(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2009-255251
(P2009-255251A)
(43)公開日　平成21年11月5日(2009.11.5)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B23B 51/00	(2006.01)	B23B 51/00	K		3C037
		B23B 51/00	L		

審査請求 未請求　請求項の数 4　OL　（全 17 頁）

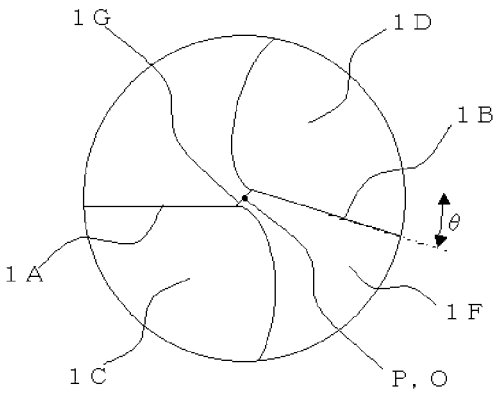
(21)出願番号　特願2008-109275 (P2008-109275)
(22)出願日　平成20年4月18日 (2008.4.18)

(71)出願人　504132881
国立大学法人東京農工大学
東京都府中市晴見町３－８－１
(74)代理人　100094488
弁理士　平石　利子
(72)発明者　西脇　信彦
東京都府中市晴見町３－８－１　国立大学法人東京農工大学内
(72)発明者　堀　三計
東京都府中市晴見町３－８－１　国立大学法人東京農工大学内

Fターム(参考)　3C037 AA02　BB08　DD01　DD03

(54)【発明の名称】ツイストドリル

(57)【要約】
【課題】　被加工物に真円度の高い孔を穿孔することができ、しかも被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を円滑に排出させることができるツイストドリルを提供する。
【解決手段】　ツイストドリル１は、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂが軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に形成されているため、被加工物に対する穿孔作業中に２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂが共振し難くなり、チゼルエッジ１Ｇがツイストドリル１の回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することが可能となる。そして、特に、同じ溝幅の２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄが２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂに対応して軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に形成されているため、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂが同じすくい角を持つこととなり、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑は２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄに沿って円滑に排出される。
【選択図】　図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
先端部に形成された少なくとも２枚の切れ刃と、各切れ刃のすくい面に連続して軸方向に螺旋状に延びる少なくとも２本の螺旋溝とを有するツイストドリルであって、
前記２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成され、前記各切れ刃の逃げ面の交線である先端のチゼルエッジの中心点が軸心上に配置されており、
前記２本の螺旋溝が同じ溝幅で軸心を中心とした非軸対称位置に形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが異なるランド幅で形成されていることを特徴とするツイストドリル。
【請求項２】
先端部に形成された少なくとも２枚の切れ刃と、各切れ刃のすくい面に連続して軸方向に螺旋状に延びる少なくとも２本の螺旋溝とを有するツイストドリルであって、
前記２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に所定のすくい角をもって形成されており、
前記２本の螺旋溝が異なる溝幅で形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが同じランド幅で形成されていることを特徴とするツイストドリル。
【請求項３】
前記２枚の切れ刃が同じすくい角を持つことを特徴とする請求項１または２に記載のツイストドリル。
【請求項４】
前記２枚の切れ刃の非軸対称をなす角度が５～３５°であることを特徴とする請求項１～３の何れか１の請求項に記載のツイストドリル。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、被加工物に貫通孔や深孔などを開ける穿孔作業に使用されるツイストドリルに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来一般に知られているツイストドリルは、先端部に形成された一対の切れ刃と、各切れ刃のすくい面に連続して軸方向に螺旋状に延びる一対の切り屑排出用の螺旋溝とを有し、一対の切れ刃の逃げ面の交線である先端のチゼルエッジの中心点は、軸心上に配置されている。
【０００３】
このツイストドリルの一対の切れ刃および一対の螺旋溝は、軸心を中心とした軸対称位置に形成されており、一対の切れ刃は同じすくい角を持ち、一対の螺旋溝は同じ半径の同じ溝幅に形成されていて、一対の螺旋溝の間の二つのランドは同じランド幅で形成されている。
【０００４】
ところで、この種の一般的なツイストドリルを使用した穿孔作業においては、先端のチゼルエッジが被加工物の加工面に喰い付く際に、チゼルエッジがドリルの回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が発生することがある（例えば非特許文献１参照）。この歩行現象は、一対の切れ刃が共振することに起因するものと思われる。そして、このような歩行現象が発生すると、穿孔する孔の寸法や真円度などの精度が大きく低下することが指摘されている。
【０００５】
もっとも、ツイストドリルによる穿孔作業の後に、リーマなどの仕上げ工具を使用した仕上げ作業を行えば、真円度の高い孔を穿孔することも可能であるが、その場合には、加工工数および加工時間が増大してコスト高となってしまう。そこで、ドリルによる穿孔作業とリーマによる仕上げ作業とを同時に行えるようにした工具として、バニッシングドリ

ル、ドリルリーマ、リーマ付きドリル等が考案されている（例えば、特許文献１～３参照）。

【０００６】

しかしながら、前述した特許文献１～３に記載のバニッシングドリル、ドリルリーマ、リーマ付きドリル等の工具は、何れも一般的なツイストドリルと較べて形状が複雑であり、製造コストが嵩むにも拘らず、穿孔される孔の真円度には必ずしも高い精度が期待できない。

【０００７】

そこで、本件出願人は、一般的なツイストドリルの形状をベースとして、先端部に形成される２枚の切れ刃を軸心に対し相互に非軸対称位置に配置することで、真円度の高い孔を穿孔可能とした非軸対称刃ドリルを開発し、その発明について既に特許出願している（特願２００８－５０１７９２号（特願２００６－４６６９４号））。

【非特許文献１】津枝正介　長谷川嘉雄　木村熙，ドリルの歩行現象について，日本機械学会論文集，５０－４５３，１９８４

【特許文献１】特開平５－３０１１０９号公報

【特許文献２】特開平８－１５５７１５号公報

【特許文献３】特開２００２－３６１５０９公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

ところで、前述した非軸対称刃ドリルを使用して被加工物に穿孔作業を施したところ、その作業条件によっては、螺旋溝に排出される切り屑に詰まりが発生する場合があることが判明した。

【０００９】

本発明は、このような実情に鑑みなされたものであり、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することができ、しかも被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を円滑に排出させることができるツイストドリルを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

このような課題を解決する手段として、先端部に形成された少なくとも２枚の切れ刃と、各切れ刃のすくい面に連続して軸方向に螺旋状に延びる少なくとも２本の螺旋溝とを有するツイストドリルであって、前記２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成され、前記各切れ刃の逃げ面の交線である先端のチゼルエッジの中心点が軸心上に配置されており、前記２本の螺旋溝が同じ溝幅で軸心を中心とした非軸対称位置に形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが異なるランド幅で形成されていることを特徴とする。

【００１１】

本発明に係るツイストドリルでは、２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、被加工物に対する穿孔作業中に２枚の切れ刃が共振し難くなり、チゼルエッジがドリルの回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することが可能となる。そして、特に、同じ溝幅の２本の螺旋溝が２枚の切れ刃に対応して軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、２枚の切れ刃が同じすくい角を持つこととなり、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑は溝幅の同じ２本の螺旋溝に沿って円滑に排出される。

【００１２】

また、本発明に係るツイストドリルは、先端部に形成された少なくとも２枚の切れ刃と、各切れ刃のすくい面に連続して軸方向に螺旋状に延びる少なくとも２本の螺旋溝とを有するツイストドリルであって、前記２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に所定のすくい角をもって形成されており、前記２本の螺旋溝が異なる溝幅で形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが同じランド幅で形成されていることを特徴とする。

【００１３】
この発明に係るツイストドリルは、２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、被加工物に対する穿孔作業中に２枚の切れ刃が共振し難くなり、チゼルエッジがドリルの回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される結果、真円度の高い孔を穿孔することが可能となる。そして、特に、２枚の切れ刃が所定のすくい角をもって形成されているため、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑は２本の螺旋溝に沿って円滑に排出される。また、２本の螺旋溝が異なる溝幅で形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが狭くならないように同じランド幅で形成されているため、２枚の切れ刃の強度低下が防止される。
【００１４】
本発明のツイストドリルにおいて、２枚の切れ刃の非軸対称をなす角度は、切り屑の排出を円滑にする上で、少なくとも５～３５°の範囲とするのが好ましい。なお、２枚の切れ刃の非軸対称をなす角度とは、一方の切れ刃の軸対称位置を示す基準線と他方の切れ刃との交差角度であり、他方の切れ刃がその逃げ面側に軸心廻りに後退回転している場合の交差角度をプラスの角度とし、他方の切れ刃がこれに連続する螺旋溝側に軸心廻りに前進回転している場合の交差角度をマイナスの角度とする。
【発明の効果】
【００１５】
本発明に係るツイストドリルによれば、２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、被加工物に対する穿孔作業中に２枚の切れ刃が共振し難くなり、チゼルエッジがドリルの回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することができる。そして、特に、同じ溝幅の２本の螺旋溝が２枚の切れ刃に対応して軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、２枚の切れ刃が同じすくい角を持つこととなる。その結果、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を２本の螺旋溝に沿って円滑に排出させることができる。
【００１６】
また、本発明に係るツイストドリルによれば、２枚の切れ刃が軸心を中心とした非軸対称位置に形成されているため、穿孔作業中に２枚の切れ刃が共振し難くなり、チゼルエッジがドリルの回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、真円度の高い孔を穿孔することができる。そして、特に、２枚の切れ刃が所定のすくい角をもって形成されているため、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を２本の螺旋溝に沿って円滑に排出させることができる。加えて、２本の螺旋溝が異なる溝幅で形成されていて、２本の螺旋溝の間の二つのランドが狭くならないように略同じランド幅で形成されているため、２枚の切れ刃の強度低下を防止することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１７】
以下、図面を参照しつつ本発明に係るツイストドリルの最良の実施形態を説明する。ここで、図１は第１実施形態に係るツイストドリルの側面図、図２は図１に示したツイストドリルの先端部の切れ刃を示す正面図、図３は図２に示した２枚の切れ刃の非軸対称角度およびチゼルエッジの中心点を示す図２に対応した正面図、図４は図１に示したツイストドリルの２本の螺旋溝の溝幅および二つのランドのランド幅を示す横断面図である。
【００１８】
図１～図３に示すように、第１実施形態に係るツイストドリル１は、右ねじれの通常のツイストドリルと同様に、先端部に直線状に形成された２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂと、各切れ刃１Ａ，１Ｂのすくい面（符号省略）に連続してツイストドリル１の軸方向に螺旋状に延びる２本の切り屑排出用の螺旋溝１Ｃ，１Ｄとを有する。そして、各切れ刃１Ａ，１Ｂの逃げ面１Ｅ，１Ｆの交線である先端のチゼルエッジ１Ｇの中心点Ｐは、ツイストドリル１の軸心Ｏ上に配置されている。
【００１９】
ツイストドリル１は、直径が例えば１２ｍｍの工具鋼（ＳＫＳ９３）からなり、２本の

螺旋溝１Ｃ，１Ｄは、例えば曲率半径４ｍｍの曲面で幅８ｍｍの同じ溝幅に形成されている。

【００２０】

ここで、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂは、ツイストドリル１の軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に形成されている。すなわち、他方の切れ刃１Ｂは、一方の切れ刃１Ａの軸対称位置からツイストドリル１の軸心Ｏ廻りに逃げ面１Ｆ側に後退回転した非軸対称位置に形成されている。そして、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂの非軸対称をなす角度θ、すなわち、一方の切れ刃１Ａの軸対称位置を示す基準線（図３の一点鎖線参照）と他方の切れ刃１Ｂとの交差角度である非軸対称角度θは、５～３５°の範囲において例えば１７°に設定されている。

【００２１】

同様に、２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄは、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂのすくい面（符号省略）に連続するように、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂに対応してツイストドリル１の軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に形成されている。この２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄの非軸対称角度θも２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂの非軸対称角度θに合わせて例えば１７°に設定されており、その結果、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂは、同じすくい角を持つこととなる。そして、２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄの間の二つのランドの幅は、異なるランド幅Ｗ１、Ｗ２となっている。

【００２２】

以上のように構成された第１実施形態のツイストドリル１では、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂがツイストドリル１の軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に例えば１７°の非軸対称角度θで形成されているため、被加工物に貫通孔や深孔などを開ける穿孔作業中に２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂが共振し難くなり、チゼルエッジ１Ｇがツイストドリル１の回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、被加工物に真円度の高い貫通孔や深孔を穿孔することが可能となる。

【００２３】

そして、特に、第１実施形態のツイストドリル１では、例えば８ｍｍの同じ溝幅の２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄが２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂに対応してツイストドリル１の軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に形成されており、しかも、２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄの非軸対称角度θが２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂの非軸対称角度θに合わせて例えば１７°に設定されている。その結果、２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂは、同じすくい角を持つこととなり、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑は２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄに沿って円滑に排出される。

【００２４】

従って、第１実施形態のツイストドリル１によれば、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することができ、しかも、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄに沿って円滑に排出させることができる。

【００２５】

次に、図５、図６を参照して本発明の第２実施形態に係るツイストドリル２を説明する。このツイストドリル２は、図１に示した第１実施形態のツイストドリル１と略同様に構成されており、ツイストドリル１の２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂ、２本の螺旋溝１Ｃ，１Ｄおよびチゼルエッジ１Ｇに対応する２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂ、２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄおよびチゼルエッジ２Ｇを有する。

【００２６】

ツイストドリル２の２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂは、ツイストドリル１の２枚の切れ刃１Ａ，１Ｂと同様に非軸対称位置に形成されており、その非軸対称角度θは、５～３５°の範囲において例えば１７°に設定されている。そして、各切れ刃２Ａ，２Ｂは、それぞれ所定のすくい角を持っている。

【００２７】

ここで、ツイストドリル２の直径を例えば１２ｍｍとした場合、一方の螺旋溝２Ｃは、例えば曲率半径４ｍｍの曲面で幅８ｍｍに形成され、他方の螺旋溝２Ｄは、例えば曲率半径３ｍｍの曲面で幅６ｍｍに形成されている。これら２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄは、ツイス

トドリル２の軸心Ｏを中心とした略軸対称位置に形成されており、２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄの間の二つのランドの幅は、略同じランド幅Ｗ３、Ｗ３となっている。

【００２８】

以上のように構成された第２実施形態のツイストドリル２では、２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂがツイストドリル２の軸心Ｏを中心とした非軸対称位置に例えば１７°の非軸対称角度θで形成されているため、被加工物に貫通孔や深孔などを開ける穿孔作業中に２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂが共振し難くなり、チゼルエッジ２Ｇがツイストドリル２の回転中心から横滑りする、いわゆる歩行現象が抑制される。その結果、被加工物に真円度の高い貫通孔や深孔を穿孔することが可能となる。

【００２９】

そして、特に、第２実施形態のツイストドリル２では、２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂが所定のすくい角をもって形成されているため、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑は２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄに沿って円滑に排出される。また、２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄが異なる溝幅で形成されおり、２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄの間の二つのランドが狭くならないように略同じランド幅Ｗ３、Ｗ３で形成されているため、２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂの強度低下が防止される。

【００３０】

従って、第２実施形態のツイストドリル２によれば、被加工物に真円度の高い孔を穿孔することができ、しかも、被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を２本の螺旋溝２Ｃ，２Ｄに沿って円滑に排出させることができる。加えて、２枚の切れ刃２Ａ，２Ｂの強度低下を防止することができる。

【００３１】

本発明に係るツイストドリルは、前述した第１実施形態のツイストドリル１や第２実施形態のツイストドリル２に限定されるものではない。例えば、ツイストドリル１の直径や長さは特に限定されるものではなく、被加工物に穿孔する孔の直径や深さに応じて適宜の直径および長さとすることができる。また、ツイストドリル１のねじれ方向も右ねじれに限らず、左ねじれであってもよい。そして、ツイストドリル１の材質も被加工物の材質に適合するように適宜変更可能である。

【００３２】

ツイストドリル１の切れ刃１Ａ，１Ｂの枚数は、２枚に限らず３枚以上であってもよい。また、ツイストドリル１の切れ刃１Ａ，１Ｂの先端角やチゼルエッジ１Ｇの長さも被加工物の硬さや被加工物に対する穿孔の切削条件に応じて適宜変更可能である。

【００３３】

さらに、ツイストドリル１の切れ刃１Ａ，１Ｂの形状も直線状に限らず、凹状または凸状に湾曲していてもよい。凹状に湾曲した切れ刃では、切り屑が良好にカールして螺旋溝に排出されるため、切り屑の排出性が良好となる。一方、凸状に湾曲した切れ刃では、ツイストドリル１が高速で回転駆動される際の切削性が安定化する。

〔実施例１〕＜真円度向上および切り屑排出性向上の実証テスト＞

【００３４】

本発明に係るツイストドリルによれば被加工物に真円度の高い孔を穿孔でき、しかも被加工物の穿孔作業中に発生する切り屑を円滑に排出させることができることを実証する穿孔テストを実施した。

【００３５】

この穿孔テストにおいては、図７に示すようなボール盤１０のテーブル１１上に三成分切削動力計１２およびトルクセンサ１３を介して被加工物１４をセットすると共に、ボール盤１０のチャック１５にツイストドリル１６をセットし、このツイストドリル１６を使用して被加工物１４に深孔を穿孔した。そして、穿孔作業中の切り屑の排出状況を目視により観察すると共に、被加工物１４に穿孔された深孔の真円度を３次元測定器により測定した。

【００３６】

深孔の穿孔に使用したＮＣフライス盤はワシノ製１３Ｍ－１０４ＮＣであり、ツイストドリル１６の回転数６００ｒｐｍ、送り４５ｍｍ／ｍｉｎとした。

【００３７】

また、真円度の測定にはミツトヨ製ラウンドテストＲＡ７型の真円度測定機を使用した。

深孔の上部に測定用プローブを１０点接触させて最大半径と最小半径とを測定し、その寸法差をミリメートルで表わして真円度とした。なお、真円度は５回の測定結果の平均値とした。

【００３８】

被加工物１４は、板厚１０ｍｍのアルミ合金板であるアルミ厚板とした。そして、穿孔テストに供したツイストドリル１６は、図１に示したツイストドリル１と同様に形成された非軸対称角度θが１７°および３０°の２本のツイストドリルＭ１，Ｍ２と、図５に示したツイストドリル２と同様に形成された非軸対称角度θが１７°および３０°の２本のツイストドリルＭ３，Ｍ４とした。

【００３９】

なお、比較用として、２枚の切れ刃および２本の螺旋溝が軸対称に配置された非軸対称角度θが０°の市販のツイストドリルＣ（ＮＡＣＨＩ　ＳＴＡＮＤＡＲＤツイストドリル）と、２本の螺旋溝が軸対称に配置され、２枚の切れ刃の非軸対称角度θが０～３０°の範囲で異なる複数本のツイストドリルＧ（本件出願人の先行出願に係る非軸対称刃ドリル）を使用した。これらのツイストドリルＭ１～Ｍ４，Ｃ，Ｇにおける非軸対称角度θ、螺旋溝の溝幅および螺旋溝の半径を一覧に示すと以下の表１の通りである。

【００４０】

【表１】

ツイストドリル	非軸対称角度θ	螺旋溝の溝幅	螺旋溝の半径
Ｍ１	１７°	８ｍｍ	４ｍｍ
Ｍ２	３０°	８ｍｍ	４ｍｍ
Ｍ３	１７°	８ｍｍ，６ｍｍ	４ｍｍ，３ｍｍ
Ｍ４	３０°	８ｍｍ，６ｍｍ	４ｍｍ，３ｍｍ
Ｃ	０°	１０ｍｍ	５ｍｍ
Ｇ	０～３０°	１０ｍｍ	５ｍｍ

【００４１】

ここで、穿孔テストの結果を図８のグラフに示す。このグラフは、横軸に非軸対称角度θ°をとり、縦軸には穿孔された深孔の真円度（ｍｍ）をとったものであり、ツイストドリルＣにより穿孔された深孔の真円度は、黒丸ポイントで示すように０．１６ｍｍ程度であった。また、ツイストドリルＧにより穿孔された深孔の真円度は、黒四角ポイントで示すように０．０９～０．０３ｍｍの範囲となり、非軸対称角度θが１７°に相当する真円度の予測値は０．０５ｍｍ程度、非軸対称角度θが３０°の場合の真円度は０．０７５ｍｍ程度であった。

【００４２】

これに対し、非軸対称角度θが１７°のツイストドリルＭ１により穿孔された深孔の真円度は、黒三角ポイントで示すように０．０６ｍｍ程度であり、非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＭ２により穿孔された深孔の真円度は、白三角ポイントで示すように０．０３ｍｍ程度であった。また、非軸対称角度θが１７°のツイストドリルＭ３により穿孔された深孔の真円度は、白四角ポイントで示すように０．０４ｍｍ程度であり、非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＭ４により穿孔された深孔の真円度は、白丸ポイントで示すように０．０４５ｍｍ程度であった。

【００４３】
すなわち、本発明の実施例に係る非軸対称角度θが１７°のツイストドリルＭ１により穿孔された深孔の真円度（０．０６ｍｍ）および本発明の実施例に係る非軸対称角度θが１７°のツイストドリルＭ３により穿孔された孔の真円度（０．０４ｍｍ）は、非軸対称角度θが１７°に相当するツイストドリルＧにより穿孔される深孔の真円度の推定値（０．０５ｍｍ）と略同程度であり、通常のツイストドリルＣにより穿孔された深孔の真円度（０．１６ｍｍ）に較べて大幅に向上していることが実証された。
【００４４】
同様に、本発明の実施例に係る非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＭ２により穿孔された孔の真円度（０．０３ｍｍ）および本発明の実施例に係る非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＭ４により穿孔された深孔の真円度（０．０４５ｍｍ）は、通常のツイストドリルＣにより穿孔された深孔の真円度（０．１６ｍｍ）に較べて大幅に向上し、非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＧにより穿孔された深孔の真円度（０．０７５ｍｍ）に較べても大きく向上していることが実証された。
【００４５】
そして、本発明の実施例に係る非軸対称角度θが１７°のツイストドリルＭ１，Ｍ３を使用した穿孔作業中における切り屑の排出状況は、目視観察によるところ極めて円滑であり、切り屑の詰まり現象は発生しなかった。同様に、本発明の実施例に係る非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＭ２，Ｍ４を使用した穿孔作業中における切り屑の排出状況も極めて円滑であり、切り屑の詰まり現象は発生しなかった。
【００４６】
これに対し、非軸対称角度θが３０°のツイストドリルＧを使用した穿孔作業においては、切り屑がツイストドリルＧの螺旋溝に詰まって円滑に排出されなくなる現象が観察された。
〔実施例２〕＜真円度向上の確認テスト＞
【００４７】
図８に示した非軸対称角度θが１７°および３０°以外の角度であっても、本発明に係るツイストドリルが被加工物１４に真円度の高い孔を穿孔できることを確認するための穿孔テストを実施例１と同様に実施した。使用したＮＣフライス盤及び真円度測定機は、実施例１に使用したものと同じである。
【００４８】
この穿孔テストにおいては、実施例１で比較用に使用した市販のツイストドリルＣおよび非軸対称角度θが０～３０°の範囲で異なる複数本のツイストドリルＧをツイストドリル１６として使用し、それぞれ４種の被加工物１４に深孔を穿孔した。そして、この穿孔作業中におけるツイストドリル１６の旋回挙動を推定するため、ツイストドリル１６による被加工物１４のＸ，Ｙ，Ｚ軸方向（図７参照）の切削力変動を三成分切削動力計１２により計測すると共に、回転方向のトルク変動をトルクセンサ１３により計測した。また、被加工物１４に穿孔された深孔の真円度を３次元測定器により測定した。
【００４９】
４種の被加工物１４は、板厚１ｍｍのＡＡＧ／アルミニウム合金板（ＪＩＳ　Ａ５０５２　Ｈ１１２）であるアルミ薄板と、板厚１ｍｍの黄銅板（ＪＩＳ　Ｃ２８０１）である黄銅薄板と、板厚１０ｍｍのＡＡＧ／アルミニウム合金板（ＪＩＳ　Ａ５０５２　Ｈ１１２）であるアルミ厚板と、板厚１０ｍｍの黄銅板（ＪＩＳ　Ｃ２８０１）である黄銅厚板との４種である。
【００５０】
ここで、アルミ薄板を対象とした穿孔テストの結果を図９のグラフに示す。このグラフは、横軸に非軸対称角度θ°をとり、左縦軸には穿孔された深孔の真円度比、最大トルク比、トルク変動比、Ｚ軸方向最大切削力比およびＺ軸方向切削力変動比をとり、右縦軸には穿孔された深孔の直径比をとったものである。なお、これらの比は、市販のツイストドリルＣによる真円度、最大トルク、トルク変動、Ｚ軸方向最大切削力、Ｚ軸方向切削力変

動および直径に対する比である。

【００５１】

図９のグラフに黒丸ポイント（太線）で示す通り、ツイストドリルＧによりアルミ薄板に穿孔された深孔の真円度比は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が６～３５°の範囲で概ね０．６～０．３の範囲となり、非軸対称角度θが１７°および３０°以外の角度であっても真円度が大幅に向上することが確認された。

【００５２】

なお、図９のグラフに白丸ポイント（太破線）で示す通り、ツイストドリルＧによりアルミ薄板に穿孔された深孔の直径比は、概ね１．０３～０．９９の範囲となり、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が１０°，２０°，３５°付近では１．０付近となることが判明した。

【００５３】

ここで、アルミ薄板を対象とした穿孔テストにおけるＸ，Ｙ軸方向の切削力変動値の円グラフを図１０の（ａ）～（ｈ）に示す。この円グラフは、横軸にＸ軸方向の切削力変動値（－１００～＋１００Ｎ）をとり、縦軸にＹ軸方向の切削力変動値（－１００～＋１００Ｎ）をとったものであり、Ｘ，Ｙ軸方向へのツイストドリルＧの振れを示している。

【００５４】

図１０の（ａ）～（ｈ）の円グラフに示すように、非軸対称角度θ°が６～２０°の範囲ではツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が小さく、非軸対称角度θ°が１０°では、ツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が極めて小さくなることが判明した。

【００５５】

ちなみに、アルミ薄板に穿孔された深孔の真円度をツイストドリルＧの非軸対称角度θ°に対応して円グラフに示すと、図１１の（ａ）～（ｈ）の円グラフのようになり、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が１０°，１３°，２０°，３５°では、良好な真円度となっていた。

【００５６】

つぎに、黄銅薄板を対象とした穿孔テストの結果を図９に対応した図１２のグラフに示す。図１２のグラフに黒丸ポイント（太線）で示す通り、ツイストドリルＧにより黄銅薄板に穿孔された深孔の真円度比は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が６°で０．６程度となり、１０～３５°の範囲では０．２程度となり、非軸対称角度θが１７°および３０°以外の角度であっても真円度が大幅に向上することが確認された。

【００５７】

なお、図１２のグラフに白丸ポイント（太破線）で示す通り、ツイストドリルＧにより黄銅薄板に穿孔された深孔の直径比は、１．０２～１．０の範囲となり、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が１０°，２０°，２３°，３５°付近では１．０付近となることが判明した。

【００５８】

また、図１０の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図１３の円グラフに示すように、非軸対称角度θ°が６°，１３°，２０°，３５°ではツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が小さく、非軸対称角度θ°が１０°では、ツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が極めて小さくなることが判明した。

【００５９】

ちなみに、図１１の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図１４の（ａ）～（ｈ）の円グラフに示すように、黄銅薄板に穿孔された深孔の真円度は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が１０～３５°の範囲で良好な真円度となっていた。

【００６０】

続いて、アルミ厚板を対象とした穿孔テストの結果を図９に対応した図１５のグラフに示す。図１５のグラフに黒丸ポイント（太線）で示す通り、ツイストドリルＧによりアルミ厚板に穿孔された深孔の真円度比は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が６～３５°の範囲で概ね０．７～０．５の範囲となり、非軸対称角度θが１７°および３０°以外

の角度であっても真円度が大幅に向上することが確認された。

【００６１】

なお、図１５のグラフに白丸ポイント（太破線）で示す通り、ツイストドリルＧによりアルミ厚板に穿孔された深孔の直径比は、１．０４以下の範囲となり、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が２３°，３５°付近では１程度となることが判明した。

【００６２】

また、図１０の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図１６の円グラフに示すように、非軸対称角度θ°が１０～２３°の範囲ではツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が小さく、非軸対称角度θ°が２０°では、ツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が極めて小さくなることが判明した。

【００６３】

ちなみに、図１１の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図１７の（ａ）～（ｈ）の円グラフに示すように、アルミ厚板に穿孔された深孔の真円度は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が１０°，１３°，３５°付近で良好な真円度となっていた。

【００６４】

つぎに、黄銅厚板を対象とした穿孔テストの結果を図９に対応した図１８のグラフに示す。図１８のグラフに黒丸ポイント（太線）で示す通り、ツイストドリルＧにより黄銅厚板に穿孔された深孔の真円度比は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が６～３５°の範囲で概ね１．０以下となり、６～２０°の範囲では概ね０．７～０．４の範囲となって、非軸対称角度θが１７°および３０°以外の角度であっても真円度が大幅に向上することが確認された。

【００６５】

なお、図１８のグラフに白丸ポイント（太破線）で示す通り、ツイストドリルＧにより黄銅厚板に穿孔された深孔の直径比は、１．７以下の範囲となり、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が２３°では０．９８程度、３５°では０．９９程度となることが判明した。

【００６６】

また、図１０の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図１９の円グラフに示すように、非軸対称角度θ°が６～３５°の範囲ではツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が小さく、ことに、非軸対称角度θ°が１０～２０°の範囲では、ツイストドリルＧのＸ，Ｙ軸方向への振れ幅が極めて小さくなることが判明した。

【００６７】

ちなみに、図１１の（ａ）～（ｈ）の円グラフに対応した図２０の（ａ）～（ｈ）の円グラフに示すように、黄銅厚板に穿孔された深孔の真円度は、ツイストドリルＧの非軸対称角度θ°が６～３５°範囲で極めて良好な真円度となっていた。

【００６８】

ここで、図９、図１２、図１５および図１８に示したグラフのうち、ツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比との関係のみを抽出して図２１の（ａ）～（ｄ）に示しておく。なお、（ａ）は図９に、（ｂ）は図１２に、（ｃ）は図１５に、（ｄ）は図１８にそれぞれ対応している。

【図面の簡単な説明】

【００６９】

【図１】本発明の第１実施形態に係るツイストドリルの側面図である。

【図２】図１に示したツイストドリルの先端部の切れ刃を示す正面図である。

【図３】図２に示した２枚の切れ刃の非軸対称角度およびチゼルエッジの中心点を示す図２に対応した正面図である。

【図４】図１に示したツイストドリルの２本の螺旋溝の間の二つのランドのランド幅を示す横断面図である。

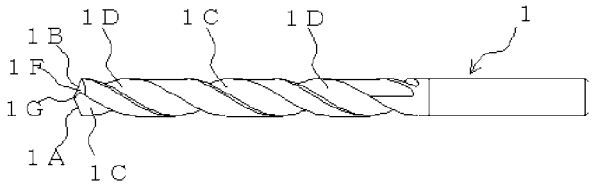
【図５】本発明の第２実施形態に係るツイストドリルの側面図である。

【図６】図６に示したツイストドリルの２本の螺旋溝の間の二つのランドのランド幅を示

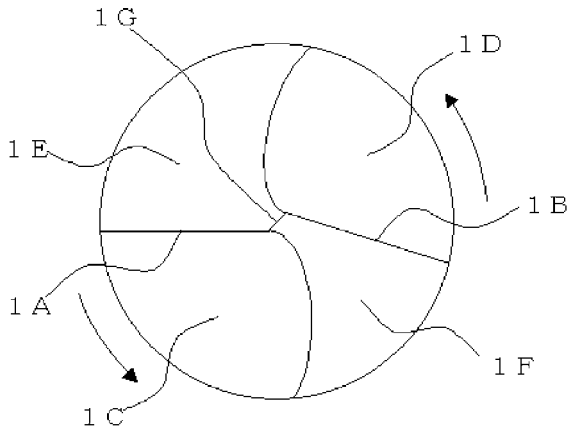
す横断面図である。
【図７】実施例１の穿孔テストに使用したボール盤の斜視図である。
【図８】実施例１の穿孔テストによるツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度との関係を示す折線グラフである。
【図９】実施例２のアルミ薄板を対象とした穿孔テストによるツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比の関係を示す折線グラフである。
【図１０】実施例２のアルミ薄板を対象とした穿孔テストにおけるＸ，Ｙ軸方向の切削力変動値を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１１】実施例２のアルミ薄板を対象とした穿孔テストにおける深孔の真円度を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１２】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストによるツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比の関係を示す折線グラフである。
【図１３】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストにおけるＸ，Ｙ軸方向の切削力変動値を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１４】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストにおける深孔の真円度を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１５】実施例２のアルミ厚板を対象とした穿孔テストによるツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比の関係を示す折線グラフである。
【図１６】実施例２のアルミ厚板を対象とした穿孔テストにおけるＸ，Ｙ軸方向の切削力変動値を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１７】実施例２のアルミ厚板を対象とした穿孔テストにおける深孔の真円度を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図１８】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストによるツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比の関係を示す折線グラフである。
【図１９】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストにおけるＸ，Ｙ軸方向の切削力変動値を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図２０】実施例２の黄銅薄板を対象とした穿孔テストにおける深孔の真円度を示す円グラフであって、（ａ）～（ｈ）は、ツイストドリルの非軸対称角度に対応したものである。
【図２１】図９、図１２、図１５および図１８に示したグラフのうち、ツイストドリルの非軸対称角度と深孔の真円度比および直径比との関係のみを抽出して示す折線グラフであり、（ａ）は図９に、（ｂ）は図１２に、（ｃ）は図１５に、（ｄ）は図１８にそれぞれ対応している。
【符号の説明】
【００７０】
１：ツイストドリル
１Ａ，１Ｂ：切れ刃
１Ｃ，１Ｄ：螺旋溝
１Ｅ，１Ｆ：逃げ面
１Ｇ：チゼルエッジ
２：ツイストドリル
２Ａ，２Ｂ：切れ刃
２Ｃ，２Ｄ：螺旋溝

２Ｇ：チゼルエッジ
１０：ボール盤
１１：テーブル
１２：三成分切削動力計
１３：トルクセンサ
１４：被加工物
１５：チャック
１６：ツイストドリル
Ｐ：中心点
Ｏ：軸心
Ｗ１、Ｗ２、Ｗ３：ランド幅
Ｍ１～Ｍ４，Ｃ，Ｇ：テスト用ツイストドリル

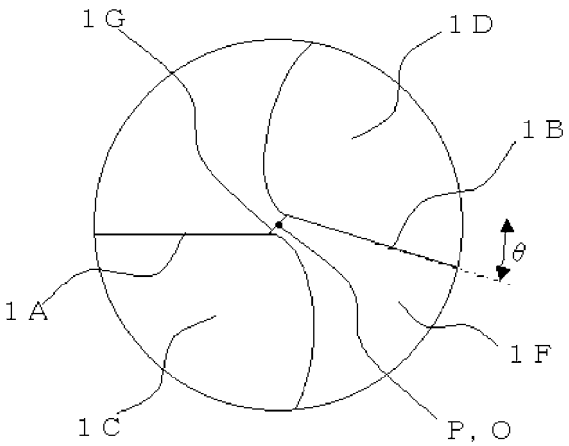
【図１】



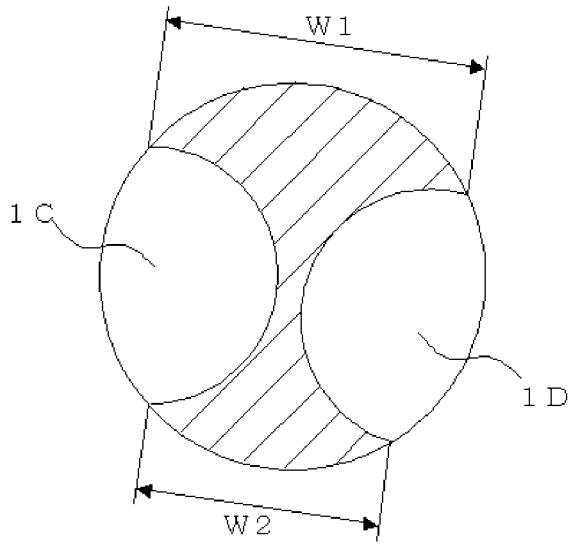
【図２】



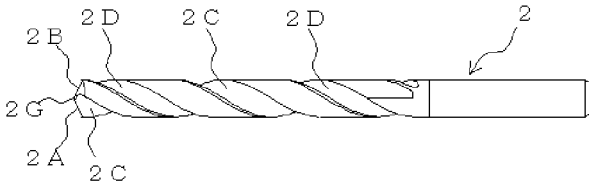
【図３】



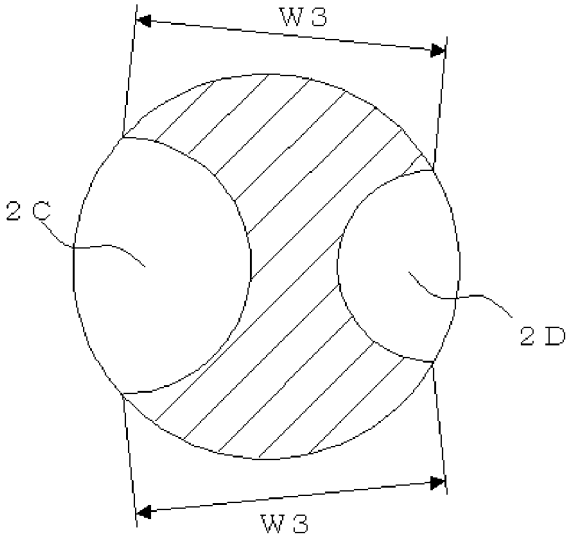
【図４】


W1
1C
1D
W2

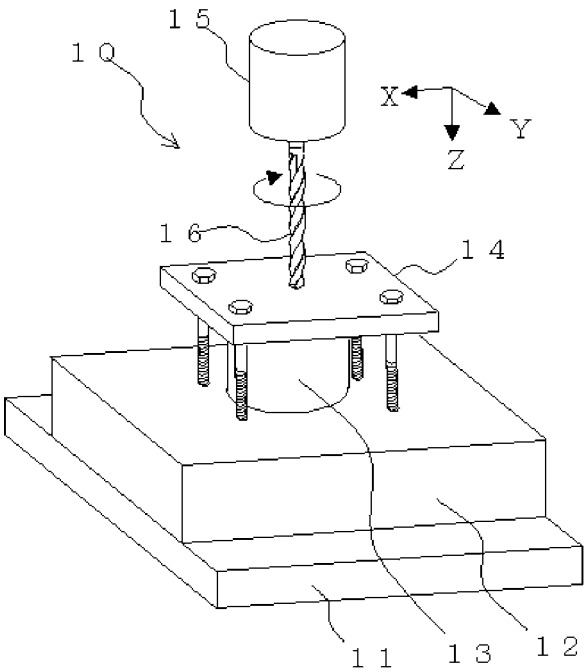
【図５】


2B
2D
2C
2D
2
2G
2A
2C

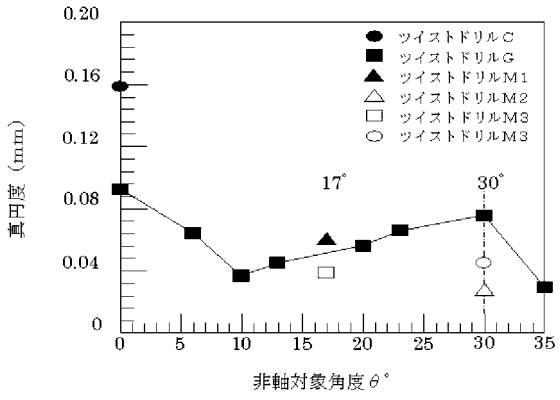
【図６】


W3
2C
2D
W3

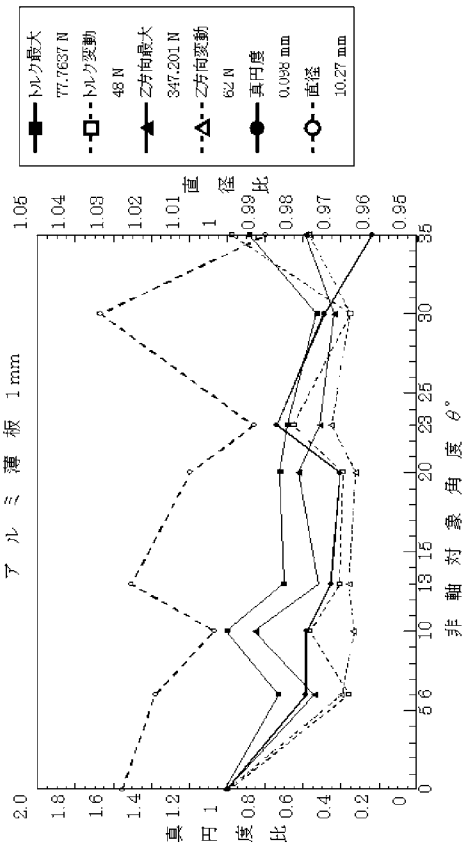
【図７】


15
10
X
Y
Z
16
14
11
13
12

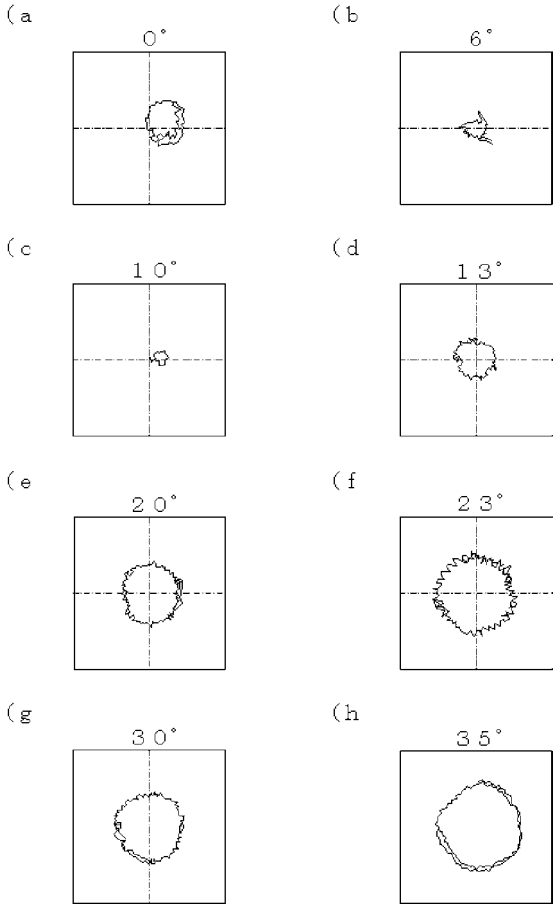
【図８】


0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0
真円度（mm）
ツイストドリルC
ツイストドリルG
ツイストドリルM1
ツイストドリルM2
ツイストドリルM3
ツイストドリルM3
17°
30°
0
5
10
15
20
25
30
35
非軸対象角度θ°

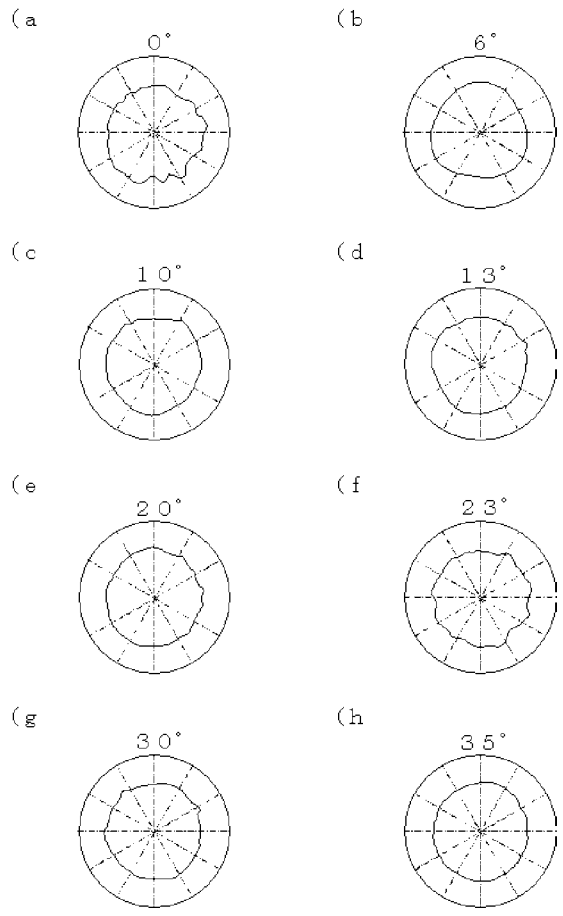
【図９】



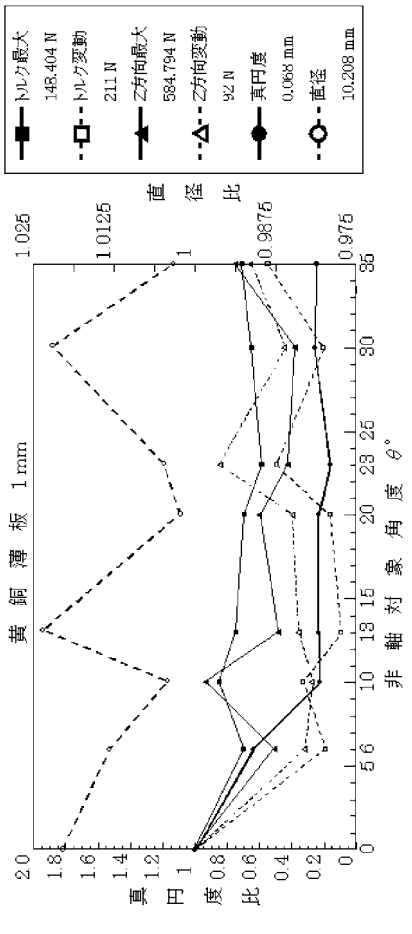
【図１０】



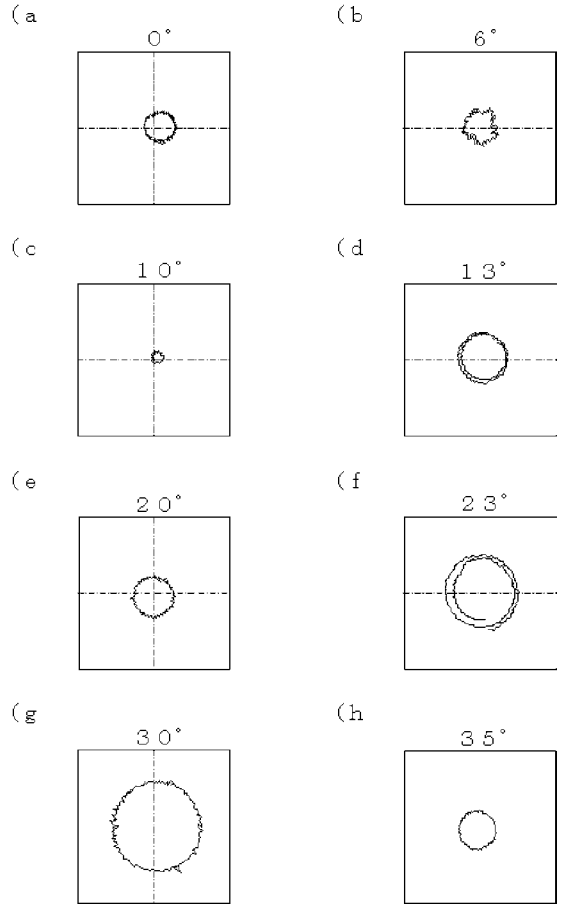
【図１１】



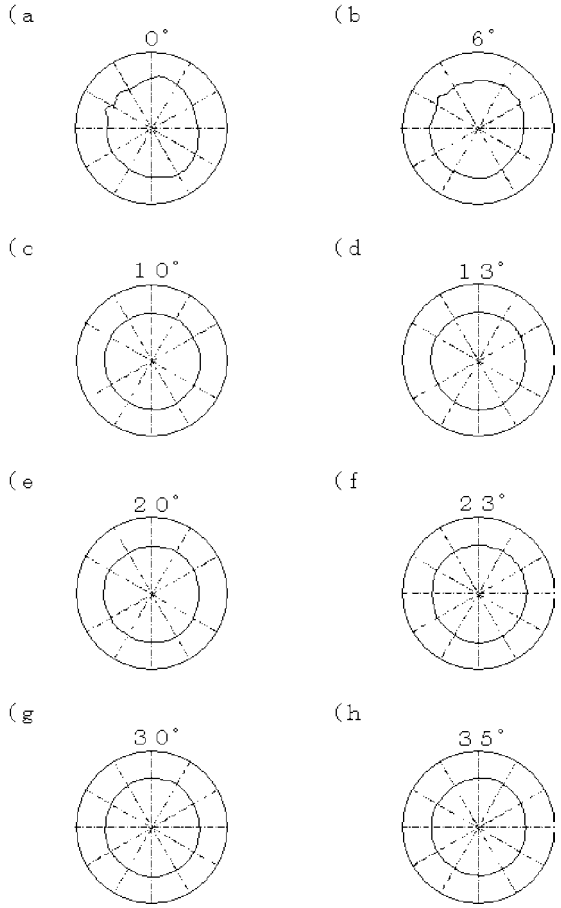
【図１２】



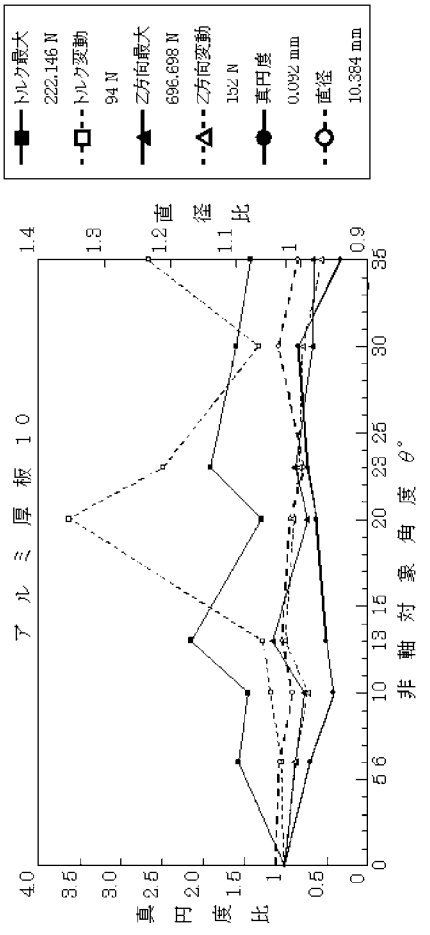
【図１３】



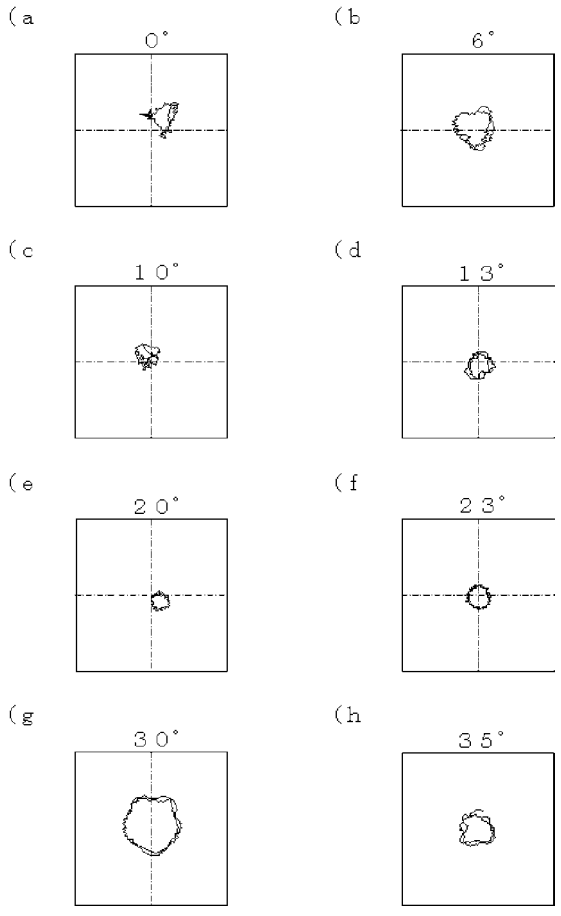
【図１４】



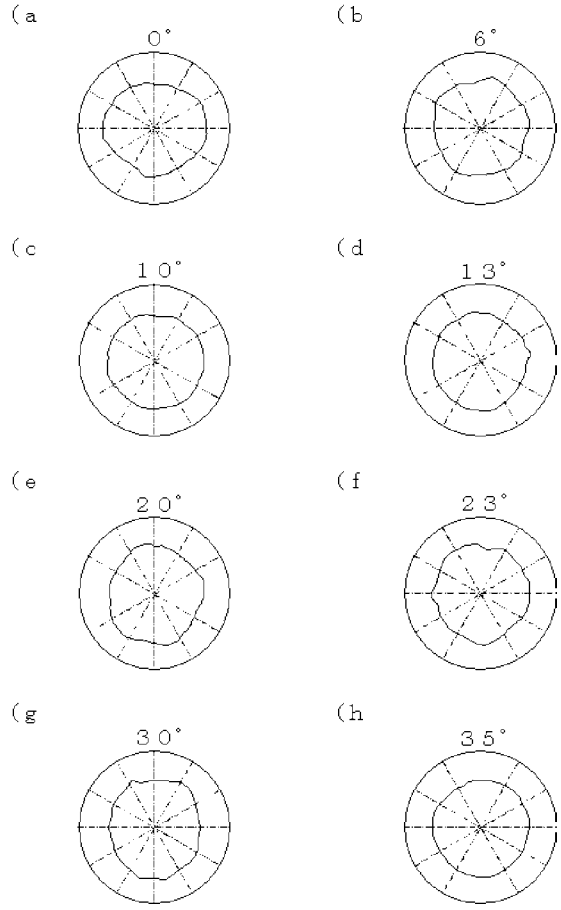
【図１５】



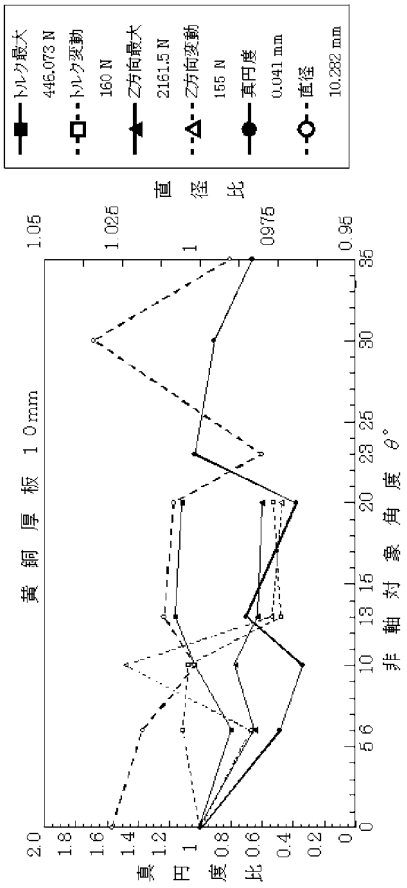
【図１６】



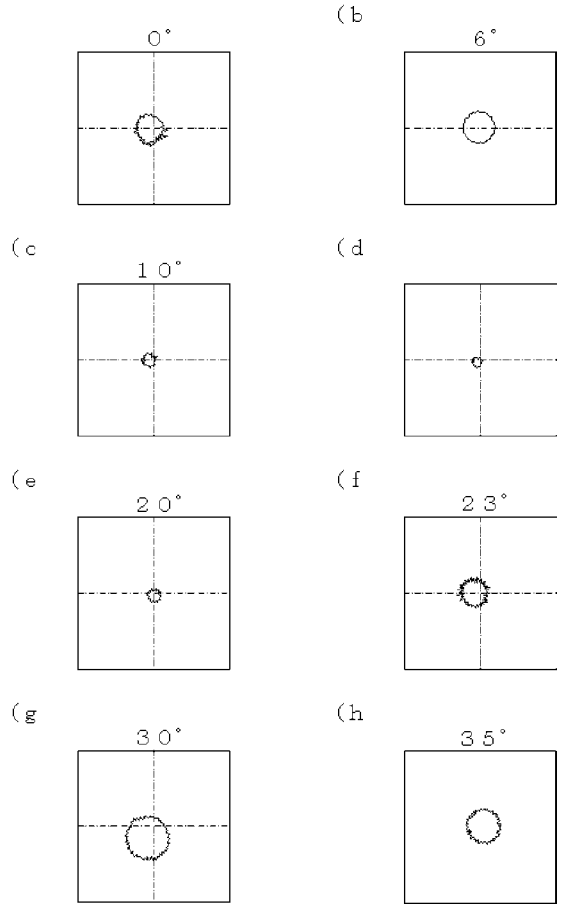
【図１７】



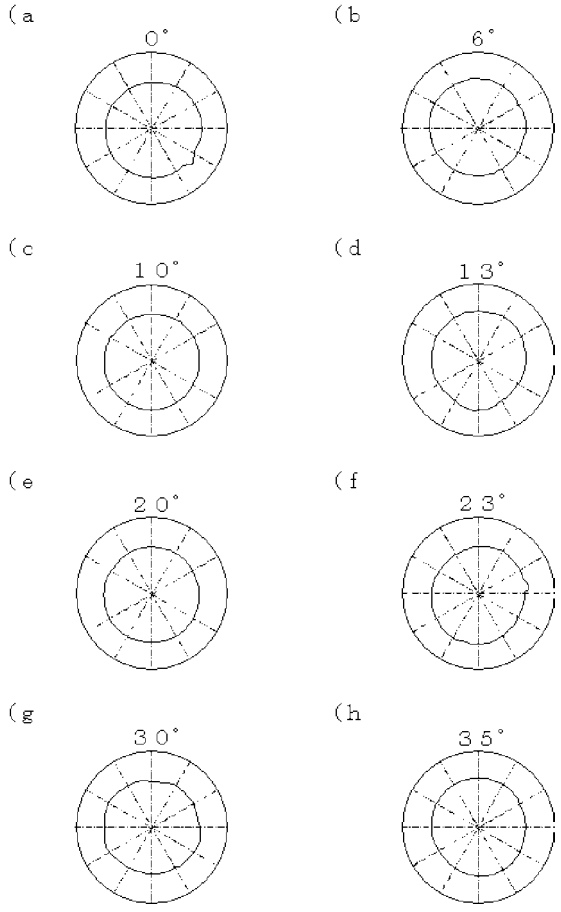
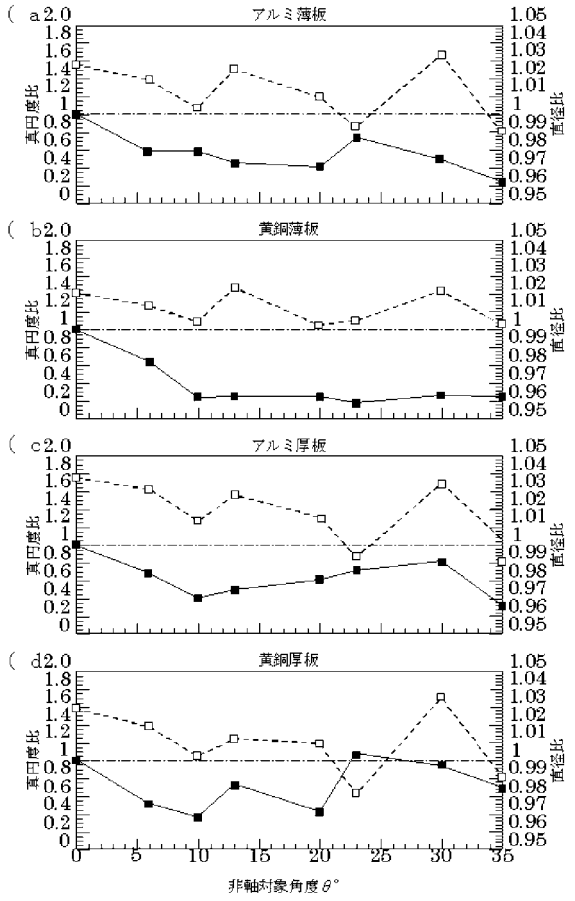
【図１８】



【図１９】



【図２０】



【図２１】