くなり、この凹状部８ａに対応するタービン翼接続用溝の加工形状はこのカッタの順番に従って少しづつ拡幅されていることになる。

【００４９】

これに対して、本発明では図１４に示すように、タービン翼接続用溝Ｈの先端側の凸部１ａでは、大荒加工形状溝５の凸部１ａを仕上加工前の取り代２０を残す程度で仕上加工前の寸法に近づけ、荒加工ではこの凸部１ａが非切削となるような荒加工用クリスマスカッタを用いて切削するのである。言い換えれば、タービン翼接続用溝Ｈの最小幅の凸部１ａでは、従来とは異なり、大荒加工用クリスマスカッタの刃径は荒加工用クリスマスカッタの刃径より太く、大荒加工の最小幅の凸部１ａは荒加工の最小幅の凸部１ａより幅が広くなる。

【００５０】

本発明で使用される大荒加工用クリスマスカッタは、少なくとも最小径の凹状部８ａが従来の大荒加工用クリスマスカッタの最小径の凹状部８ａより太くなっていることに特徴がある。これにより、最小幅の凸部１ａを大荒加工用クリスマスカッタが加工する場合に、従来の大荒加工用クリスマスカッタに比べて耐折損性が大きく改善されるのである。

さらに、荒加工用クリスマスカッタにおいては、前記カッタの最小径の凹状部８ａは切れ刃を設けない非切削部１４ａとしているため、最も折損の可能性の高い最小幅の凸部１ａにおいての切削は大荒加工と仕上加工のみで行われ、荒加工用クリスマスカッタの前記非切削部１４ａでは加工はしない。

【００５１】

大荒加工に続く荒加工では、大荒加工で比較的多く取り残した凹部２ａ、２ｂ、２ｃの

加工が主体になる。したがって荒加工のときに荒加工用クリスマスカッタにかかる負荷は大きいが、従来はこの段階でも荒加工用クリスマスカッタに最小幅の凸部１ａを含む切削加工を負担させていたのである。そのために、従来の荒加工用クリスマスカッタはこの最小径の凹状部８ａで折損するという事故がたびたびあった。

【００５２】

本発明は、この最小幅の凸部１ａを含む１つ以上の凸部が非切削となるクリスマスカッタを用いて荒加工することとし、非切削とした凸部のある程度の加工は予め大荒加工で済ませておくか、荒加工の次に行う仕上加工で行うようにする。特に非切削とした最小幅の凸部１ａの切削加工は、図１４に示すように、予め大荒加工で仕上加工前の寸法まで済ませておくのが望ましい。これによって、荒加工用クリスマスカッタの最小径の凹状部８ａは非切削となり大きな負荷はなくなり、折損が防止できる。

【００５３】

タービン翼接続用溝は凸部を複数有するのが通常であり、この場合には荒加工用クリスマスカッタとしては、折損の危険性のある複数のくびれた部分（例えば、凹状部８ａ、８ｂ、８ｃなど）を有することになる。そこで本発明での大荒加工においては、クリスマスツリー状のすべての凸部１ａ、１ｂ、１ｃの部分を仕上加工前の寸法にまで加工し、前記すべての凸部１ａ、１ｂ、１ｃを前記した非切削部１４ａと同様の非切削部を有する荒加工用クリスマスカッタを用いて切削加工することが望ましい場合がある。これが本発明の第５の発明に相当する切削加工方法である。

特に、タービン翼接続用溝の最大径が２０ｍｍ程度の小型のツリー状溝を加工する場合には、相対的に全体が小径のクリスマスカッタとなり、折損しやすいので、荒加工用クリスマスカッタのすべての凹状部８ａ、８ｂ、８ｃに前記した非切削部１４ａと同様な非切削部を設けて凸部１ａ、１ｂ、１ｃを非切削とする本発明の第５の発明を適用するのがよい。

【００５４】

本発明の方法に用いられる荒加工用クリスマスカッタとしては、カッタの先端からシャンク側へ、切れ刃を有する凸状部７ａ、７ｂ、７ｃと、切れ刃の無い非切削部を有する凹状部がすくなくとも一つ設けられている荒加工用クリスマスカッタを使用する。本発明に係る荒加工用クリスマスカッタは、形状的に最もくびれて細くなっている最小径の凹状部８ａが非切削部１４ａとなっているので、荒加工時の切削加工の負荷が著しく低減されるので、この最小径の凹状部８ａにおける荒加工用クリスマスカッタの折損が防止できる。さらに、最小径の凹状部８ａは非切削部１４ａであるから溝、すなわち、主に切削屑を逃がすために設けられる刃溝を設ける必要はないので、最小径の凹状部８ａは溝のない円柱状となり、この円柱状には応力が集中して破損の原因となる部分を無くすることができる。このように、本発明に係る荒加工用クリスマスカッタは、その最小径の凹状部８ａには溝を設ける必要がないので、カッタの軸心Ｏ２方向と直交する方向の断面積を大きくすることができる。これにより、本発明の第８の発明に係る荒加工用クリスマスカッタは、剛性の高い形状となっている。

【００５５】

本発明の切削加工方法で用いる大荒加工用クリスマスカッタは、大荒加工時において、荒加工用クリスマスカッタによると荒加工と比較して取り代が多く、切り屑も大量に生成されることから、生成された切り屑を収容するクリスマスカッタ溝１０のスペースを大きくとる必要があるため、クリスマスカッタの回転方向における切れ刃の数は４枚刃以下、好ましくは、３枚刃にすると良い。また、切削抵抗を低減するために、切れ刃にねじれ角を設けることや、切れ刃を波形状にしたラフィング切れ刃を採用することが大変有効である。

【００５６】

本発明の荒加工用クリスマスカッタは、大荒加工用クリスマスカッタと比較すると、切削加工時の全体の取り代は少ないことから、切り屑の生成量も少量でクリスマスカッタ溝１０のスペースを大きくとる必要もなく、クリスマスカッタ回転方向における切れ刃の数

は３枚刃以上が良い。さらに、刃数を増やすことにより、タービン翼接続用溝を加工する加工機のテーブル送り速度も大幅に上げることが可能となり、加工能率の向上に大きく貢献できる。また、刃数が奇数の場合は、切削加工時にクリスマスカッタの進行方向に対して、カッタの刃先が左右同時に切削を行わないため、タービン翼接続用溝が傾く恐れがある。好ましくは、刃数を偶数にすることにより、クリスマスカッタの進行方向に対して、カッタの刃先が左右同時に切削を行うようにすることが望ましい。これにより、切削加工するタービン翼接続用溝が傾くことなく荒加工ができるので、次の仕上加工の工程に対しても有効になる。

【００５７】

また、本発明の荒加工用クリスマスカッタは、カッタの最小径の凹状部８ａに切れ刃や溝を設けないことから、カッタ先端側の凸状部７ａの心厚を太くできる。これにより、カッタの軸心Ｏ２の方向と直交する断面視において、クリスマスカッタの回転方向の１刃ごとの心厚近傍の剛性は格段に向上している。

また、非切削部１４ａを設けることにより、切削量が少なくなり切削抵抗も低減されるため、切れ刃にねじれ角を設けなくても良い。切れ刃にねじれ角を設けないことから、カッタの長手方向（軸心方向Ｏ２）の切れ刃が同時に切削を行うこととなり偶数刃との相乗効果で、タービン翼接続用溝の加工精度がより一層向上することになる。なお、切れ刃の刃先を波形状にしたラフィング切れ刃が大変有効である。

【００５８】

このように、本発明の切削加工方法で用いる大荒加工用クリスマスカッタは、カッタの折損に対する安全性及び刃部の最小径となる部分の切削性を両立した設計となっており、荒加工用クリスマスカッタは、カッタの折損に対する安全性、タービン翼接続用溝の仕上加工前の加工溝精度及び、加工能率すべてを兼ね備えた設計となっているのである。

【００５９】

また、本発明の荒加工用クリスマスカッタは、最小径の凹状部８ａに切れ刃や溝を設けない設計になっていることから、この荒加工用クリスマスカッタの最先端側の凸状部７ａは、単独での心厚設計を行うことができ、その心厚は最小径の凹状部８ａの最も細い部分よりも大きくすることが望ましい。

以下、本発明を実施例に基き具体的に説明する。

【実施例】

【００６０】

（実施例１）

タービン翼接続用溝の切削加工方法について、本発明の切削加工方法と従来方法との比較を行うために、図１５に示す仕様からなる大荒加工用クリスマスと荒加工用クリスマスカッタ、仕上げ加工用クリスマスカッタを製作して、被削材への切削加工試験（切削試験）を行った。

なお、図１５は、タービン翼接続用溝の切削加工の工程（ｔ１）ごとに、本発明の切削加工方法と従来方法との比較を行うために製作した各クリスマスカッタ（以下、単に「カッタ」と記載する）の凸状部の最大刃径（ｔ２）と、同じく凹状部の特徴（ｔ３）と、大荒加工と荒加工を実施したときの加工方法（ｔ４）を、本発明例１～３と従来例ごとに記載している。また、製作した各クリスマスカッタ（以下、単に「カッタ」と記載する）の母材はいずれも高速度鋼（ハイスピードスチール）の粉末を用いて製作し、被削材はＪＩＳにより規定されているＳＵＳ４２０（Ｃｒを約１３重量％含むステンレス鋼）とした。

【００６１】

なお、以下の実施例の説明において記載している第１凸状部とは、クリスマスカッタに設けられている複数の凸状部のうち、カッタの先端側（シャンク部の反対側）に設けられている凸状部７ａを示し、第２凸状部とは第１凸状部に対してシャンク部側方向に設けられた第２番目の凸状部７ｂを示し、第３凸状部とは第２凸状部に対してシャンク部側方向に設けられた第３番目の凸状部７ｃを示す。また、第１凹状部とは、クリスマスカッタに設けられている複数の凹状部のうち、カッタの先端側（シャンク部の反対側）に設けられ

ている凹状部８ａを示し、第２凹状部とは、第１凹状部に対してシャンク部側方向に設けられた第２番目の凹状部８ｂを示し、第３凹状部とは第２凹状部に対してシャンク部側方向に設けられた第３番目の凹状部８ｃを示す。

【００６２】

本発明例１において、大荒加工に使用した大荒加工用カッタは、図８に示す３つの凸状部を有する大荒加工用カッタを製作して使用した。この大荒加工用カッタの仕様は、図１５に示すように、カッタ先端よりカッタの第１凸状部の最大刃径が１６ｍｍ、カッタの第２凸状部の最大刃径が２７ｍｍ、カッタの第３凸状部の最大刃径が３８ｍｍとした。さらに、カッタの第１凹状部の刃径寸法を、被削材の最小幅の第１凸部の仕上寸法に対して直径分で０．６ｍｍ小さくした。

【００６３】

また、本発明例１において使用した荒加工用カッタの仕様は、図１５に示すように、カッタ先端よりカッタの第１凸状部の最大刃径が２７ｍｍ、カッタの第２凸状部の最大刃径が３８ｍｍ、カッタの第３凸状部の最大刃径が４９ｍｍとした。なお、このカッタにおいて第１凹状部の最も細い部分には、図１１（ａ）または図１１（ｂ）に示すように、溝を設けずに非切削部とした。

また、このカッタの第１凹状部の外径寸法は、被削材の最小幅の第１凸部の仕上寸法に対して直径分で２．０ｍｍ小さくし、カッタの他の凹状部は切れ刃とし、これら他の凹状部の刃径寸法を被削材の仕上寸法に対して直径分で１．０ｍｍ小さくしたものを製作した。この直径分とは、仕上加工と荒加工における前記した溝幅寸法の差を示す。

これらのカッタを用い、本発明例1の加工方法として、大荒加工用カッタの第１凹状部でタービン翼接続用溝の第１凸部を仕上加工前寸法まで切削加工し、荒加工では、タービン翼接続用溝の第１凸部のみを非切削とした本発明に係る切削加工方法を採用した。

【００６４】

本発明例２において使用した大荒加工用カッタの各凸状部の最大刃径は、図１５に示すように、本発明例１と同じ仕様とした。また、この大荒加工用カッタは３つある凹状部の刃径寸法を、被削材の仕上寸法に対して半径分で０．６ｍｍ小さくした。なお、この半径分とは、仕上加工と大荒加工における前記した溝幅寸法の差の１／２を示す。

【００６５】

また、本発明例２において使用した荒加工用カッタは、図１５に示すように、カッタの全凸状部の最大刃径を本発明例１と同様とした。さらに、この荒加工用カッタの各凹状部のうち、最小幅の凹状部８ａには溝を設けず非切削部とし、各凹状部の刃径寸法を被削材の仕上寸法に対して直径分で２．０ｍｍ小さくしたものを製作した。なお、本発明例２の切削加工方法は、大荒加工でタービン翼接続用溝の各凸部を仕上加工前寸法まで行い、荒加工では、タービン翼接続用溝の各凸部を非切削とした本発明に係る切削加工方法を採用した。

【００６６】

本発明例３においては、１回目の大荒加工に使用する切削工具として、工具の先端径が８ｍｍ、最大径が４０ｍｍ、刃長６０ｍｍ、テーパー角１５°、刃数が３枚刃のテーパーラフィングエンドミルを製作して使用した。また、２回目の大荒加工と荒加工において使用したカッタは、図１５に示す本発明例１と同じ仕様のものを製作して使用した。切削加工方法は、大荒加工を２回行い、荒加工では、タービン翼接続用溝の第１凸部を非切削とした本発明に係る切削加工方法を採用した。

【００６７】

従来例４において使用した大荒加工用カッタでは、図１５に示すように、カッタ先端よりカッタの第１凸状部の最大刃径が１８ｍｍ、カッタの第２凸状部の最大刃径が２９ｍｍ、カッタの第３凸状部の最大刃径が４０ｍｍとした。また、このカッタの各凹状部の径寸法を、被削材の仕上加工寸法に対して直径分で２．０ｍｍ小さくしたものとした。

また、従来例４におい使用した荒加工用カッタは、図１５に示すように、カッタ先端よりカッタの第１凸状部の最大刃径が２７ｍｍ、カッタの第２凸状部の最大刃径が３８ｍｍ

、カッタの第３凸状部の最大刃径が４９ｍｍとした。また、このカッタの各凹状部の径寸法を被削材の仕上寸法に対して直径分で１．０ｍｍ小さくしたものを製作した。

加工方法は従来の方法を採用し、大荒加工ではタービン翼接続用溝の各凸部と凹部にそれぞれ荒加工時の取り代を残した加工を行い、荒加工でこの取り代を徐々に切削加工してタービン翼接続用溝を拡幅する加工方法とした。

【００６８】

仕上加工用クリスマスカッタは、図１５に示すように、いずれの本発明例、従来例ともに先端よりカッタの第１凸状部の最大刃径が２８ｍｍ、カッタの第２凸状部の最大刃径が３９ｍｍ、カッタの第３凸状部の最大刃径が５０ｍｍとした。カッタの第１凹状部の最大刃径が１０ｍｍ、カッタの第２凹状部の最大刃径が２１ｍｍ、カッタの第３凹状部の最大刃径が２６ｍｍ、で同様のものを使用した。

【００６９】

なお、実施例１において、被削材を切削加工するときの切削条件は、次のように設定した。

本発明例１および本発明例２の大荒加工と荒加工ではともに、カッタの回転数を１６０回／ｍｉｎ、送り速度を１０ｍｍ／ｍｉｎとした。また、本発明例３の切削条件は、１回目の大荒加工用テーパーラフィングエンドミルの回転数を１８０回／ｍｉｎ、送り速度を１０ｍｍ／ｍｉｎとした。さらに、本発明例３の２回目の大荒加工と荒加工とは、共にカッタの回転数を１６０回／ｍｉｎ、送り速度を１０ｍｍ／ｍｉｎとした。

なお、仕上加工において、仕上加工用クリスマスカッタで切削加工するときの切削条件は、本発明例および従来例ともに、カッタの回転数を１８０回／ｍｉｎ、送り速度を１０ｍｍ／ｍｉｎとした。実施例１の切削試験で使用した切削液は、水溶性切削液を用いた。

【００７０】

そして、実施例１による切削試験においては、本発明例１～３、および従来例４について大荒加工、荒加工、仕上加工を上記した各カッタを用いた繰り返しの切削試験を実施し、各カッタの切削長さの合計値が４０００ｍｍに達した時点において、各カッタの刃先のチッピングや欠損の有無、機械のロード値（主軸モーターの最高出力を１００％とした時の主軸へかかる回転方向の負荷を％で示す）、および仕上加工後の被削材の第１凸部の面粗さを確認する評価を行った。その確認結果を表１に示す。

【００７１】

【表１】

試料番号		機械のロード値(%)			工具の状態	第1凸状溝の仕上面粗さ(Rz)
		大荒加工	荒加工	仕上加工		
本発明例	1	20	12	9	良好	2.13
	2	20	10	9	良好	1.91
	3	1回目:18 2回目:16	12	9	良好	2.22
従来例	4	28	17	9	大荒加工用にチッピングあり	3.72

【００７２】

表１に示す切削試験の結果から、本発明例１から３のものは、大荒加工、荒加工共に機械ロード値と加工面の状況などから判断して、良好な切削加工が行えたことが分かる。また、本発明例はいずれも、仕上加工の加工面荒さは仕上加工として従来例よりかなり良好であった。

さらに、加工後の刃先状態の観察では、本発明例に使用した大荒加工用カッタ、荒加工用カッタ、仕上加工用カッタのいずれも、刃先のチッピングや欠損もなく良好な刃先状態であった。

【００７３】

一方、従来例４では、大荒加工時の機械ロード値が特に大きく、また、タービン翼接続

用溝の全体にビビリ跡が残っていた。このビビリ跡は、特に最も細い部分であるタービン翼接続用溝の第１凸部にビビリ跡が大きく残っていた。これは、タービン翼接続用溝の第１凸部を加工する大荒加工用カッタの第１凹状部の外径が小さく、カッタの溝のスペースや、すくい角が十分に確保出来ないことから、切り屑がスムーズに排出できなかったことにより、加工面を傷付けたことや、切り屑が詰まり、切り屑を噛み込んで刃先にチッピングが発生し、そのまま切削を続けたことによるものと推測される。

また、従来例４の荒加工で機械ロード値が大きくなっている要因としては、大荒加工時のビビリ跡の影響やカッタの第１凹状部でも切削を行うことにより大きくなったと考えられ、荒加工後の加工面にもビビリ跡が見られた。

さらに、仕上加工後の第１凸部の面粗さは、本発明例１～３と比較して、従来例４の面粗さが若干悪くなっている。これは荒加工面のビビリ跡の影響を受けているのではないかと推測される。

【００７４】

（実施例２）

次に、本発明に係る切削加工方法について、他の切削試験とその結果について説明する。実施例２において使用した大荒加工用カッタの各凸状部の刃径は、前記した本発明例１と同じ仕様とし、さらに大荒加工用カッタの各凹状部は仕上寸法に対しての取り代を変化させた８種のカッタを製作した。

また、荒加工用カッタは、荒加工用カッタの各凸状部の刃径は前記した本発明例１と同じ仕様とし、さらに荒加工用カッタの各凹状部は大荒加工用カッタの各凹状部の仕上寸法に対しての取り代を変化させたものに対応する非切削部としたものを製作した。

そして、８種の大荒加工用カッタごとに切削試験（本発明例５～本発明例１２）を行った。また、大荒加工はタービン翼接続用溝を大荒加工用カッタの各凹状部で仕上加工前の寸法まで行い、荒加工では、タービン翼接続用溝の各凸部を非切削としたとした本発明に係る切削加工方法を行った。なお、被削材、各カッタの母材、切削条件および評価方法は、実施例１と同様とした。その切削試験の結果を表２に示す。

【００７５】

【表２】

試料番号		大荒加工用カッタの各凹状部の仕上寸法に対する取り代	機械のロード値(%)			工具の状態	第1凸状溝の仕上面粗さ(Rz)
			大荒加工	荒加工	仕上加工		
本発明例	5	0.05	21	9	9	良好	3.12
	6	0.10	21	9	9	良好	2.78
	7	0.60	20	10	9	良好	2.02
	8	1.20	20	10	9	良好	2.91
	9	1.80	20	11	9	良好	3.18
	10	2.40	19	12	9	良好	3.36
	11	3.00	19	12	9	良好	3.46
	12	3.20	19	13	9	良好	3.48

【００７６】

表２に示す結果から、本発明例５の荒加工では、取り代が小さいため機械ロード値は小さいが、大荒加工は、切削量が多いため機械ロード値が大きくなった。一方、本発明例１２では、タービン翼接続用溝の第１凸部の仕上面荒さがやや大きくなった。この結果から、相対的に大荒用カッタの各凹状部の径寸法を被削材の仕上寸法に対して半径分（取り代）は、０．１ｍｍ～３．０ｍｍの範囲にすることが望ましいといえる。

【００７７】

（実施例３）

荒加工用カッタの送り速度を速くした時の折損に対する安定性について、本発明例と従来例のカッタについて比較するために切削試験を行った。この切削試験において、本発明例（以下、「本発明例１３」という）に使用したカッタは、前記した本発明例１と同じ仕様とし、従来例（以下、「従来例１４」という）に使用したカッタは、前記した従来例４

と同じ仕様とし、それぞれ１０本のカッタを製作した。また、各カッタの母材、切削加工方法及び切削条件は、大荒加工は前記した実施例１と同様とし、荒加工用カッタの送り速度は前記した実施例１の２倍である２０ｍｍ／ｍｉｎとした。切削試験結果の評価方法としては、荒加工用カッタ１本当りの切削長さを４０００ｍｍと設定し、各１０回繰り返した時の折損の有無を確認した。その結果を表３に示す。

【００７８】

【表３】

試料番号		折損の有無
本発明例	13	折損の無し
従来例	14	6本で折損

【００７９】

表３に示すように、本発明例１３は、大荒加工に使用した大荒加工用カッタを、第１凹状部の外径を仕上加工前の寸法にしたことにより、この第１凹状部の剛性が向上し、荒加工用カッタに非切削部を設けることで送り速度を速くした場合においても折損することなく安定した加工ができた。

また、従来例１４は、荒加工用カッタの第１凹状部に溝を設けているために、剛性が劣り、かつ、この第１凹状部で切削も行うことから送り速度を２０ｍｍ／ｍｉｎと速くすると、表３に示すように荒加工用カッタの６本が折損し、安定した切削加工ができなかった。

【００８０】

以上に説明したように、本発明のタービン翼接続用溝の切削加工方法を用いれば、大荒加工と荒加工の適正な切削量のバランス分担により、タービン翼接続用溝の凹凸溝の各所での仕上加工での取り代をほぼ均一にすることができる。さらに、荒加工用クリスマスカッタの少なくとも最小径の凹状部を非切削にすることにより、荒加工における切削量が少なくなって切削抵抗も低減され、荒加工用クリスマスカッタの剛性を得ることができる。これにより、ソリッド工具の母材が超硬合金製であっても折損することがなく安定した切削加工ができると考えられる。

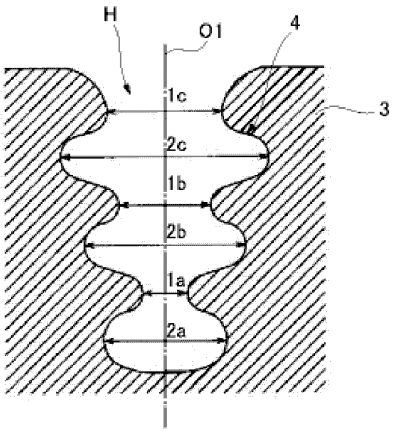
【符号の説明】

【００８１】

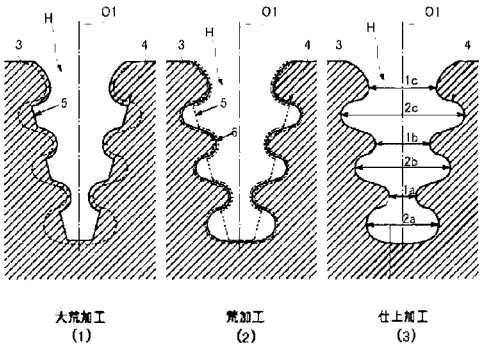
１ａ、１ｂ、１ｃ：凸部
２ａ、２ｂ、２ｃ：凹部
３　：被削材
４　：仕上加工形状溝
５　：大荒加工形状溝
６　：荒加工形状溝
７ａ、７ｂ、７ｃ：凸状部
８ａ、８ｂ、８ｃ：凹状部
９　：シャンク部
１０　：クリスマスカッタの溝
１１　：刃部
１２　：１回目の大荒加工形状溝
１３　：２回目の大荒加工形状溝
１４ａ：非切削部
１４ａ１、１４ａ２：軸心Ｏ２への距離が最も短い部分
１５　：非切削部の最も細い径
１６　：凸状部のうち先端側の頂点
１７　：凸状部のうちシャンク側の頂点
１８　：凸状部のうち先端側の高さ

１９　：凸状部のうちシャンク側の高さ
２０　：仕上加工前の取り代
２１　：大荒加工用のＶ字型カッタ
Ｈ　：タービン翼接続用溝
Ｏ１：溝中心軸
Ｏ２：カッタの軸心
ｔ１：切削加工工程
ｔ２：カッタの凸状部の最大刃径
ｔ３：カッタの凹状部の特徴
ｔ４：加工方法

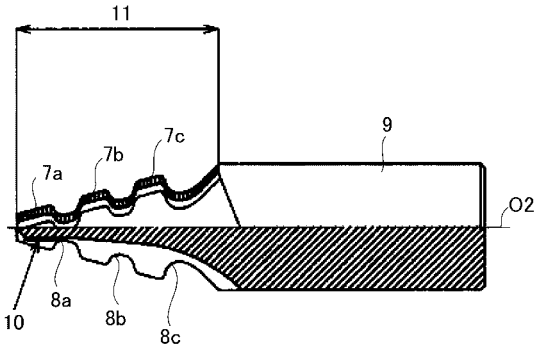
【図１】



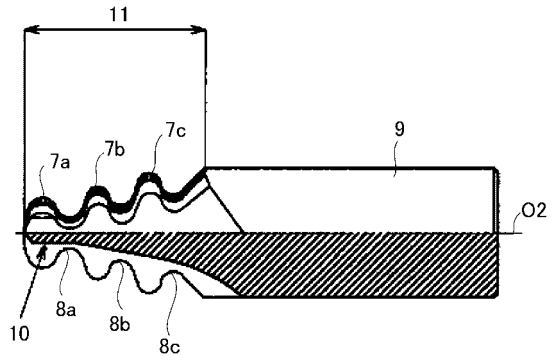
【図２】



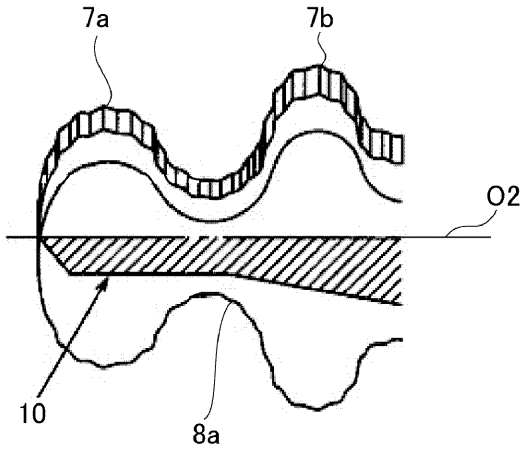
【図３】



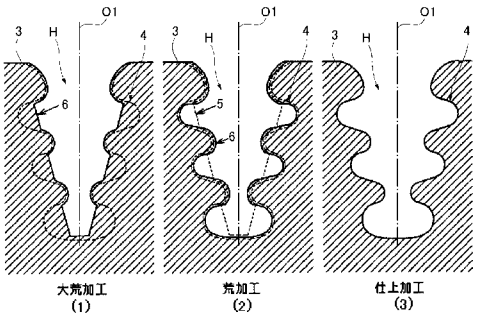
【図４】



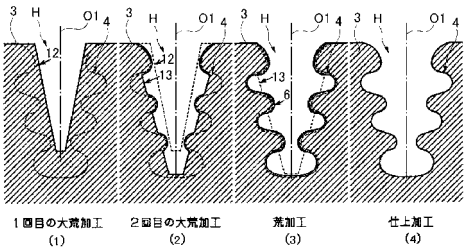
【図５】



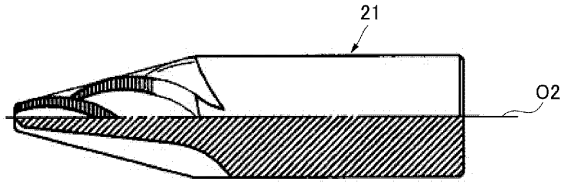
【図６】



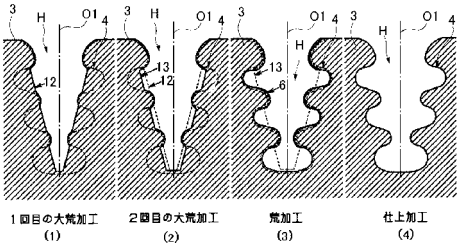
【図７】



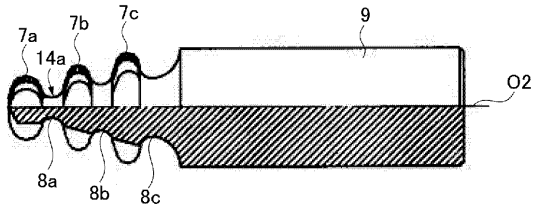
【図８】



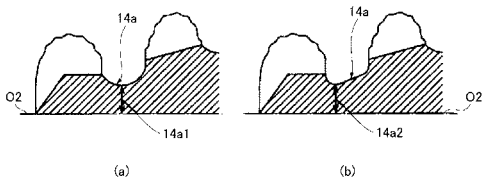
【図９】



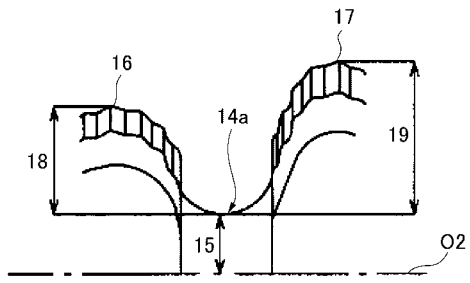
【図１０】



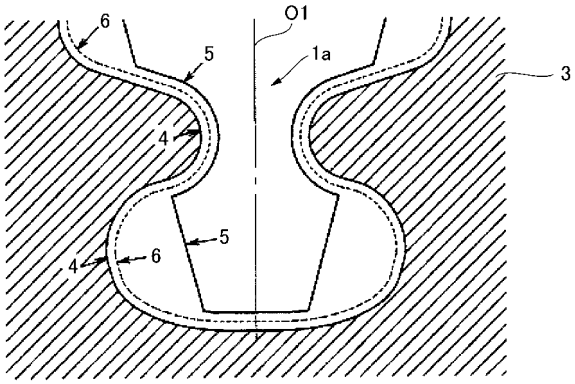
【図１１】



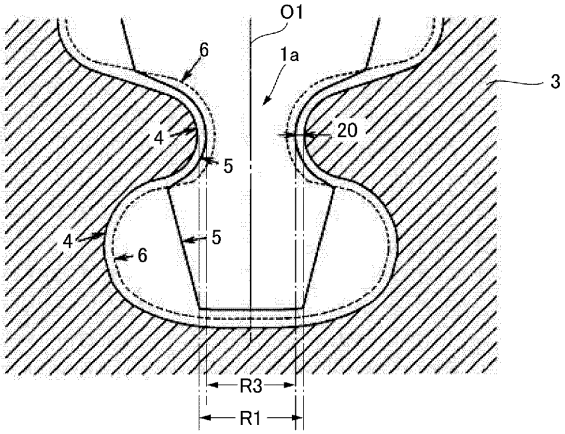
【図１２】



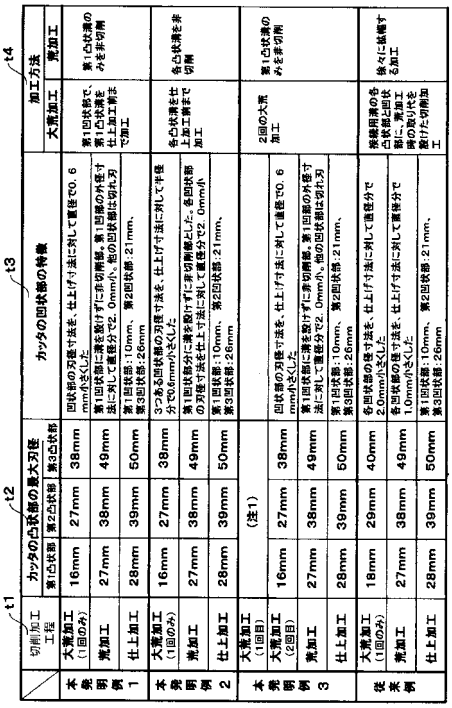
【図１３】



【図１４】



【図１５】



	切削加工工程	カッタの凸状部の最大刃径		カッタの凹状部の特徴	加工方法	
		第1凸状部	第2凸状部	第3凸状部	大荒加工	荒加工
本発明例1	大荒加工（1回のみ）	16mm	27mm	38mm	凹状部の刃径寸法を、仕上げ寸法に対して直径で0.6mmかさくした	
	荒加工	27mm	38mm	49mm	第1凹状部に溝を設けずに赤切削し、第1凹部の外径寸法に対して直径分で2.0mmかし、他の凹状部は切れ刃	第1凸状部で、第1凸状溝を仕上加工前まで加工
	仕上加工	28mm	39mm	50mm	第1凹状部：10mm、第2凹状部：21mm、第3凹状部：26mm	
本発明例2	大荒加工（1回のみ）	16mm	27mm	38mm	3つある凹状部の刃径寸法を、仕上げ寸法に対して半径分で0.6mmかさくした	
	荒加工	27mm	38mm	49mm	第1凹状部分に溝を設けずに赤切削とした。各凹状部の刃径寸法を仕上寸法に対して直径分で2.0mmかし	各凸状溝を仕上加工前まで加工
	仕上加工	28mm	39mm	50mm	第1凹状部：10mm、第2凹状部：21mm、第3凹状部：26mm	
本発明例3	大荒加工（1回目）	（注1）				
	大荒加工（2回目）	16mm	27mm	38mm	凹状部の刃径寸法を、仕上げ寸法に対して直径で0.6mmかさくした	2回の大荒加工
	荒加工	27mm	38mm	49mm	第1凹状部に溝を設けずに赤切削とし、第1凹部の外径寸法に対して直径分で2.0mmかし、他の凹状部は切れ刃	
	仕上加工	28mm	39mm	50mm	第1凹状部：10mm、第2凹状部：21mm、第3凹状部：26mm	
従来例	大荒加工（1回のみ）	18mm	29mm	40mm	各凹状部の径寸法を、仕上げ寸法に対して直径分で2.0mmかさくした	隣接同溝の各凸状部と凹状部に、荒加工後の取り代を設けた切削加工
	荒加工	27mm	38mm	49mm	各凹状部の径寸法を、仕上げ寸法に対して直径分で1.0mmかさくした	後々に拡幅する加工
	仕上加工	28mm	39mm	50mm	第1凹状部：10mm、第2凹状部：21mm、第3凹状部：26mm	

（注1）テーパーラフィングエンドミル（先端径：8mm、最大径：40mm、刃長：60mm、テーパー角：15°、刃数：3枚刃）

フロントページの続き

(56)参考文献　特開平１１－２６７９１６（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－３０７６２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｃ１／００－９／００