

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6533552号
(P6533552)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int.Cl. F I
B 2 3 Q 11/10 (2006.01) B 2 3 Q 11/10 F
B 2 3 B 47/00 (2006.01) B 2 3 B 47/00 B

請求項の数 25 (全 56 頁)

(21) 出願番号	特願2017-80500 (P2017-80500)	(73) 特許権者	000004466
(22) 出願日	平成29年4月14日 (2017.4.14)		三菱瓦斯化学株式会社
(62) 分割の表示	特願2015-508727 (P2015-508727) の分割		東京都千代田区丸の内2丁目5番2号
原出願日	平成26年3月27日 (2014.3.27)	(74) 代理人	100079108
(65) 公開番号	特開2017-127970 (P2017-127970A)		弁理士 稲葉 良幸
(43) 公開日	平成29年7月27日 (2017.7.27)	(74) 代理人	100109346
審査請求日	平成29年4月14日 (2017.4.14)		弁理士 大貫 敏史
審判番号	不服2018-2933 (P2018-2933/J1)	(74) 代理人	100134120
審判請求日	平成30年3月1日 (2018.3.1)		弁理士 内藤 和彦
(31) 優先権主張番号	特願2013-65739 (P2013-65739)	(72) 発明者	梅原 徳次
(32) 優先日	平成25年3月27日 (2013.3.27)		愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	野老山 貴行
(31) 優先権主張番号	特願2013-239019 (P2013-239019)		愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内
(32) 優先日	平成25年11月19日 (2013.11.19)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維強化複合材又は金属の切削加工用エントリーシート及び該切削加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

繊維強化複合材及び/又は構造用材料に用いられる金属を切削加工する際に用いるシートであって、

前記シートが、切削加工中において硬度を保つことができる固体潤滑剤と、水溶性樹脂と、非水溶性樹脂と、を含み、

前記固体潤滑剤が、黒鉛を含み、

前記水溶性樹脂が、ポリエチレンオキサイドと、ポリオキシエチレンモノステアレートと、を含み、

前記非水溶性樹脂が、ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物を含み、

前記繊維強化複合材が、炭素繊維強化プラスチックを含み、

前記金属が、チタン合金又はアルミニウム合金を含む、

シート。

【請求項2】

前記シートが2種類以上の樹脂組成物層を含む、請求項1に記載のシート。

【請求項3】

前記シートの厚みが0.1mm以上20mm以下である、請求項1又は2に記載のシート。

【請求項4】

前記シートが、少なくとも片面に金属箔をさらに備える、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のシート。

【請求項 5】

前記シートが、前記金属箔と前記シートとの間にさらに接着層を備える、請求項 4 に記載のシート。

【請求項 6】

前記接着層が樹脂皮膜である、請求項 5 に記載のシート。

【請求項 7】

繊維強化複合材及び / 又は金属と接する面に粘着層が形成されている、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のシート。

10

【請求項 8】

前記切削加工される対象が、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料である、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のシート。

【請求項 9】

金属を含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のシート。

【請求項 10】

ガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら繊維強化複合材及び / 又は金属を切削加工する際に用いる、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のシート。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のシートを用いて繊維強化複合材及び / 又は金属を切削加工することを特徴とする切削加工方法。

20

【請求項 12】

前記切削加工される繊維強化複合材及び / 又は金属における切削工具進入面に前記シートを配置して切削加工を行う、請求項 11 に記載の切削加工方法。

【請求項 13】

前記切削加工が孔あけ加工である、請求項 11 又は 12 に記載の切削加工方法。

【請求項 14】

前記シートがアルミニウム箔を含む、請求項 11 ~ 13 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 15】

30

前記切削加工が、30 以下のガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら行われる、請求項 11 ~ 14 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 16】

前記切削加工に用いる切削工具が超合金からなるドリルである、請求項 11 ~ 15 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 17】

前記切削加工が繊維強化複合材及び / 又は金属に貫通孔を形成する加工である、請求項 11 ~ 16 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 18】

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら行われ

40

、前記切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガス量が $5 \sim 300 \text{ L/min}$ であり、該ガスを供給する装置のガスの出口面積が $7 \text{ mm}^2 \sim 2000 \text{ mm}^2$ であり、且つ、該ガスを供給する装置のガス出口と前記加工箇所及び / 又は切削工具との距離が $100 \text{ mm} \sim 500 \text{ mm}$ である、請求項 11 ~ 17 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 19】

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら行われ

、前記切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる水分の量が 20 g/m^3 以下である、請求項 11 ~ 18 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

50

【請求項 2 0】

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら行われ

、
前記切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる油分が $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ 以下である、請求項 1 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 2 1】

前記切削加工される金属がチタン合金を含む、請求項 1 1 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 2 2】

前記切削加工される金属がアルミニウム合金を含む、請求項 1 1 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

10

【請求項 2 3】

前記切削加工される対象が、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であり、繊維強化複合材が金属よりも切削工具進入側になるように配置して切削加工する、請求項 1 1 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の切削加工方法。

【請求項 2 4】

請求項 1 1 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の切削加工方法によって繊維強化複合材を切削加工する工程を含む繊維強化複合材の製造方法。

【請求項 2 5】

請求項 1 1 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の切削加工方法によって金属を切削加工する工程を含む金属の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、繊維強化複合材又は金属の切削加工用エントリーシート及び該切削加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

繊維強化プラスチック (FRP、Fiber Reinforced Plastics) に代表される繊維強化複合材、中でも、炭素繊維強化プラスチック (CFRP、Carbon Fiber Reinforced Plastics) は、ガラス繊維強化プラスチック (GFRP、Glass Fiber Reinforced Plastics) やアラミド繊維強化プラスチック (AFRP、Aramid Fiber Reinforced Plastics)、ステンレス鋼材 (SUS) と比較して、引張り強さ、引張り弾性力が大きく、密度が小さいことから、近年、航空機や車両の外板などとして多用される傾向にある。ここで、CFRPとは、炭素繊維にマトリクス樹脂を含浸させたプリプレグを1枚又は2枚以上積層して、加熱成型又は加熱加圧成型してなるプラスチックを指す。このCFRPで形成された部材は、ボルトやリベットなどの締結要素を用いて構造体に固定される。このため、航空機部品などの構造体にCFRPを固定するときには、切削加工、中でも締結要素を通すための孔をCFRPに多数あける孔あけ加工が必要になる

30

40

【0003】

CFRPの孔あけ加工において高品質な孔を得るために、既にいくつかの技術が提案されている。例えば工具の形状、例えばドリルのすくい面の曲率や先端角を段階的に変更する方法が例示されている (例えば、特許文献1及び特許文献2参照)。また、CFRPは難削材であるために、CFRPをドリル孔あけ加工した場合、ドリル孔あけ加工寿命が非常に短い。そのため、ドリルの形状や加工条件を変更することでドリルへの負荷を低減し、ドリルの加工寿命低下を回避する方法が例示されている (例えば、特許文献3及び特許文献4参照)。また、繊維強化プラスチックの加工において、ドリル孔あけ加工以外に高出力レーザと超短パルスレーザとを併用した加工装置による切削加工などが例示され

50

ている（例えば、特許文献5参照）。また、CFRPとは異なる分野のプリント配線基板分野では、合成樹脂材料と炭素繊維などの複合材料とからなる複合フィルムをドリル進入面に配置してこれを当て板として用いて孔あけ加工する方法も例示されている（例えば、特許文献6参照）。しかしながら、特許文献6に記載の方法において、CFRPは当て板であって切削加工対象ではなく、CFRP加工用の当て板の技術は存在しない。さらに、特許文献6に記載の方法において、難削材でドリルの刃が摩耗しやすい炭素繊維を用いて当て板とすると、ドリルの位置ズレが防止され、孔の形成位置精度が格段に向上すると主張しているが、実施例の裏付けはない。

【0004】

また、航空機の機体構造用材料（構造材）の主体は金属材であり、大部分はアルミニウム合金で占められている。また、機体構造の中でより高温となり得る箇所、例えば、ジェット排気箇所やアフターバーナー周辺には耐熱合金であるチタン合金やステンレス鋼などが使用されている。さらに、将来、航空機の高速度が進むと、空力加熱により従来のアルミニウム合金では強度が低下してしまう。そのため、今後は、機体構造の主体としてより硬いチタン合金やステンレス鋼が構造材として使用されることが見込まれる。これら、航空機の機体を構成する構造材は、金属材同士、あるいは金属材とCFRP（Carbon fiber reinforced plastic）などの他の材質の構造材とをボルトで締結するために、ドリルによって孔あけ加工をする必要がある。

10

【0005】

金属の孔あけ加工においては、既にいくつかの技術が提案されている。例えば、チタン合金材は難削材であるため、ドリル孔あけ加工寿命が非常に短い。このような課題に対し、切削油剤を噴霧して加工する方法やドリルの形状を変更することでドリルへの負荷を低減し、ドリルの加工寿命低下を回避する方法が例示されている（例えば、特許文献7及び特許文献8参照）。

20

【0006】

また、繊維強化複合材であるCFRPに関する孔あけ加工については、切削工具の形状、例えばドリルのすくい面の曲率や先端角を段階的に変更するなどの方法が例示されている（例えば、特許文献2参照）。

【0007】

一方、金属加工とは異なる分野のプリント配線基板分野については、エントリーシートを用いて孔あけ加工する方法が提案されている（例えば、特許文献9参照）。しかし、プリント配線基板に用いられる材料は有機物、ガラスクロス及び薄銅箔から成るものであり、ドリルに対する負荷は小さく、その加工性は金属と比較して非常に容易である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2012-210689号公報

【特許文献2】特開2012-223882号公報

【特許文献3】特開2009-241239号公報

【特許文献4】特開2009-39810号公報

40

【特許文献5】特開2011-56583号公報

【特許文献6】特開2000-61896号公報

【特許文献7】特開2006-150557号公報

【特許文献8】特開2002-210608号公報

【特許文献9】特開2003-175412号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

CFRPに対する孔あけは、通常ドリルを用いてなされる。一般的なドリルによるCFRPの孔あけでは、ドリル孔あけ加工寿命が極端に短い。加工孔数を増加していくと、ドリ

50

ルの刃に摩耗が生じ、加工孔の品質が低下する。具体的には加工した孔の内径が小さくなりやすく、ドリルが貫通する出口部に炭素繊維の毛羽立ちが発生しやすく、積層されたプリプレグ間の層間剥離も発生しやすくなる。さらに、摩耗により、加工孔の内径が不均一で、その凹凸を起点に層間剥離が生じることがある。このような現象は重大欠陥と認識されている。このように、ドリルの刃の摩耗に起因して、加工孔に品質上の問題が生じる可能性が高い。これに対し、航空機用のCFRPを用いた構造体の製造などでは、特に、高品質な孔あけ加工が求められており、上記の毛羽立ちや層間剥離などの問題を解決することが極めて重要になる。

【0010】

ところで、CFRPは、多種多様である。一般用途品は、炭素繊維にマトリクス樹脂を多く含浸させたプリプレグを用いて、プリプレグ間の樹脂厚みを厚くすることで、炭素繊維の使用量を減らして、コストと性能のバランスを取っている。また、CFRPの表層には炭素繊維織布にマトリクス樹脂を含浸させたプリプレグ(クロス材)を用いるが、内部には一方向に繊維方向をそろえた炭素繊維にマトリクス樹脂を含浸させたプリプレグ(UD材、Unidirectional材)を用いる積層構成がある。無論、表層を含めて、全てUD材で積層する構成もある。さらにまた、UD材を用いる際、その繊維方向をプリプレグ間で45°ずつ、あるいは、90°ずつ回転させて積層する構成もある。あるいは、マトリクス樹脂に、炭素繊維を切断した短繊維を分散強化した、ペレット状の射出成形材料もある。射出成型CFRPは、例えば、車用途に適用される材料である。一方、航空機用途品は、その用途ゆえに数十年に渡り高強度と高信頼性とを要求される。そしてまた、外観上、CFRP内部の不具合を検出することができない。このため、炭素繊維に含浸させるマトリクス樹脂量を特に厳密に管理したプリプレグを用いて、プリプレグ間の樹脂層を薄く整えて炭素繊維を密に重ねることで、炭素繊維層と樹脂のみの層とで生じる強度ばらつきを低減し、高強度と高信頼性とを達成している。そして、航空機用途のプリプレグは、炭素繊維織布を用いたクロス材に限定されることはなく、等方性を確保するために、UD材の繊維方向を適宜回転させたUD材も使われている。また、航空機用途のマトリクス樹脂は、接着性に加えて、特に高靱性を重視した組成を適用している。

【0011】

CFRPの孔あけ加工において、工具摩耗が進み、切削抵抗が大きくなるほど、加工孔の品質問題は、発生し易くなる。特に、高強度の航空機用途のCFRPなどでは、炭素繊維が高密度に存在するため、ドリルが炭素繊維を擦過する頻度が増加することになり、切削工具の摩耗がより速く進行する。対策として、孔品質維持のために工具交換を早めることになり、加工コストに占める工具費の割合が高くなっているのが現状である。また、UD材を用いたCFRPでは、炭素繊維方向と平行方向を基準にして、その繊維方向とドリルの刃の回転方向に注目すると、炭素繊維方向と並行な0°及び180°では、ドリルの刃は炭素繊維の束に並行に擦過する。90°及び270°では、ドリルの刃は炭素繊維の束に直交するので、せん断しやすい。45°及び225°では、ドリルの刃は炭素繊維の束に食い込み抉る角度で進入し、135°及び315°ではドリルの刃は炭素繊維の束をなぞりつつ擦過していく。このため、45°及び225°の近傍では、孔の内壁に繊維座屈部が発生しやすくなる問題がある。

【0012】

特許文献1～6に記載のように、孔あけ加工の難しい繊維強化複合材(例えば、CFRP)の加工性改良は、工具の面から検討されてきてはいるが、その効果は不十分である。そこで、本発明の第一の課題は、繊維強化複合材(例えば、CFRP)の切削加工において、工具とは別のアプローチで加工性を向上させることを目指し、例えば、従来の繊維強化複合材(例えば、CFRP)の孔あけ加工に比べて、ドリルへの負荷を低減させることでドリルの摩耗を抑制し、加工した孔の内径が均一で高品質な加工孔を得ることができるエントリーシートを提供することにある。

【0013】

また、通常、金属に対する孔あけはドリルを用いて行われるが、金属専用のドリルを使っ

10

20

30

40

50

ても、ドリル孔あけ加工寿命は短く、一般的なドリルを用いた場合は、ドリル孔あけ加工寿命は極端に短い。また、加工孔数が増えていくにつれて、ドリルの刃に摩耗が生じ、加工孔の品質が低下する。具体的には加工した孔の内径が小さくなりやすく、ドリルが貫通する出口部にバリも発生しやすくなる。さらに、ドリルの摩耗により、ボルト締結する金属材とCFRPなどの他の材質の構造材との間に隙間が生じ、これらの構造材間に浮きが生じたり、生じた隙間に加工屑が入ることがある。このような現象は重大欠陥と認識されている。このように、ドリルの刃の摩耗に起因して、加工孔に品質上の問題が生じる可能性が高い。このような状況において、航空機用のチタン合金材を用いた構造体の製造などでは、特に、高品質な孔あけ加工が求められており、上記したドリル孔あけ加工寿命や金属材と異種構造材との間に生じる浮きなどの問題を解決することが極めて重要になる。

10

【0014】

特許文献2、7及び8に記載のように、孔あけ加工の難しい金属の加工性改良は、切削工具や切削加工方法の面から検討されているが、その効果は不十分である。また、本発明者らは、プリント配線基板用のエントリーシートによる加工性の改良も検討したが、その効果は十分ではない。

そこで、本発明の第二の課題は、金属の切削加工において、切削工具とは別のアプローチにより金属の加工性を向上させることを目指し、例えば、従来の金属の孔あけ加工に比べて、ドリルへの負荷を低減させることで、ドリルの摩耗を抑制し、ドリル孔あけ加工寿命の長寿命化を達成することができるエントリーシートを提供することにある。

【0015】

20

また、ドリルを用いて金属の孔あけ加工を行う場合、回転するドリルと金属間で摩擦熱が生じ、局所的に加工孔周辺の温度が上昇する。従って、加工孔数が多い場合、加工孔数が増えていくにつれて、ドリル及び被加工材である金属に蓄熱されることになる。熱伝導率の低い金属の場合、熱放出が不十分なため、加工孔周辺の温度が上昇する。その際、金属の温度が上がると金属が軟化してしまうため、加工孔のドリルが貫通する出口部にバリが発生するようになる。また、金属の加工屑が、加工熱によってドリルに溶着してしまい、過剰な負荷がドリルにかかって加工装置が停止する場合もある。このように、孔あけ加工時の蓄熱に起因して、加工孔に品質上の問題が生じる可能性が高い。このような状況において、航空機用のチタン合金材を用いた構造体の製造などでは、特に、高品質な孔あけ加工が求められており、上記したバリに関する問題を解決することが極めて重要になる。

30

【0016】

このような加工箇所及びドリルの蓄熱を防ぐために、従来、切削油などを使用した湿式加工が行われている。しかし、湿式加工の場合、切削加工終了時に洗浄工程が必要となる。さらに、油分が加工孔周辺や内部に残留していた場合、貫通孔で締結する際の締結具であるネジの劣化や締結部で緩みが生じる可能性があり、これらの不具合は致命的な事故に繋がる恐れがある。

【0017】

特許文献2、7及び8に記載のように、孔あけ加工の難しい金属の加工性改良は、切削工具や切削加工方法の面から検討されてきてはいるが、その効果は不十分である。

そこで、本発明の第三の課題は、繊維強化複合材及び/又は金属の切削加工（例えば、ドリルによる孔あけ加工）において、加工孔周辺の蓄熱を抑制することで、従来の加工方法に比べて加工孔周辺にできるバリの量を低減できる切削加工方法を提供することである。また、その切削加工方法によって形成される高品質な貫通孔を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】**【0018】**

本発明者らは、上記第一の課題を解決するべく、種々の検討を行った結果、繊維強化複合材（例えば、CFRP）を切削加工（例えば、孔あけ加工）する際、繊維強化複合材（例えば、CFRP）上の切削工具（例えば、ドリル）の進入面にエントリーシート（例えば、潤滑性を有する樹脂シート）を配置することにより、切削工具（例えば、ドリル）が繊維強化複合材（例えば、CFRP）に進入する際のスラスト荷重、トルク等の切削応力が

50

低減されることで、切削工具（例えば、ドリル）に対する負荷が低減し、切削工具（例えば、ドリル）の摩耗が抑えられる。そのために、ドリル孔あけ加工の場合は、内径の均一で高品質な加工孔が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0019】

また、本発明者らは、上記第二の課題を解決すべく種々の検討を行った結果、金属を切削加工（例えば、孔あけ加工）する際、金属上の切削工具（例えば、ドリル）の進入面に配置する、エントリーシート（例えば、潤滑性を有する樹脂シートを含むエントリーシート）が、金属に対して切削工具（例えば、ドリル）が進入する際のスラスト荷重、トルク等の切削応力を低減させることで、切削工具（例えば、ドリル）に対する負荷を低減し、切削工具（例えば、ドリル）の摩耗を抑えることを見出した。最終的に、エントリーシート（例えば、樹脂シートを含むエントリーシート）が、切削加工（例えば、ドリル孔あけ加工）寿命を長寿命化させることを見出し、本発明を完成するに至った。

10

【0020】

さらに、本発明者らは、上記第三の課題を解決すべく、種々の検討を行った結果、繊維強化複合材及び／又は金属を切削加工（例えば、孔あけ加工）する際、ガスを用いて切削加工箇所及び／又は切削工具（例えば、ドリル）を冷却しながら切削加工することで、繊維強化複合材及び／又は金属と切削工具（例えば、ドリル）との摩擦熱で生じる熱を抑制でき、これにより、ドリル孔あけ加工の場合は、加工孔周辺にできるバリの量を低減でき、高品質な加工孔を提供できることを見出した。また、切削加工（例えば、ドリル孔あけ加工）の際、金属箔及び／又は樹脂シートを含むエントリーシートを併用することで、切削加工（例えば、ドリル孔あけ加工）寿命が長くなることを見出し、本発明を完成するに至った。

20

【0021】

すなわち本発明は以下のとおりである。

(1)

繊維強化複合材及び／又は金属を切削加工する際に用いることを特徴とするエントリーシート。

(2)

樹脂シートを含む(1)に記載のエントリーシート。

(3)

前記樹脂シートが水溶性樹脂を含む(2)に記載のエントリーシート。

30

(4)

前記樹脂シートが非水溶性樹脂を含む(2)又は(3)に記載のエントリーシート。

(5)

前記樹脂シートが固体潤滑剤を含む(2)～(4)のいずれかに記載のエントリーシート。

(6)

前記樹脂シートが2種類以上の樹脂組成物層を含む(2)～(5)のいずれかに記載のエントリーシート。

(7)

前記樹脂シートの厚みが0.1mm以上20mm以下である(2)～(6)のいずれかに記載のエントリーシート。

40

(8)

前記樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備える(2)～(7)のいずれかに記載のエントリーシート。

(9)

前記金属箔と前記樹脂シートとの間に接着層が形成されている(8)に記載のエントリーシート。

(10)

前記接着層が樹脂皮膜である(9)に記載のエントリーシート。

50

(1 1)

繊維強化複合材及び/又は金属と接する面に粘着層が形成されている(1) ~ (1 0) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 2)

前記切削加工される繊維強化複合材が炭素繊維強化プラスチックを含む(1) ~ (1 1) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 3)

前記切削加工される金属がチタン合金を含む(1) ~ (1 2) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 4)

前記切削加工される金属がアルミニウム合金を含む(1) ~ (1 3) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 5)

前記切削加工される対象が、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料である(1) ~ (1 4) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 6)

金属を含む(1) ~ (1 5) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 7)

ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する際に用いる(1) ~ (1 6) のいずれかに記載のエントリーシート。

(1 8)

(1) ~ (1 7) のいずれかに記載のエントリーシートを用いて繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工することを特徴とする切削加工方法。

(1 9)

前記切削加工される繊維強化複合材及び/又は金属における切削工具進入面に前記エントリーシートを配置して切削加工を行う(1 8) に記載の切削加工方法。

(2 0)

前記切削加工が孔あけ加工である(1 8) 又は(1 9) に記載の切削加工方法。

(2 1)

前記エントリーシートがアルミニウム箔を含む(1 8) ~ (2 0) のいずれかに記載の切削加工方法。

(2 2)

前記切削加工が、30 以下のガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら行われる(1 8) ~ (2 1) のいずれかに切削加工方法。

(2 3)

前記切削加工に用いる切削工具が超硬合金からなるドリルである(1 8) ~ (2 2) のいずれかに記載の切削加工方法。

(2 4)

前記切削加工が繊維強化複合材及び/又は金属に貫通孔を形成する加工である(1 8) ~ (2 3) のいずれかに記載の金属切削加工方法。

(2 5)

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら行われ、前記切削加工箇所及び/又は切削工具に供給するガス量が5 ~ 300 L / m i n であり、該ガスを供給する装置のガスの出口面積が7 m m ² ~ 2000 m m ² であり、且つ、該ガスを供給する装置のガス出口と前記加工箇所及び/又は切削工具との距離が100 m m ~ 500 m m である(1 8) ~ (2 4) のいずれかに記載の切削加工方法。

(2 6)

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら行われ、前記切削加工箇所及び/又は切削工具に供給するガスに含まれる水分の量が20 g / m ³ 以下である(1 8) ~ (2 5) のいずれかに記載の切削加工方法。

10

20

30

40

50

(2 7)

前記切削加工が、ガスを用いて切削加工箇所及び／又は切削工具を冷却しながら行われ、前記切削加工箇所及び／又は切削工具に供給するガスに含まれる油分が $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ 以下である (1 8) ~ (2 6) のいずれかに記載の切削加工方法。

(2 8)

前記切削加工される金属がチタン合金を含む (1 8) ~ (2 7) のいずれかに記載の切削加工方法。

(2 9)

前記切削加工される金属がアルミニウム合金を含む (1 8) ~ (2 8) のいずれかに記載の切削加工方法。

10

(3 0)

前記切削加工される対象が、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であり、繊維強化複合材が金属よりも切削工具進入側になるように配置して切削加工する (1 8) ~ (2 9) のいずれかに記載の切削加工方法。

(3 1)

(1 8) ~ (3 0) のいずれかに記載の切削加工方法によって形成された貫通孔。

(3 2)

(1 8) ~ (3 0) のいずれかに記載の切削加工方法によって繊維強化複合材を切削加工する工程を含む繊維強化複合材の製造方法。

20

(3 3)

(1 8) ~ (3 0) のいずれかに記載の切削加工方法によって金属を切削加工する工程を含む金属の製造方法。

【発明の効果】

【 0 0 2 2 】

繊維強化複合材 (例えば、CFRP) の切削加工において、本発明のエントリーシートを使用することで、切削工具 (例えば、ドリル) への負荷を低減させ切削工具 (例えば、ドリル) の摩耗を抑制し、ドリル孔あけ加工の場合は、加工した孔の内径が均一で高品質な加工孔を得ることができる。その結果、高品質で、生産性に優れた切削加工 (例えば、ドリル孔あけ加工) が可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、金属の切削加工において、本発明のエントリーシートを使用することで、切削工具 (例えば、ドリル) への負荷を低減させ、切削工具 (例えば、ドリル) の摩耗を抑制でき、切削加工 (例えば、ドリル孔あけ加工) 寿命の長寿命化を図ることができる。その結果、従来技術よりも生産性に優れた切削加工 (例えば、ドリル孔あけ加工) が可能となる。

30

【 0 0 2 4 】

さらに、繊維強化複合材及び／又は金属の切削加工において、本発明の金属切削加工方法によれば、切削加工時に生じる加工箇所周辺の蓄熱を効果的に低減させることができるので、従来の加工方法に比べ、加工箇所周辺にできるバリの量が大幅に少ない高品質な加工を行うことができる。特に、ドリル孔あけ加工においては、従来技術よりも生産性と品質に優れたドリル孔あけ加工が可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1 - 1】実施例 1 - 1 及び比較例 1 - 1 における孔の内径推移比較。

【図 1 - 2】実施例 1 - 1 及び比較例 1 - 1 におけるスラスト力測定結果。

【図 1 - 3】実施例 1 - 1 及び比較例 1 - 1 における切削トルク測定結果。

【図 1 - 4】実施例 1 - 1 及び比較例 1 - 1 におけるスラスト力、切削トルク、ドリル摩耗量比較。

【図 1 - 5】実施例 1 - 2 ~ 1 - 9 及び比較例 1 - 2 ~ 1 - 6 における孔の内壁粗さ (Ra : 算術平均粗さ) 比較。

【図 1 - 6】実施例 1 - 2 ~ 1 - 9 及び比較例 1 - 2 ~ 1 - 6 における孔の内壁粗さ (R

50

z：十点平均粗さ）比較。

【図1-7】実施例1-2～1-9及び比較例1-2～1-6におけるドリルの摩耗量比較。

【図2-1】実施例2-1～2-9及び比較例2-1～2-3で用いた新品ドリルの先端写真。

【図2-2】実施例2-1～2-9における加工後のドリル先端写真。

【図2-3】比較例2-1～2-3における加工後のドリル先端写真。

【図2-4】実施例2-1～2-9及び比較例2-1～2-3における加工後の新品ドリルに対する切れ刃残量。

【図3-1】実施例3-1～3-4及び比較例3-1～3-2におけるチタン合金板のドリル出口側の加工孔写真。

10

【図3-2】実施例3-1～3-4及び比較例3-1～3-2におけるチタン合金板のドリル出口側におけるバリの高さ。

【図3-3】実施例3-1～3-4及び比較例3-1～3-2で用いた新品ドリル、実施例3-2及び比較例3-1～3-2における加工後のドリル先端写真。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態（以下「本実施の形態」とも記す。）について説明する。なお、以下の実施の形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明はその実施の形態のみに限定されない。

20

【0027】

本実施の形態のエントリーシートは、繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する際に用いることを特徴とする。

本実施の第一の形態は、繊維強化複合材（例えば、炭素繊維強化プラスチック）を切削加工する際に用いるエントリーシートである。

【0028】

本実施の第一の形態において、切削加工する材料である繊維強化複合材とは、2つの異なる素材を一体的に組み合わせて特性を高めた材料であり、マトリックス樹脂と強化繊維とによって組み合された構成の材料であれば特に限定されるものではない。

【0029】

30

前記繊維強化複合材に用いられる強化繊維の種類、形態は特に限定されるものではない。例えば、強化繊維の種類としてガラス繊維、炭素繊維、アラミド繊維等が好ましい。その中でも、強化繊維として炭素繊維を用いた炭素繊維強化プラスチックが特に好ましい。強化繊維の形態として、特に限定されないが、例えば、フィラメント、トウ、クロス、ブレード、チョップ、ミルドファイバー、フェルトマット、ペーパー、プリプレグ等が挙げられる。

【0030】

前記繊維強化複合材に用いられるマトリックス樹脂として、樹脂成分は特に限定されるものではない。具体的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、シアネート樹脂、ビニルエステル樹脂、不飽和ポリエステル樹脂などの熱硬化性樹脂やABS（アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン）樹脂、PA（ポリアミド）樹脂、PP（ポリプロピレン）樹脂、PC（ポリカーボネート）樹脂、メチルメタアクリレート樹脂、ポリエチレン、アクリル、ポリエステル樹脂などの熱可塑性樹脂が好ましい。さらに、繊維強化複合材のマトリックス樹脂中に、適宜、無機フィラーや有機フィラー等を配合してもよい。なお、前記繊維強化複合材において、マトリックス樹脂として熱可塑性樹脂を用い、強化繊維として炭素繊維を用いる複合材は、熱可塑性樹脂以外の樹脂を用いる複合材と区別するため、炭素繊維強化熱可塑性プラスチック（CFRTP、Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics）と称することもあるが、本実施の形態では、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に含まれるものとする。

40

【0031】

50

本実施の第一の形態のエントリーシートは、樹脂シートを含むことが好ましい。

本実施の第一の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを形成する成分は、水溶性樹脂でも非水溶性樹脂でもよく、特に限定されるものではない。

【0032】

樹脂シートを形成する成分として、水溶性樹脂を用いる場合、該水溶性樹脂としては、25、1気圧において、水100gに対し、1g以上溶解する高分子化合物であれば、特に限定されるものではない。樹脂シートを形成する成分として、水溶性樹脂を用いた場合、水溶性樹脂が有する潤滑性によって、切削加工時の切削屑の排出性が向上し、さらに、樹脂シートの表面硬度が適度な柔らかさとなるため、切削工具への負荷を低減させる効果があり、また、切削加工後に加工孔に付着した樹脂成分を容易に除去することが可能である。水溶性樹脂の具体例としては、特に限定されないが、例えば、ポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリプロピレンオキサイド、水溶性ウレタン、ポリエーテル系水溶性樹脂、水溶性ポリエステル、ポリアクリル酸ソーダ、ポリアクリルアミド、ポリビニルピロリドン、ポリビニルアルコール、ポリアルキレングリコールのエステル類、ポリアルキレングリコールのエーテル類、ポリグリセリンモノステアレート類、ポリオキシエチレンプロピレン共重合体及びそれらの誘導体が挙げられ、これらのうち少なくとも1種を選択することができる。なかでもポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリエーテル系水溶性樹脂であることが、より好ましい。

10

【0033】

樹脂シートを形成する成分として、非水溶性樹脂を用いる場合、該非水溶性樹脂の種類は特に限定されるものではない。樹脂シートを形成する成分として、非水溶性樹脂を用いた場合、水溶性樹脂を用いた場合よりも、樹脂シートの表面硬度が高いため、例えば、ドリル孔あけ加工時のドリルの食い付き性が向上し、設計通りの位置に孔をあけることができ、さらに、樹脂シートの剛性が向上し、ハンドリング性が向上する。例えば、樹脂シート形成成分として、特に限定されないが、ウレタン系重合体、アクリル系重合体、酢酸ビニル系重合体、塩化ビニル系重合体、ポリエステル系重合体及びそれらの共重合体やエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シアネート樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、熱硬化性ポリイミドなどが例示される。

20

一方、樹脂シートを形成する成分のうち潤滑性向上成分として、特に限定されないが、例えば、変性ポリアミド、エチレンビスステアロアミド、オレイン酸アミド、ステアリン酸アミド、メチレンビスステアルアミドなどで例示されるアמיד系化合物；ラウリン酸、ステアリン酸、パルミチン酸、オレイン酸などで例示される脂肪酸系化合物；ステアリン酸ブチル、オレイン酸ブチル、ラウリン酸グリコールなどで例示される脂肪酸エステル系化合物；流動パラフィン、ポリエチレンワックスなどで例示される脂肪族炭化水素系化合物；オレイルアルコールなどで例示される高級脂肪族アルコール；スチレン単独重合体（GPPS）、スチレン-ブタジエン共重合体（HIPS）、スチレン-（メタ）アクリル酸共重合体（例えばMS樹脂）などで例示されるポリスチレン系樹脂が挙げられ、これらのうち少なくとも1種を選択することができる。

30

【0034】

樹脂シートを形成する成分は、セルロース誘導体を水溶性樹脂として用いてもよい。セルロース誘導体としては、特に限定されないが、例えば、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロースが例示される。ヒドロキシエチルセルロースは、セルロース $\{H-(C_6H_{10}O_5)_n-OH\}$ に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、 $\{- (CH_2-CH_2-O)_m-H\}$ により置換された化合物であり、水に対する溶解度は25、1気圧において少なくとも0.05g/Lである（但しn、mは1以上の整数である）。該セルロース誘導体は、例えばセルロースにエチレンオキไซด์を付加させて得ることができる。

40

【0035】

一方、カルボキシメチルセルロースは、セルロース $\{H-(C_6H_{10}O_5)_n-OH\}$ に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、カルボキシメチル基 $\{-CH_2-COOH$

50

〕により置換された化合物であり、水に対する溶解度が25、1気圧において少なくとも0.05g/Lである(但しnは1以上の整数である。)。また、該カルボキシメチル基中のカルボキシ基の一部がナトリウム塩であってもよい。該セルロース誘導体は、例えばセルロースに、クロロ酢酸を付加させて得ることができる。なお、本実施の形態でいう「セルロース」とは、多数のβ-グルコースがグリコシド結合によって結合した高分子化合物であって、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基が無置換であるものを意味する。また、「セルロースに含まれる水酸基」とは、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基を指す。

【0036】

本実施の第一の形態で使用される樹脂シートには、必要に応じて添加剤を配合することができる。添加剤の種類としては、特に限定されることはないが、例えば、表面調整剤、レベリング剤、帯電防止剤、乳化剤、消泡剤、ワックス添加剤、カップリング剤、レオロジーコントロール剤、防腐剤、防黴剤、酸化防止剤、光安定剤、核剤、有機フィラー、無機フィラー、固体潤滑剤、可塑剤、柔軟剤、熱安定化剤、着色剤などが挙げられる。

【0037】

本実施の第一の形態において、樹脂シートを形成する方法としては、特に限定されないが、例えば、上述した樹脂シートを形成する成分を、適宜融解させ、支持体に塗布、冷却、固化、又は溶媒に溶解もしくは分散させた液状として、塗布、乾燥、冷却、固化させて樹脂シートを形成し、その後、支持体を除去、剥離して樹脂シートとして製造する方法などが挙げられる。

【0038】

前記液状の樹脂シート形成成分を支持体に塗布する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。具体的には、樹脂シート形成成分をロールやニードラー、又は他の混練手段を使用し、適宜加熱溶融して混合し、ロール法やカーテンコート法などで、離型フィルム上に樹脂シートを形成する方法や、樹脂シート形成成分をロールやT-ダイ押出機等を使用し、予め所望の厚みの樹脂シートに形成する方法などが例示される。

【0039】

本実施の第一の形態において、樹脂シートは、2種類以上の樹脂組成物層からなる複数層であることが好ましい。具体的には、複数層の各層において、潤滑効果が高い樹脂組成物からなる層と位置精度を向上させる樹脂組成物からなる層と、非水溶性樹脂などの樹脂組成物からなる剛性の高い層などを適宜組み合わせることにより、本発明の目的をより有効かつ確実に達成することができるため、より好ましい。また、非水溶性樹脂などの樹脂組成物からなる剛性の高い層を設けることで、本実施の第一の形態のエントリーシートのハンドリング性が向上する点でも、より好ましい。

【0040】

本実施の第一の形態において、樹脂シートを複数層に形成する方法としては、特に限定されないが、例えば、予め作製した層のすくなくとも片面にもう一つの層を直接形成する方法や、予め作製した層ともう一つの層を、接着樹脂や熱によるラミネート法などで貼り合わせる方法などが挙げられる。

【0041】

本実施の第一の形態エントリーシートは、金属を含むことが好ましく、該金属は金属箔であることがより好ましい。

本実施の第一の形態エントリーシートは、樹脂シート及び金属箔を含む場合、該樹脂シートのすくなくとも片面に金属箔を備えることが好ましい。

本実施の第一の形態のエントリーシートは、このように樹脂シートのすくなくとも片面に金属箔を備えた複数層からなる場合、剛性が高まり、ハンドリング性が向上する。さらに、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、金属箔がドリルの直進性を保持することによって、ドリルの求芯性が向上し、設計通りの位置に孔をあけることができる。さらに、被切削

10

20

30

40

50

加工材と樹脂シートとの間に金属箔があることで、熱溶融した樹脂シート形成成分が加工孔の上部及び内部に固着することを防ぐ役割を果たす。

【0042】

本実施の第一の形態で使用される金属箔の厚さは好ましくは0.05～0.5mm、より好ましくは0.05～0.3mmである。金属箔の厚さが0.05mm以上では、製造時や孔あけ加工時のハンドリング性が向上する傾向にある。一方、金属箔の厚さが0.5mm以下であると、切削加工時に発生する切削屑の排出が容易になる。

また、金属箔の金属種としてはアルミニウムが好ましく、アルミニウム箔の材質としては、純度95%以上のアルミニウムが好ましい。具体的には、特に限定されないが、例えば、JIS-H4160に規定される、5052、3004、3003、1N30、1N99、1050、1070、1085、1100、8021などが例示される。金属箔に高純度のアルミニウム箔を使うことで、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、アルミニウム箔に含まれる不純物によるドリルの欠けや局所的な摩耗などを低減させ、ドリルへの切削負荷を低減することができる。

【0043】

本実施の第一の形態のエントリーシートは、樹脂シート及び金属箔を含む場合、前記金属箔と前記樹脂シートとの間に接着層が形成されていることが好ましい。前記接着層が樹脂皮膜であることがより好ましい。

本実施の第一の形態において、樹脂シート及び金属箔を含む複数層を形成する方法としては、特に限定されないが、例えば、金属箔のすくなくとも片面に樹脂シートを直接形成する方法や、予め作製した樹脂シートと金属箔とを、ラミネート法などで貼り合わせる方法などが挙げられる。その際に、支持体として予め接着層を形成した金属箔を用いることで、樹脂シートと金属箔とを積層一体化させる方法などが挙げられる。

【0044】

樹脂シートと金属箔を積層一体化させるための予め接着層を形成する金属箔について、厚み0.001～0.5mmの樹脂皮膜が形成されている金属箔を使用すると、金属箔と樹脂シートとの密着性を上げられる点から好ましい。樹脂皮膜に使用される樹脂は特に限定されず、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれであってもよく、これらを併用してもよい。熱可塑性樹脂としては特に限定されないが、例えば、ウレタン系重合体、アクリル系重合体、酢酸ビニル系重合体、塩化ビニル系重合体、ポリエステル系重合体及びそれらの共重合体が挙げられる。熱硬化性樹脂としては、特に限定されないが、例えば、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂などの樹脂が挙げられる。好適には、エポキシ樹脂、ポリエステル系樹脂が挙げられる。また、本実施の第一の形態で用いる金属箔としては、市販の金属箔に予め樹脂被膜を公知の方法でコーティングしたものをを用いてもよい。

【0045】

本実施の第一の形態のエントリーシートと被切削加工材（例えば、CFRP）とを密着させるために、本実施の第一の形態のエントリーシートにおいて、被切削加工材（例えば、CFRP）と接する樹脂シート表面或いは金属箔表面に粘着性を有する層（粘着層）を形成することが好ましい。該粘着層の成分は、特に限定されず、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれであってもよく、これらを併用してもよい。熱可塑性樹脂としては特に限定されないが、例えば、ウレタン系重合体、アクリル系重合体、酢酸ビニル系重合体、塩化ビニル系重合体、ポリエステル系重合体及びそれらの共重合体が挙げられる。熱硬化性樹脂としては、特に限定されないが、例えば、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂などの樹脂が挙げられる。中でも、被切削加工材（例えば、CFRP）への糊残りがなく、常温にて容易に粘着できる特性が要求されることから、アクリル系粘着剤がより好ましい。さらに、アクリル系粘着剤の中でも、溶剤型アクリル粘着剤及びアクリルエマルジョン型粘着剤（水系）が好適に用いられる。アクリル系粘着剤は、

10

20

30

40

50

ポリ(メタ)アクリル酸エステルとタッキファイヤーとを主成分とする組成物である。さらに、その他必要に応じて、粘着層の成分に酸化防止剤等の劣化防止剤、炭酸カルシウム、タルク、シリカ等の無機フィラーを添加することができる。

【0046】

前記粘着層をエントリーシート表面に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。具体的には、ロール法やカーテンコート法、スプレー噴出法などで粘着層を形成する方法や、ロールやT-ダイ押出機等を使用し、予め所望の厚みの粘着層を形成する方法などが例示される。該粘着層の厚みは、特に限定されるものではなく、被切削加工材(例えば、CFRP)の曲率や樹脂シート及びエントリーシートの構成により最適な厚みを、適宜、選択できる。

10

【0047】

本実施の第一の形態のエントリーシートを使用する際、被切削加工材(例えば、CFRP)が平面であるとは限らず、曲面の場合もある。そのため、本実施の第一の形態のエントリーシートには曲面追従性が求められる場合もある。本実施の第一の形態のエントリーシートは、曲面追従性を付与させるために、例えば、樹脂シートを形成する樹脂組成物中に可塑剤や柔軟剤を配合することが好ましい。該可塑剤、柔軟剤の具体例としては、フタル酸エステル、アジピン酸エステル、トリメット酸エステル、ポリエステル、リン酸エステル、クエン酸エステル、エポキシ化植物油、セバシン酸エステルなどが好ましい。該可塑剤、柔軟剤を配合することにより、被切削加工材(例えば、CFRP)曲面にエントリーシートを配置した際に、例えば、樹脂シートへの応力や歪みが軽減されることで、樹脂シートの割れを抑制することができる。

20

【0048】

本実施の第一の形態のエントリーシートは、例えば、CFRPの孔あけ、切削、切断などの切削加工において使用されるもので、切削加工する工具及び方法については、特に限定されるものではない。具体的には、ドリル、ルータ、フライス、エンドミル、サイドカッターなどで貫通孔、非貫通孔を形成する孔あけ加工や、ルータ、パイプカッター、エンドミル、メタルソーなどで、CFRPを切断する加工などが挙げられる。また、切削工具の刃先に、硬度を高めて摩耗を抑制するために、チタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成していても、差し支えない。

【0049】

本実施の第一の形態において、切削加工の対象は、繊維強化複合材(例えば、CFRP)を意図しているが、繊維強化複合材(例えば、CFRP)に限定されるものではない。本実施の第一の形態において、エントリーシートは、チタン合金などの難削金属の切削加工にも適用できる。さらに、前記切削加工される対象は、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であることが好ましい。本実施の第一の形態において、以下の理由から、例えば、CFRPとチタン合金とを重ねた材料を共孔あけしても差し支えない。CFRPとチタン合金との最適な孔あけ条件は大きく異なる。CFRPの孔あけは、高速回転で低速送り量が適している。一方、チタン合金では、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの温度上昇を抑え、ドリルの刃の摩耗を抑制するため、低速回転で高速送り量が適している。特に、熱に弱いダイヤモンドコートドリルにおいて、このような孔あけ条件が必要になる。相反する孔あけ条件に対して、実際の加工現場では、CFRPとチタン合金との境で孔あけ条件を変えたり、中庸をとった同一条件で孔あけ加工している。あるいは、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの温度上昇を防ぐため、航空機用途のチタン合金の孔あけ加工時に、冷風をかけながら、集塵機で集塵する取り組みも行われている。しかしながら、本実施の第一の形態のエントリーシートを用いることで、摩擦熱で発熱しやすいチタン合金の孔あけ条件の制約を大きく緩和できる副次効果がある。さらに、チタン合金に限らず、CFRPとアルミ合金とを重ねた物を共孔あけすることもできる。さらにまた、チタン合金やアルミ合金単独での孔あけ、切削、切断などの切削加工に用いてもよい。

30

40

【0050】

50

本発明者らは、繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する際に、樹脂シートを含むエントリーシートを用いることで、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの溝表面を含めドリル表面と加工孔内との潤滑性がいずれも高まり、ドリルの刃が切削する炭素繊維や難削金属中の難削粒子の排出を容易化して、ドリルの刃との擦過頻度と度合いを軽減するため、ドリルの刃の摩耗が低減されると考えている。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、難削粒子とドリルの刃とが擦過すると、アブレシブ摩耗がおきるため、これを減らすことは、ドリルの刃の摩耗低減につながる。なお、この作用原理は、切削工具全般に通じる。このため、特に、航空機用途などの高強度なCFRPの切削加工において、本実施の第一の形態のエントリーシートは、顕著な効果を発現する。なぜなら、前述のとおり、例えば、航空機用途などのCFRPのドリル孔あけ加工では、CFRPの炭素繊維が密に存在するため、炭素繊維の切削量が格段に増えることになり、ドリルの刃が摩耗しやすい。したがって、航空機用途などのCFRPのドリル孔あけ加工において、ドリルの刃の摩耗低減に寄与する本実施の第一の形態のエントリーシートは、いままでにない有効な解決手段になる。さらに、UD材のドリル孔あけ加工の場合には、45°と225°とではドリルの刃は炭素繊維の束に食い込み挟む角度で進入するため、45°と225°との近傍では、孔の内壁に繊維座屈部が発生しやすい。本実施の第一の形態のエントリーシートは、潤滑性向上剤を含む場合、潤滑性に優れるので、繊維座屈を抑制し、さらに、摩擦熱による温度上昇をも抑制するので、マトリクス樹脂がガラス転移点(温度)あるいは軟化点に到達しにくくなり、炭素繊維の堅く束ねた状態を維持することができ、繊維座屈を抑制する。このため、本実施の第一の形態のエントリーシートは、UD材の切削加工の場合にも、格段の効果を発現する。

10

20

【0051】

本実施の第一の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを含有させる場合、該樹脂シートの厚みは、例えば、CFRPの切削加工の際の切断、切削方法、面積、体積や孔あけ加工する際に使用するドリル径やCFRPの構成、厚みなどによって適宜選択される。前記樹脂シートの厚みは、0.1~20mmの範囲であることが好ましく、0.2~10mmの範囲がより好ましく、さらに好ましくは0.5~5mmの範囲である。前記樹脂シートの厚みが、0.1mm以上であると、十分な切削応力低減が得られ、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの負荷が小さくなりドリル折損を抑制することができる。一方、前記樹脂シートの厚みが20mm以下であると、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの樹脂シートの巻き付きが減少し、樹脂シートにおける亀裂発生を抑制することができる。特に、樹脂量が適量である場合、樹脂が切削粉のバインダーとなることを抑制でき、切削粉が加工孔にとどまることを低減できるため、孔内部の凹凸が拡大することを抑制できる。つまり、樹脂シートの組成と厚みとを適正化することで、潤滑性を向上させることができ、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリル溝を通じた切削粉の排出を最適化できる。また、本発明の効果をより一層得るためには、樹脂シートの総厚み適宜制御することが好ましく、薄い樹脂シートを複数枚重ねて使用することも可能である。

30

【0052】

本実施の第一の形態のエントリーシートを構成する樹脂シート層、金属箔、接着層、粘着層などの各層の厚みは、次のようにして測定する。まず、クロスセクションポリッシャー(日本電子データム株式会社製 CROSS-SECTION POLISHER SM-09010)、又はウルトラミクロトーム(Leica社製 EM UC7)を用いてエントリーシートをエントリーシートに対して垂直方向に切断する。次に、SEM(走査型電子顕微鏡、Scanning Electron Microscope、KEYENCE社製 VE-7800)を用いて、切断面に対して垂直方向から切断面を観察し、エントリーシートを構成する各層の厚みを測定する。その際、1視野に対して、5箇所の厚みを測定し、その平均値を各層の厚みとする。

40

【0053】

本実施の第一の形態のエントリーシートを用いたドリル孔あけ加工は、CFRPをドリル

50

孔あけ加工する際に、CFRPの孔あけ加工する最上面に、該エントリーシートの樹脂シートがドリル進入面になるように配置し、エントリーシートの樹脂シートの面から、ドリル孔あけ加工を行うことが好ましい。

【0054】

本実施の第二の形態は、金属を切削加工する際に用いるエントリーシートである。本実施の第二の形態のエントリーシートは、樹脂シートを含むことが好ましい。

【0055】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いることができる、切削加工対象の金属は、一般的に構造材として用いられている金属であれば特に限定されるものではない。そのような金属として、特に限定されないが、例えば、航空機の機体構造用材料に用いられる金属材料が挙げられる。その中で、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタン合金、低合金鋼、ステンレス鋼、耐熱合金のような、強度の高い金属が、本実施の第二の形態のエントリーシートを用いる切削加工対象の金属として好ましい。これは、強度の高い金属ほど、切削工具の寿命延長効果が顕著となるからである。切削加工対象の金属は、1種単独でもよく、2種以上組み合わせてもよい。また、上記した金属の中で、チタン合金が切削対象の金属として特に好ましい。これは、チタン合金は、アルミニウム合金に比べて引っ張り強さは2倍も強く、耐食、耐熱性も優れた材料であるが、硬度が高い難削材のため、従来技術では、切削加工条件や切削工具の形状を特殊なものとする必要があるが、本実施の第二の形態のエントリーシートを用いると、切削加工条件や切削工具の形状を特殊なものとしなくてもよく、切削工具の寿命もより長くできるからである。なお、本実施の形態において、切削加工対象の金属は、繊維強化複合材等の異種構造材を含んでいてもよい。

【0056】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いることができる切削加工方法は特に限定されるものではなく、例えば、貫通孔、非貫通孔を形成する孔あけ、切削、切断などが挙げられる。また、切削加工の際に使用できる切削工具の種類も特に限定されるものではなく、例えば、ドリル、ルータ、フライス、エンドミル、サイドカッターなどが挙げられる。また、これらの切削工具は、一般的な材質の切削工具であっても、硬度を高めて摩耗を抑制する目的で切削工具の刃先に、チタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成した特殊な切削工具であってもよい。これは、本実施の形態のエントリーシートが、一般的な材質の切削工具を用いた加工、切削工具の刃先にチタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成した特殊な切削工具を用いた加工のいずれの加工においても、切削工具の加工寿命を延長させることができるからである。特に、切削工具の刃先にチタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成した特殊な切削工具を用いた加工が、加工寿命の延長効果が著しいので、このような工具を用いる加工に、本実施の第二の形態のエントリーシートを用いるのが好適である。

【0057】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いることができる孔あけ加工に使用するドリルは、一般的に使用されるものであれば、ドリルの径、材質、形状及び表面被膜の有無について、特に限定されるものではない。例えば、ドリルの径は1mm以上10mm以下であることが好ましく、航空機用基材の孔あけ加工に多く用いられている2mm以上7mm以下であることがより好ましい。また、ドリルの材質としては、硬質の金属炭化物の粉末を焼結して作られる超硬合金であることが好ましい。このような超硬合金としては、特に限定されないが、例えば、炭化タングステンと結合剤であるコバルトとを混合して焼結した金属が挙げられる。このような超硬合金には、使用目的に応じて材料特性をさらに向上させるため、炭化チタンや炭化タンタルなどが添加されることもある。一方、ドリルの形状は、孔あけ加工の条件や被加工材の種類や形状などにより、適宜選択できる。ドリルの形状としては、特に限定されないが、例えば、ドリルの先端角、溝のねじれ角、切れ刃の数などが挙げられる。ドリルの表面被膜は、孔あけ加工の条件や被加工材の種類や形状などにより、適宜選択することができる。好ましい表面被膜の種類としては、ダイ

10

20

30

40

50

ヤモンドコート、ダイヤモンドライクコート、セラミックスコートなどが挙げられる。

【0058】

本実施の第二の形態のエントリーシートについて、以下に詳しく説明する。本実施の第二の形態のエントリーシートの製造方法は、特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体に塗布、冷却、固化させて樹脂組成物層（樹脂シート）を形成し、その後、支持体を除去又は剥離して、樹脂シートを含むエントリーシートを製造する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体に塗布、乾燥、冷却、固化させて、樹脂組成物層を形成し、その後、支持体を除去又は剥離して、樹脂シートを含むエントリーシートを製造する方法も挙げられる。その際、支持体は、特に限定されるものではなく、例えば、金属箔やフィルム、金属ロールなどを適宜用いることができる。液状の樹脂組成物層を支持体上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物をロールやニーダー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、ロール法やカーテンコート法などで、支持体上に樹脂組成物層（樹脂シート）を形成する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、バーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで、支持体上に樹脂組成物層（樹脂シート）を形成する方法も挙げられる。一方、前記した支持体上に樹脂組成物層（樹脂シート）を形成する方法以外に、樹脂組成物をロールやニーダー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、ロールやT-ダイ押出機等を使用し、支持体を使用しないで、所望の厚みの樹脂組成物層に形成して樹脂シートとする方法なども使用できる。

10

20

【0059】

樹脂シートを形成する樹脂組成物の成分としては、一般的に水溶性樹脂や非水溶性樹脂が用いられるが、本実施の第二の形態のエントリーシートにおいても、樹脂シートを含む場合、水溶性樹脂や非水溶性樹脂を、樹脂シートを形成する樹脂組成物の成分として使用することができる。これらの樹脂は、潤滑性向上成分として加工時の潤滑性を向上させる役割や、樹脂シート形成成分として加工性を向上させる役割がある。なかでも、水溶性樹脂は、樹脂が有する潤滑性によって、切削加工時の切削屑の排出性を向上させる効果がある。また、水溶性樹脂を樹脂組成物の成分とした樹脂シートは、その表面硬度が適度な柔らかさであるため、切削工具の加工負荷を低減させる効果もある。さらに、切削加工後に加工孔に付着した樹脂成分を容易に除去することも可能である。一方、非水溶性樹脂を樹脂組成物の成分として用いた樹脂シートは、水溶性樹脂を用いた樹脂シートよりも、樹脂シートの表面硬度が硬いため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの食い付き性が良く、設計通りの位置に孔をあけられる特徴がある。また、樹脂シートの剛性が高いため、ハンドリング性にも優れる。

30

【0060】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートの樹脂組成物の成分として好ましい水溶性樹脂のひとつのカテゴリーは、25℃、1気圧において、水100gに対し、1g以上溶解する高分子化合物である。このような水溶性樹脂としては、特に限定されないが、例えば、ポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリプロピレンオキサイド、水溶性ウレタン、ポリエーテル系水溶性樹脂、水溶性ポリエステル、ポリアクリル酸ソーダ、ポリアクリルアミド、ポリビニルピロリドン、ポリビニルアルコール、ポリアルキレングリコール類、ポリアルキレングリコールのエステル類、ポリアルキレングリコールのエーテル類、ポリグリセリンモノステアレート類、ポリオキシエチレンプロピレン共重合体及びそれらの誘導体が挙げられ、これらのうちの少なくとも1種以上を選択して用いることができる。なかでもポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリエーテル系水溶性樹脂が、樹脂組成物の成分としてより好ましい。

40

【0061】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを形成する樹脂組成物の成分として好ましい水溶性樹脂のもうひとつのカテゴリーは、セルロース誘導体である。な

50

お、本実施の第二の形態において、「セルロース」とは、多数の β -グルコースがグリコシド結合によって結合した高分子化合物であって、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基が無置換であるものを意味する。また、「セルロースに含まれる水酸基」とは、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基を指す。前記したセルロース誘導体としては、例えば、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロースが挙げられる。一般的に、ヒドロキシエチルセルロースは、セルロース $\{ \text{H} - (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n - \text{OH} \}$ に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、 $\{ - (\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O})_m - \text{H} \}$ により置換された化合物（但し n, m は1以上の整数）であり、その水に対する溶解度は、25、1気圧において少なくとも 0.05 g/L である。このようなヒドロキシエチルセルロースは、例えば、セルロースにエチレンオキサイドを付加させて合成される。

10

【0062】

一方、カルボキシメチルセルロースは、セルロース $\{ \text{H} - (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n - \text{OH} \}$ に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、カルボキシメチル基 $\{ - \text{CH}_2 - \text{COOH} \}$ により置換された化合物（但し n は1以上の整数）であり、その水に対する溶解度は、25、1気圧において少なくとも 0.05 g/L である。また、前記カルボキシメチル基中のカルボキシ基の一部がナトリウム塩であってもよい。カルボキシメチルセルロースは、例えばセルロースに、クロロ酢酸を付加させて得ることができる。

【0063】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを含める場合、樹脂シートを形成する樹脂組成物の成分として用いることができる非水溶性樹脂は、特に限定されるものではない。本実施の第二の形態において、非水溶性樹脂は、樹脂シート形成成分、潤滑性向上成分などとして用いられる。樹脂シート形成成分として用いられる好ましい非水溶性樹脂としては、特に限定されないが、例えばウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体やフェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル系樹脂を挙げることができる。また、これらのうち少なくとも1種を選択して樹脂シート形成成分として使用できる。一方、潤滑性向上成分として用いられる好ましい非水溶性樹脂としては、特に限定されないが、例えば、変性ポリアミド、エチレンビスステアロアミド、オレイン酸アミド、ステアリン酸アミド、メチレンビスステアルアミドなどで例示されるアמיד系化合物；ラウリン酸、ステアリン酸、パルミチン酸、オレイン酸などで例示される脂肪酸系化合物、ステアリン酸ブチル、オレイン酸ブチル、ラウリン酸グリコールなどで例示される脂肪酸エステル系化合物；流動パラフィン、ポリエチレンワックスなどで例示される脂肪族炭化水素系化合物；オレインアルコールなどで例示される高級脂肪族アルコール；スチレン単独重合体（GPPS）、スチレン-ブタジエン共重合体（HIPS）、スチレン-（メタ）アクリル酸共重合体（例えばMS樹脂）などで例示されるポリスチレン系樹脂を挙げることができる。これらのうち、少なくとも1種を選択して潤滑性向上成分として使用できる。さらに、本実施の第二の形態のエントリーシートにおいては、樹脂シート形成成分と潤滑性向上成分とを併用することもできる。

20

30

40

【0064】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを含める場合、樹脂シートの厚みは、切削加工対象となる金属の種類や厚み、切削加工に用いる切削工具の種類や切削方法、孔あけ加工する際に使用するドリル径などを考慮して、適宜選択される。樹脂シートの厚みは、好ましくは $0.1 \sim 2.0 \text{ mm}$ の範囲であり、より好ましくは $0.2 \sim 1.0 \text{ mm}$ の範囲であり、さらに好ましくは $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ の範囲である。前記樹脂シートの厚みが、 0.1 mm 以上であると十分な切削応力低減が得られ、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの負荷が小さくなり、ドリル折損を抑制することができる。一方、前記樹脂シートの厚みが 2.0 mm 以下であると、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの樹脂組成物の巻き付きが減少し、樹脂シートにおける亀裂発生を抑制すること

50

ができる。特に、目的とする切削加工において、樹脂シートの厚みを適正化すると、樹脂組成物が切削粉のバインダーの役割をすることを抑制でき、切削粉が加工箇所にとどまることを低減できるため、加工箇所周辺の温度上昇を抑制でき、切削加工対象である金属の溶着を抑制することができる。即ち、切削加工対象や切削方法に応じて、樹脂シートの構成や樹脂組成物の成分、樹脂シートの厚みを適正化することで、潤滑性と、加工溝を通じた切削粉の排出を最適化できる。以上のように、本実施の形態においては、樹脂シートの総厚みを適宜制御することが好ましく、薄い樹脂シートを複数枚重ねて使用することもできる。

【0065】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを含める場合、樹脂シートは、単層の樹脂組成物層からなる構造であっても、複数層の樹脂組成物層からなる構造であってもよいが、特性及び作業性向上の理由から、2種類以上の樹脂組成物層を積層させた層状構造を含むことが好ましい。このような本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂組成物層の組み合わせは、特に限定されないが、切削加工時の潤滑性を向上させる役割がある水溶性樹脂や潤滑性向上成分としての非水溶性樹脂からなる樹脂組成層と、位置精度を向上させる役割や剛性を向上させる役割がある樹脂シート成分としての非水溶性樹脂からなる樹脂組成物層とを、適宜組み合わせることが、高い加工精度、長い加工寿命、良好なハンドリング性の点で、好ましい。

10

【0066】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、複数の樹脂組成物層を積層させた層状構造を含む樹脂シートを製造する方法は、特に限定されないが、例えば、予め作製した単層又は複数層の樹脂組成物層からなる樹脂シートの少なくとも片面に、さらに樹脂組成物層を直接形成する方法が挙げられる。樹脂シートの片面に樹脂組成物層を形成する方法は特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体としての樹脂シート上に、液状にした樹脂組成物を塗布、冷却、固化させて樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体としての樹脂シート上に、液状にした樹脂組成物を塗布、乾燥、冷却、固化させて、樹脂組成物層を形成する方法も挙げられる。液状の樹脂組成物層を支持体としての樹脂シート上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、パーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで樹脂組成物層を形成する方法や、樹脂組成物をロールやニードル、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶解して混合し、ロール法やカーテンコート法などで樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。

20

30

【0067】

複数の樹脂組成物層を積層させた層状構造を含む樹脂シートを製造する別の方法として、単層又は複数層の樹脂組成物層からなる樹脂シートを、複数枚重ねて、樹脂を用いて貼り合わせる方法や熱によるラミネート法で貼り合わせる方法なども使用できる。樹脂を用いて貼り合わせる方法や熱によるラミネート法は、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。

40

【0068】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートを含める場合、樹脂シートは、必要に応じて添加剤を配合することができる。添加剤の種類は、特に限定されないが、例えば、表面調整剤、レベリング剤、帯電防止剤、乳化剤、消泡剤、ワックス添加剤、カップリング剤、レオロジーコントロール剤、防腐剤、防黴剤、酸化防止剤、光安定剤、核剤、有機フィラー、無機フィラー、固体潤滑剤、可塑剤、柔軟剤、熱安定化剤、着色剤を使用できる。

【0069】

この中で、固体潤滑剤は、エントリーシートの潤滑性を向上させ、切削工具の加工寿命を延ばす効果があるので、本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、樹脂シートは

50

固体潤滑剤を含むことが好ましい。固体潤滑剤の種類は、潤滑性を有する固体であれば、特に限定されるものではない。例えば、黒鉛、二硫化モリブデン、二硫化タングステン、モリブデン化合物、ポリテトラフルオロエチレン、ポリイミドなどが好ましい。その中で、黒鉛が適度な硬度を有するので好ましく、天然黒鉛、人造黒鉛、活性炭、アセチレンブラック、カーボンブラック、コロイド黒鉛、熱分解黒鉛、膨張化黒鉛、鱗辺状黒鉛を好適に用いることができる。なかでも、鱗片状黒鉛は、その形状や粒径により効果的に摩耗低減の向上を図ることができるので特に好ましい。これらの黒鉛は1種を単独で用いても、2種以上を混合して用いてもよい。

【0070】

本実施の第二の形態のエントリーシートにおいて、固体潤滑剤を樹脂組成物と組み合わせて使用する効果は、次のように説明できる。例えば、ドリル孔あけ加工において、樹脂組成物及び固体潤滑剤は、ドリルの表面や溝、及び被切削加工材の加工孔の側面に付着することで潤滑性を示す。その際、固体潤滑剤は、樹脂組成物に比べて、温度変化に伴う、体積及び硬度の変化が小さいため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルや加工箇所の温度が上昇しても、一定の体積及び硬度を保つことができる。即ち、固体潤滑剤は、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルと被切削加工材との間に常在して潤滑性を高め、ベアリングのような効果を示すことができるので、ドリルの磨耗を抑制する効果がある。

10

【0071】

本実施の第二の形態のエントリーシートに用いることができる固体潤滑剤の中で黒鉛が好ましい理由について述べる。前記した固体潤滑剤の硬度が小さいと、ベアリング効果に乏しく、潤滑性が低下してしまうことがある。一方、固体潤滑剤の硬度が大きいと、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリル先端の摩耗促進やドリル先端の欠けなどの問題が生じる可能性がある。このため、固体潤滑剤としては、適度な硬度を有する黒鉛が好ましい。

20

【0072】

固体潤滑剤の使用量は、樹脂組成物100重量部に対して、合計で5重量部～200重量部用いるのが好ましく、10重量部～100重量部用いるのがより好ましく、20重量部～100重量部用いるのが特に好ましい。固体潤滑剤の使用量が5重量部以上の場合、固体潤滑剤による潤滑効果が十分に発揮される。一方、固体潤滑剤の使用量が200重量部

30

【0073】

本実施の第二の形態のエントリーシートを使用する際、被切削加工材である金属は平面とは限らず、曲面の場合もある。そのため、本実施の第二の形態のエントリーシートには曲面追従性（柔軟性）が求められる場合もある。本実施の第二の形態のエントリーシートは、曲面追従性を付与する目的で、例えば、樹脂シートを形成する樹脂組成物中に必要に応じて可塑剤や柔軟剤を配合することが好ましい。可塑剤や柔軟剤としては、フタル酸エステル、アジピン酸エステル、トリメット酸エステル、ポリエステル、リン酸エステル、クエン酸エステル、エポキシ化植物油、セバシン酸エステルなどが好ましい。これらの可塑剤、柔軟剤を配合することにより、金属曲面にエントリーシートを配置した際、樹脂シートへの応力や歪みが軽減され、樹脂シートの割れを抑制することができる。

40

【0074】

本実施の第二の形態エントリーシートは、金属を含むことが好ましく、該金属は金属箔であることがより好ましい。

本実施の第二の形態のエントリーシートは、樹脂シート及び金属箔を含む場合、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えることがより好ましい。これは、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えたエントリーシートを用いると、金属箔の剛性によって、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの求芯性が向上し、設計通りの位置に孔をあけることができるからである。また、切削加工対象である金属と樹脂シートとの間に金属箔を配置することで、熱溶融した樹脂シートを形成する樹脂組成物が加工孔の上部及び内部に

50

固着することを防ぐ効果もある。なかでも、樹脂シートの両面に金属箔を備えた3層構造のエントリーシートが、樹脂シートの潤滑性を十分に発揮することができるので、特に好ましい。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの進入面の最表層に金属箔が配置されていると、金属を切削加工する際、金属の切り屑がドリルに巻き付き、回転する切り屑により、樹脂シートが挟まれることを抑制できる。その結果、潤滑性を十分に発揮でき、ドリルの摩耗低減効果が向上する。

【0075】

本実施の第二の形態のエントリーシートに使用できる金属箔の厚さは、特に限定されないが、0.05～0.5mmが好ましく、0.05～0.3mmがより好ましい。金属箔の厚さが0.05mm以上の場合、エントリーシート製造時や孔あけ加工時のハンドリング性が向上する傾向にある。一方、金属箔の厚さが0.5mm以下であると、切削加工時に発生する切削屑の排出が容易になる。

10

【0076】

本実施の第二の形態のエントリーシートに使用できる金属箔の種類は、特に限定されないが、アルミニウム箔が好ましい。これは、金属箔としてアルミニウム箔を用いた場合、アルミニウム箔は被切削加工材である金属と比較して、適度な柔らかさを有するため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、回転してドリルが侵入してくる際に、ドリルの芯ブレを抑制する効果があり、その結果、設定座標に対して正確な孔をあけることができるからである。また、回転したドリルの芯ブレを抑制することにより、ドリルの移動距離や被切削加工材との接触面積が小さくなることで、ドリルの摩耗を低減する効果もある。

20

【0077】

金属箔としてアルミニウム箔を用いる場合のアルミニウム純度は特に限定されないが、純度95%以上であることが好ましい。これは、金属箔に高純度のアルミニウム箔を使うことで、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、アルミニウム箔に含まれる不純物によるドリルの欠けや局所的な摩耗などを低減させ、ドリルへの切削負荷を低減できるからである。このようなアルミニウム箔としては、特に限定されないが、例えば、JIS-H4160に規定される、5052、3004、3003、1N30、1N99、1050、1070、1085、1100、8021などが挙げられる。

【0078】

本実施の第二の形態において、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを作製する方法は、特に限定されないが、例えば、金属箔の少なくとも片面に単層又は複数層の樹脂組成物層を直接形成する方法や、予め作製した樹脂シートと金属箔とを熱によるラミネート法などで貼り合わせる方法が挙げられる。金属箔の少なくとも片面に単層又は複数層の樹脂組成物層を直接形成する方法は、特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体としての金属箔上に、液状にした樹脂組成物を1回又は複数回、塗布、冷却、固化させて単層又は複数層の樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体としての金属箔上に、液状にした樹脂組成物を1回又は複数回、塗布、乾燥、冷却、固化させて、単層又は複数層の樹脂組成物層を形成する方法も挙げられる。液状の樹脂組成物層を支持体としての金属箔上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、パーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで樹脂組成物層を形成する方法や、樹脂組成物をロールやニーダー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、ロール法やカーテンコート法などで樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。一方、樹脂シートと金属箔とを熱によるラミネート法で貼り合わせる方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。

30

40

【0079】

本実施の第二の形態のエントリーシートを作製する際、金属箔と樹脂シートとの間に接着層を形成してもよい。本実施の第二の形態のエントリーシートは、金属箔と樹脂シートとの間に接着層を形成するのが、金属箔と樹脂シートとの密着性を良くすることができるの

50

で好ましい。なお、本明細書では、金属箔と樹脂シートとの密着性を良くするために用いる化合物の層を接着層と定義する。接着層に使用できる樹脂は特に限定されず、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂を用いることができる。また、これらを併用してもよい。好ましい熱可塑性樹脂としてはウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体が挙げられる。また、好ましい熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂が挙げられる。なかでも、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル系樹脂がより好ましい。接着層の厚みとしては、0.001～0.5mmが好ましい。これは、金属箔と樹脂シートとの密着性を良くするのに、この範囲で十分な接着効果が得られるからである。また、接着層を形成する方法も工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、上記した樹脂を溶媒に溶解もしくは分散し、バーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで接着層を形成する方法や、上記した樹脂をロールやニードル、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶解して混合し、ロール法やカーテンコート法などで接着層を形成する方法が挙げられる。また、本実施の第二の形態に用いる金属箔として、金属箔に接着層がコーティングされた市販品を用いても差し支えない。

10

【0080】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いた切削加工方法において、エントリーシートと被切削加工材である金属とを密着させる方法は特に限定されず、例えば、エントリーシートと被切削加工材である金属とを、クリップや治具で物理的に固定する方法、被切削加工材である金属と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着性を有する化合物の層（粘着層）を形成したエントリーシートを用いる方法が挙げられる。なお、本明細書では、被切削加工材の金属とエントリーシートとを固定するために用いる粘着性を有する化合物の層を粘着層と定義する。なかでも、被切削加工材である金属と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着層を形成したエントリーシートを用いるのが、治具などによる固定の必要がないので、好ましい。従って、本実施の第二の形態のエントリーシートは、被切削加工材である金属と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着層を形成したものが好ましい。粘着層の成分は特に限定されず、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂を用いることができる。また、これらを併用してもよい。好ましい熱可塑性樹脂としてはウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体が挙げられる。好ましい熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂が挙げられる。なかでも、被切削加工材である金属への糊残りがなく、常温にて容易に粘着できる特性があることから、アクリル系粘着剤がより好ましい。さらに、アクリル系粘着剤の中でも、溶剤型アクリル粘着剤及びアクリルエマルジョン型粘着剤（水系）が特に好ましい。ここで、本明細書におけるアクリル系粘着剤は、特に断りのない限り、ポリ（メタ）アクリル酸エステルとタッキファイヤーを主成分とする組成物のことを指す。さらに、必要に応じて、粘着層の成分に酸化防止剤等の劣化防止剤、炭酸カルシウム、タルク、シリカ等の無機フィラーを添加することもできる。

20

30

40

【0081】

粘着層をエントリーシート表面に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、ロール法やカーテンコート法、スプレー噴出法などで形成する方法、ロールやT-ダイ押出機等を使用して形成する方法などが挙げられる。該粘着層の厚みは、特に限定されるものではなく、金属の曲率や樹脂シート及びエントリーシートの構成により最適な厚みを、適宜、選択できる。

【0082】

本実施の第二の形態のエントリーシートを構成する樹脂シート層、金属箔、接着層、粘着層などの各層の厚みは、次のようにして測定する。まず、クロスセクションポリッシャー

50

(日本電子データ株式会社製 CROSS-SECTION POLISHER SM-09010)、又はウルトラミクロトーム(Leica社製 EM UC7)を用いて、エントリーシートを、エントリーシートに対して垂直方向から切断する。次に、SEM(走査型電子顕微鏡、Scanning Electron Microscope、KEYENCE社製 VE-7800)を用いて、切断面に対して垂直方向から切断面を観察し、エントリーシートを構成する各層の厚みを測定する。その際、1視野に対して、5箇所を測定し、その平均値を各層の厚みとする。

【0083】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いることができる切削加工対象は金属のみに限定されるものではなく、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であってよい。本実施の第二の形態のエントリーシートは、例えば、金属とCFRPなどの繊維強化複合材料とが接するように重ねあわされた材料の共孔あけ加工にも適用できる。重ね合わせる様態としては、特に限定されることはない。具体的には、金属と繊維強化複合材とを、治具を用いて重ね合わせて固定する方法や、金属と繊維強化複合材とを、接着層を介して重ね合わせて固定する方法などが挙げられる。一般的に、例えば、チタン合金とCFRPとの最適な孔あけ条件は大きく異なることが知られている。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、チタン合金の孔あけでは、ドリルの温度上昇を抑え、ドリルの刃の摩耗を抑制するため、低速回転で高速送り量が適している。特に、熱に弱いダイヤモンドコートドリルにおいて、このような孔あけ条件が必要とされている。一方、CFRPの孔あけは、高速回転で低速送り量が適している。このような、相反する孔あけ条件に対して、実際の加工現場では、チタン合金とCFRPの境で孔あけ条件を変えたり、中庸をとった同一条件で孔あけ加工している。また、ドリルの温度上昇を防ぐため、航空機用途のチタン合金の孔あけ加工時に、切削油をかけながら加工する方法も採られる。その中で、特に、炭素繊維にマトリクス樹脂を含浸させたプリプレグを1枚又は2枚以上積層し、加熱成型又は加熱加圧成型して製造されるCFRPのような炭素繊維複合材料を、摩耗が進行したドリルで加工する場合、炭素繊維を押し切る状態で切削することになるため、積層されたプリプレグ間の層間剥離が発生しやすくなり、結果としてドリルが貫通する出口部に炭素繊維の毛羽立ちが発生しやすくなる欠点がある。しかし、本実施の第二の形態のエントリーシートを用いることで、例えば、金属の切削加工時のドリル摩耗が抑制されることにより、ドリル摩耗によって加工孔の品質に影響が出やすい炭素繊維複合材料の切削加工の制約を大きく緩和できる効果がある。

【0084】

本実施の第二の形態のエントリーシートを用いた切削加工方法は、切削加工時の切削工具進入面に、本実施の第二の形態のエントリーシートを配置して切削加工を行うことが好ましい。その際、樹脂シートを含むエントリーシートを使用する場合は、切削加工する最表面に、該エントリーシートの樹脂シート面が切削工具進入面になるように配置し、エントリーシートの樹脂シート面から、切削加工を行うのが好ましい。また、金属と繊維強化複合材とを共孔あけ加工する際は、金属と繊維強化複合材とを重ねた状態での最表面に、該エントリーシートの樹脂シート面が切削工具進入面になるように配置し、エントリーシートの樹脂シート面から、切削加工を行うのが好ましい。一方、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを使用する場合は、切削加工する表面に、該エントリーシートの金属箔の面が接するように配置し、エントリーシートの最表面から切削加工を行うのが好ましい。また、金属と繊維強化複合材とを共孔あけ加工する際は、金属と繊維強化複合材とを重ねた状態での最表面に、該エントリーシートの金属箔の面が接するように配置し、エントリーシートの最表面から切削加工を行うのが好ましい。さらに、繊維強化複合材及び/又は金属の切削加工を行う際、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら切削加工するのが、特に好ましい。

【0085】

本発明者らは、例えば、ドリルを用いた孔あけ加工に対して樹脂シートを含むエントリーシートを用いる効果について、次のように考えている。樹脂シートを含むエントリーシ-

10

20

30

40

50

トを用いることで、ドリルの溝表面を含めたドリル表面と加工孔内との潤滑性がいずれも高まり、ドリルの刃が切削する難削金属中の難削粒子の排出が容易化され、ドリルの刃との擦過頻度と度合いが軽減できるため、結果としてドリルの刃の摩耗が低減されると考えている。即ち、難削粒子とドリルの刃とが擦過すると、アプレシブ摩耗がおきるため、これを減らすことは、ドリルの刃の摩耗低減につながる。なお、この作用原理は、切削工具全般に通じる。このため、特に、航空機用途などの高強度な金属の切削加工において、本実施の第二の形態は、顕著な効果を発現する。なぜなら、航空機用途などの金属では、強度を上げるため、より硬度の高い金属が含有される傾向にあり、このような金属の切削加工において、切削工具の摩耗低減に寄与する本実施の第二の形態のエントリーシートは、いままでにない有効な解決手段になる。

10

【 0 0 8 6 】

本実施の第三の形態は、上述のエントリーシートを用いて繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工することを特徴とする切削加工方法である。

本実施の第三の形態は、繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する際、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら切削加工を行うことが好ましい。

【 0 0 8 7 】

本実施の第三の形態において、切削加工対象である金属は、一般的に構造材として用いられている金属であれば特に限定されるものではない。そのような金属として、特に限定されないが、例えば、航空機の機体構造用材料に用いられる金属材料が挙げられる。その中で、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタン合金、低合金鋼、ステンレス鋼、耐熱合金のような、強度の高い金属が、本実施の第三の形態の切削加工方法が適用できる切削加工対象の金属として好ましい。これは、強度の高い金属ほど、切削加工時の摩擦熱による温度上昇の程度が大きいため、バリの発生量が多くなりやすく、本実施の第三の形態の切削加工方法が効果的だからである。切削加工対象の金属は、1種単独でもよく、2種以上組み合わせてもよい。また、前記した金属の中で、チタン合金が、本実施の第三の形態の切削加工方法が適用できる切削加工対象の金属としてより好ましい。さらに、チタン合金の中でも、チタン、アルミニウム及びバナジウムからなるより強度の高いTi-6Al-4Vが特に好ましい。チタン合金は、アルミニウム合金に比べて引っ張り強さは2倍も強く、耐食、耐熱性も優れた材料であるが、硬度が高く、さらに熱伝導率が小さいため、摩擦熱による温度上昇によるバリの発生量が極端に多くなりやすい特徴がある。このため、従来の技術ではチタン合金を孔あけ加工する際に、切削工具に大きな負荷がかかるため、加工条件や切削工具の形状などを改良する必要があるが、本実施の第三の形態の切削加工方法では、加工条件や切削工具の形状を工夫しなくても、切削加工できる。

20

30

【 0 0 8 8 】

本実施の第三の形態の切削加工方法が適用できる切削加工対象は金属のみに限定されるものではなく、繊維強化複合材であってもよく、金属と繊維強化複合材とを組み合わせた材料でもよく、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であってもよい。本実施の第三の形態の切削加工方法は、例えば、金属とCFRPなどの炭素繊維複合材料とが接するように重ねあわされた材料の共孔あけ加工にも適用できる。重ね合わせる状態としては、特に限定されることはない。具体的には、金属と繊維強化複合材とを、治具を用いて重ね合わせて固定する方法や、金属と繊維強化複合材とを、接着層を介して重ね合わせて固定する方法などが挙げられる。一般的に、例えば、チタン合金とCFRPとの最適な孔あけ条件は大きく異なることが知られている。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、チタン合金の孔あけでは、ドリルの温度上昇を抑え、ドリルの刃の摩耗を抑制するため、低速回転で高速送り量が適している。特に、熱に弱いダイヤモンドコートドリルにおいて、このような孔あけ条件が必要とされている。一方、CFRPの孔あけは、高速回転で低速送り量が適している。このような、相反する孔あけ条件に対して、実際の加工現場では、チタン合金とCFRPとの境で孔あけ条件を変えたり、中庸をとった同一条件で孔あけ加工している。また、ドリルの温度上昇を防ぐため、航空機用途のチタン合金の孔あけ加工時に、切削油をかけながら加工する方法も採られる。その中で、特に、炭素繊維

40

50

にマトリクス樹脂を含浸させたプリプレグを1枚又は2枚以上積層し、加熱成型又は加熱加圧成型して製造されるCFRPのような炭素繊維複合材料を、摩耗が進行したドリルで加工する場合、炭素繊維を押し切る状態で切削することになるため、積層されたプリプレグ間の層間剥離が発生しやすくなり、結果としてドリルが貫通する出口部に炭素繊維の毛羽立ちが発生しやすくなる欠点がある。しかし、本実施の第三の形態の切削加工方法を用いることで、金属切削時の加工箇所及び/切削工具の温度上昇が低減されるため、金属由来のバリの量が減少し、また、ドリルへの負荷が低減し、ドリル摩耗が抑制されることにより、ドリル摩耗によって加工孔の品質に影響が出やすい炭素繊維複合材料の切削加工の制約を大きく緩和できる効果がある。

本実施の第三の形態の切削加工方法において、前記切削加工される対象が、金属と繊維強化複合材とが接するように重ねあわされた材料であり、繊維強化複合材が金属よりも切削工具進入側になるように配置して切削加工することが好ましい。このような場合に本実施の第三の形態の切削加工方法の効果がより顕著に発現する。

【0089】

本実施の第三の形態の切削加工方法が適用できる切削加工の種類は特に限定されるものではなく、例えば、貫通孔、非貫通孔を形成する孔あけ、切削、切断などが挙げられる。また、切削加工の際に使用できる切削工具の種類も特に限定されるものではなく、例えば、ドリル、ルータ、フライス、エンドミル、サイドカッターなどが挙げられる。また、これらの切削工具は、一般的な材質の切削工具であっても、硬度を高めて摩耗を抑制する目的で切削工具の刃先に、チタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成した特殊な切削工具であってもよい。これは、本実施の第三の形態の切削加工方法が、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する場合、一般的な材質の切削工具を用いた加工、切削工具の刃先にチタンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどのコーティング膜を形成した特殊な切削工具を用いた加工のいずれの加工においても、ガス冷加工によるバリの低減効果があるからである。

【0090】

本実施の第三の形態の切削加工方法を用いた孔あけ加工に使用できるドリルは、一般的に使用されるものであれば、ドリルの径、材質、形状及び表面被膜の有無について、特に限定されるものではない。例えば、ドリルの径は1mm以上10mm以下であることが好ましく、航空機用基材の孔あけ加工に多く用いられている2mm以上7mm以下であることがより好ましい。また、ドリルの材質としては、硬質の金属炭化物の粉末を焼結して作られる超硬合金であることが好ましい。このような超硬合金としては、特に限定されないが、例えば、炭化タングステンと結合剤であるコバルトとを混合して焼結した金属が挙げられる。このような超硬合金には、使用目的に応じて材料特性をさらに向上させるため、炭化チタンや炭化タンタルなどが添加されることもある。一方、ドリルの形状は、孔あけ加工の条件や被加工材の種類や形状などにより、適宜選択できる。ドリルの形状としては、特に限定されないが、例えば、ドリルの先端角、溝のねじれ角、切れ刃の数などが挙げられる。ドリルの表面被膜は、孔あけ加工の条件や被加工材の種類や形状などにより、適宜選択することができる。好ましい表面被膜の種類としては、特に限定されないが、例えば、ダイヤモンドコート、ダイヤモンドライクコート、セラミックコートなどが挙げられる。

【0091】

本実施の第三の形態の切削加工方法において、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却しながら繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工する場合について、以下に詳しく説明する。本実施の第三の形態において、ガスを用いて切削加工箇所及び/又は切削工具を冷却する方法は、ガスを切削加工箇所及び/又は切削工具にガスを供給する方法であれば、特に限定されるものではない。例えば、圧縮したガスを切削加工箇所及び/又は切削工具に供給する方法、切削加工箇所/又は切削工具付近のガスを吸引することによって、周囲からガスを切削加工箇所及び/又は切削工具に供給する方法が、本実施の第

10

20

30

40

50

三の形態の切削加工方法において使用できる。そのなかで、圧縮したガスを切削加工箇所及び／又は切削工具に供給する方法が、簡便で好適である。

【0092】

また、切削加工箇所及び／又は切削工具にガスを供給するための装置も特に限定されるものではない。例えば、圧縮したガスを切削加工箇所及び／又は切削工具に供給する装置としては、圧縮比1.1未満まで昇圧する送風機であるファン、圧縮比1.1以上2.0未満まで昇圧する送風機であるブロア、圧縮比2.0以上まで昇圧する圧縮機であるコンプレッサーが好ましい装置として挙げられる。その中でも、安定した温度及び量のガスを供給できることから、コンプレッサーが特に好ましい。即ち、本実施の第三の形態において、ガスを用いて切削加工箇所及び／又は切削工具を冷却する好ましい方法は、前記したファン、ブロア、コンプレッサーを用いて、切削加工箇所及び／又は、切削工具にガスを供給する方法である。なかでも、コンプレッサーを用いて、切削加工箇所及び／又は切削工具にガスを供給する方法が特に好ましい方法である。

10

【0093】

切削加工箇所／又は切削工具付近のガスを吸引するための装置も、特に限定されるものではなく、工業的に使われる減圧装置であれば、本実施の第三の形態の切削加工方法に使用できる。

【0094】

上記したように本実施の第三の形態の切削加工方法では、切削加工箇所及び／又は切削工具に対して、所定の温度のガスを、所定のガス量を安定的に供給する方法が好ましいが、その際、切削加工箇所及び／又は切削工具に対して、局所的にガスを供給することが特に好ましい。このような方法として、特に限定されないが、例えば、ガスを供給する装置のガス出口に、ノズルを装着させて行う方法が挙げられる。このとき、ノズル先端の断面積は、 $7\text{mm}^2 \sim 2000\text{mm}^2$ が好ましく、 $20\text{mm}^2 \sim 1000\text{mm}^2$ がより好ましく、 $20\text{mm}^2 \sim 600\text{mm}^2$ が特に好ましい。ノズル先端の断面積が 7mm^2 以上の場合、供給可能なガス量が十分であるため、又は、ガスによって適切な範囲を冷却できるため、本実施の第三の形態の冷却効果を十分に発揮することができる。一方、ノズル先端の断面積が 2000mm^2 以下の場合、ガスによって冷却できる範囲が広くなりすぎず、局所的な冷却が可能となり、本実施の第三の形態の冷却効果を十分に発揮することができる。なお、本実施の形態において、ガスを供給する装置のガス出口とは、装置本体のガス出口だけではなく、切削加工箇所近辺まで延長した、配管やホース類のガス出口も含む。

20

30

【0095】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び／又は切削工具にガスを供給する際の、ガスを供給する装置のガス出口と切削加工箇所及び／又は切削工具との距離は、特に限定されないが、 $100\text{mm} \sim 500\text{mm}$ が好ましく、 $150\text{mm} \sim 500\text{mm}$ がさらに好ましく、 $200\text{mm} \sim 400\text{mm}$ が特に好ましい。ガスを供給する装置のガス出口と切削加工箇所及び／又は切削工具との距離が 100mm 以上であると、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリル孔あけ加工中の切削屑がガスを供給する装置のガス出口と接触してしまう危険を低減することができる。一方、ガスを供給する装置のガス出口と切削加工箇所及び／又は切削工具との距離が 500mm 以下であると、局所的な冷却ができ、本実施の第三の形態の冷却効果を十分に発揮できる。

40

【0096】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び／又は切削工具に供給するガスの種類は、特に限定されず、例えば、空気、窒素、不活性ガスなどを使用することができる。この中で、空気が、実用的であるので好ましい。

【0097】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び／又は切削工具に供給するガスの温度は、特に限定されないが、 30 以下が好ましく、 $-50 \sim 30$ がより好ましく、 $-15 \sim 25$ がさらに好ましい。該ガスの温度が 30 以下の場合、切削加工時の切削加工箇所及び／又は切削工具の温度上昇を低減する効果が発現し、本実施の第三の形態の効果を

50

十分に発揮することができる。一方、該ガスの温度が - 5 0 以上であると、極端な冷却により被切削加工材や切削工具の表面に結露が生じてしまうことを抑制でき、被切削加工材が錆びることを抑制できる。

【 0 0 9 8 】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスの量は、特に限定されないが、5 ~ 3 0 0 L / m i n が好ましく、5 0 ~ 2 5 0 L / m i n がより好ましく、8 0 ~ 2 0 0 L / m i n がさらに好ましい。該ガスの量が 5 L / m i n 以上の場合、切削加工時の切削加工箇所及び / 又は切削工具の温度上昇を低減する効果が発現し、本実施の第三の形態の効果を十分に発揮することができる。一方、該ガスの量が 3 0 0 L / m i n 以下であると、ガスの供給に対する応力が発生し難いため、例えば、ドリル孔あけ加工の場合、ドリルの求芯性が低下することを抑制でき、正確なドリル孔あけ加工が容易になる。

10

【 0 0 9 9 】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる水分の量は特に限定されないが、2 0 g / m³以下が好ましく、1 5 g / m³以下がさらに好ましく、1 0 g / m³以下が特に好ましい。該ガスに含まれる水分の量の下限は特に限定されないが、例えば、0 . 5 g / m³である。供給するガスに含まれる水分の量が 2 0 g / m³以下であると、切削加工後に被切削加工材の加工孔周辺での水分の残存量を低減できるため、被切削加工材のサビや劣化を抑制でき、加工孔の品質を向上させることができる。

20

【 0 1 0 0 】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる水分の量を測定する方法は、一般的な測定方法であれば特に限定されない。具体的には、乾湿度計を用いてガスの相対湿度と温度を求め、露点計を用いてガス中の露点温度（水分量）を測定する方法などが挙げられる。

【 0 1 0 1 】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる油分の量は特に限定されないが、1 0 m g / m³以下が好ましく、8 m g / m³以下がさらに好ましく、5 m g / m³以下が特に好ましい。供給するガスに含まれる油分の量が 1 0 m g / m³以下であると、切削加工後に被切削加工材の加工孔周辺での油分の残存量を低減できるため、洗浄工程が不要となる。また、洗浄しない場合でも、被切削加工材が油分によって浸食されることを抑制でき、加工孔の品質を維持することができる。

30

【 0 1 0 2 】

本実施の第三の形態において、切削加工箇所及び / 又は切削工具に供給するガスに含まれる油分の量を測定する方法は、一般的な測定方法であれば特に限定されない。具体的には、パーティクルカウンター（微粒子計数器）を用いて、ガス中の油分の微粒子数を測定する方法や、ガス品質測定用の検知管（油分量）（6 0 2 S P、光明理化学工業製）を用いて測定する方法などが挙げられる。

【 0 1 0 3 】

本実施の第三の形態において、切削加工する材料の切削加工箇所及び / 又は切削工具に対してガスを供給する方向は、特に限定されるものではない。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの進入面の側から切削加工箇所及び / 又は切削工具に対してガスを供給してもよく、あるいは、ドリルの出口面の側から切削加工箇所及び / 又は切削工具に対してガスを供給してもよい。また、切削加工箇所が被切削加工材の端部であれば、被切削加工材の横方向からガスを供給してもよい。その中で、切削加工箇所及び / 又は切削工具を直接冷却することができるドリル進入面の側からガスを供給することが、切削加工箇所周辺を効果的に冷却できるので、より好ましい。

40

【 0 1 0 4 】

上記したように、本実施の第三の形態の切削加工方法は、ガスを用いて切削加工箇所及び / 又は切削工具を冷却しながら切削加工を行うことが好ましい。その際、上記エントリー

50

シートを併用して切削加工を行うことが好ましい。これは、ガス冷却による切削加工箇所周辺のバリが低減できる効果だけではなく、エントリーシートを用いることによって、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの負荷を低減させ、ドリルの摩耗を抑制する効果も得られるからである。以下に、本実施の第三の形態の切削加工方法において、好適に使用できるエントリーシートについて具体的に説明する。

【0105】

本実施の第三の形態の切削加工方法において使用できるエントリーシートは、上述したエントリーシートである。例えば、金属箔を含むエントリーシート、樹脂シートを含むエントリーシート、金属箔及び樹脂シートを含むエントリーシートが好ましいエントリーシートとして挙げられる。その理由は、金属箔は工具先端の食い付き性を向上させる作用があること、樹脂シートは、構成成分である樹脂組成物が、潤滑性を向上させる作用があることによる。上記した中で、金属箔と樹脂シートとを積層した層状構造を含むエントリーシートが、工具先端の食い付き性の向上、潤滑性の向上といった点から、より好ましい。

10

【0106】

切削加工の際、エントリーシートは切削加工する材料における切削工具の進入面と出口面とに配置することができるが、進入面に配置することがより好ましい。その際、樹脂シートを含むエントリーシートを使用する場合は、切削加工する最表面に、該エントリーシートの樹脂シート面が切削工具進入面になるように配置し、エントリーシートの樹脂シート面から、切削加工を行うのが好ましい。また、金属箔を含むエントリーシートを使用する場合は、切削加工する最表面に、該エントリーシートの金属箔面が切削工具進入面になるように配置し、エントリーシートの金属箔面から、切削加工を行うのが好ましい。さらに、金属と繊維強化複合材とを共孔あけ加工する際は、金属と繊維強化複合材とを重ねた状態での最表面に、該エントリーシートの樹脂シート面が切削工具進入面になるように配置し、エントリーシートの樹脂シート面から、切削加工を行うのが好ましい。一方、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えたエントリーシートを使用する場合は、切削加工する表面に、該エントリーシートの金属箔の面が接するように配置し、エントリーシートの最表面から切削加工を行うのが好ましい。また、金属と繊維強化複合材とを共孔あけ加工する際は、金属と繊維強化複合材とを重ねた状態での最表面に、該エントリーシートの金属箔の面が接するように配置し、エントリーシートの最表面から切削加工を行うのが好ましい。

20

30

【0107】

本実施の第三の形態のエントリーシートを用いた切削加工方法において、エントリーシートと被切削加工材（例えば、金属）とを密着させる方法は特に限定されず、例えば、エントリーシートと被切削加工材（例えば、金属）とを、クリップや治具で物理的に固定する方法、被切削加工材（例えば、金属）と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着性を有する化合物の層（粘着層）を形成したエントリーシートを用いる方法が挙げられる。なお、本明細書では、被切削加工材（例えば、金属）とエントリーシートとを固定するために用いる粘着性を有する化合物の層を粘着層と定義する。中でも、被切削加工材（例えば、金属）と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着層を形成したエントリーシートを用いるのが、治具などによる固定の必要がないので、好ましい。従って、本実施の第三の形態に用いるエントリーシートは、被切削加工材（例えば、金属）と接する樹脂シート表面又は金属箔表面に粘着層を形成したエントリーシートが好ましい。粘着層の成分は特に限定されず、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂を用いることができる。また、これらを併用してもよい。好ましい熱可塑性樹脂としてはウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体が挙げられる。好ましい熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂が挙げられる。中でも、被切削加工材（例えば、金属）への糊残りがなく、常温にて容易に粘着できる特性があることから、アクリル系粘着剤がより好ましい。さらに、アクリル系粘着剤の中でも、溶剤型アクリル粘着剤及びアクリルエマルジョン型

40

50

粘着剤（水系）が特に好ましい。ここで、本明細書におけるアクリル系粘着剤は、特に断りのない限り、ポリ（メタ）アクリル酸エステルとタッキファイヤーを主成分とする組成物のことを指す。さらに、必要に応じて、粘着層の成分に酸化防止剤等の劣化防止剤、炭酸カルシウム、タルク、シリカ等の無機フィラーを添加することもできる。

【0108】

粘着層をエントリーシート表面に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、ロール法やカーテンコート法、スプレー噴出法などで形成する方法、ロールやT-ダイ押出機等を使用して形成する方法などが挙げられる。該粘着層の厚みは、特に限定されるものではなく、被切削加工材（例えば、金属）の曲率や樹脂シート及びエントリーシートの構成により最適な厚みを、適宜、選択できる。

10

【0109】

以下に、本実施の第三の形態の切削加工方法において好適なエントリーシート及びその製造方法について述べる。

【0110】

<金属箔を含むエントリーシート>

本実施の第三の形態において、金属箔を含むエントリーシートに使用できる金属箔の厚さは特に限定されないが、0.05～0.5mmが好ましく、0.05～0.3mmがより好ましい。金属箔の厚さが0.05mm以上の場合、エントリーシート製造時や孔あけ加工時のハンドリング性が向上する。一方、金属箔の厚さが0.5mm以下であると、切削加工時に発生する切削屑の排出が容易になる。

20

【0111】

本実施の第三の形態において、金属箔を含むエントリーシートに使用できる金属箔の種類は、特に限定されないが、アルミニウム箔が好ましい。これは、金属箔としてアルミニウム箔を用いた場合、アルミニウム箔は被切削材と比較して、適度な柔らかさを有するため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、回転してドリルが侵入してくる際に、ドリルの芯ブレを抑制する効果があり、その結果、設定座標に対して正確な孔をあけることができるからである。また、回転したドリルの芯ブレを抑制することにより、ドリルの移動距離や被切削材との接触面積が小さくなることで、ドリルの摩耗を低減する効果もある。

【0112】

金属箔としてアルミニウム箔を用いる場合のアルミニウム純度は特に限定されないが、純度95%以上であることが好ましい。これは、金属箔に高純度のアルミニウム箔を使うことで、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、アルミニウム箔に含まれる不純物によるドリルの欠けや局所的な摩耗などを低減させ、ドリルへの切削負荷を低減できるからである。このようなアルミニウム箔としては、特に限定されないが、例えば、JIS-H4160に規定される、5052、3004、3003、1N30、1N99、1050、1070、1085、1100、8021などが挙げられる。

30

【0113】

本実施の第三の形態において、金属箔を含むエントリーシートの製造方法は、特に限定されず、金属箔の一般的な製造方法が使用できる。

【0114】

<樹脂シートを含むエントリーシート>

本実施の第三の形態において好適に使用できる、樹脂シートを含むエントリーシートの製造方法は、特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体に塗布、冷却、固化させて樹脂組成物層を形成し、その後、支持体を除去又は剥離して、樹脂シートを含むエントリーシートを製造する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体に塗布、乾燥、冷却、固化させて、樹脂組成物層を形成し、その後、支持体を除去又は剥離して、樹脂シートを含むエントリーシートを製造する方法も挙げられる。その際、支持体は、特に限定されるものではなく、金属箔やフィルム、金属ロールなどを適宜用いることができる。液状の樹脂組成物層を支持体上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれ

40

50

ば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、バーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで、支持体上に樹脂組成物層を形成する方法や、樹脂組成物をロールやニードラー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、ロール法やカーテンコート法などで、支持体上に樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。また、前記した支持体上に樹脂組成物層を形成する方法以外に、樹脂組成物をロールやニードラー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、樹脂組成物をロールやT-ダイ押出機等を使用し、支持体を用いなくて、所望の厚みの樹脂組成物層に形成して樹脂シートとする方法なども使用できる。

【0115】

上述したとおり、エントリーシートに含まれる樹脂シートに用いられる樹脂組成物の成分としては、水溶性樹脂や非水溶性樹脂が用いられるが、本実施の第三の形態の切削加工方法に使用できるエントリーシートにおいても、水溶性樹脂や非水溶性樹脂を、樹脂組成物の成分として使用することができる。これらの樹脂は、潤滑性向上成分として切削加工時の潤滑性を向上させる役割や、樹脂シート形成成分として加工性を向上させる役割がある。中でも、水溶性樹脂は、樹脂が有する潤滑性によって、切削加工時の切削屑の排出性を向上させる効果がある。また、水溶性樹脂を樹脂組成物の成分とした樹脂シートは、その表面硬度が適度な柔らかさであるため、工具の加工負荷を低減させる効果もある。さらに、加工後に加工孔に付着した樹脂成分を容易に除去することも可能である。一方、非水溶性樹脂を樹脂組成物の成分として用いた樹脂シートは、水溶性樹脂を用いた樹脂シートよりも、樹脂シートの表面硬度が硬いため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの食い付き性が良く、設計通りの位置に孔をあけられる特徴がある。また、樹脂シートの剛性が高いため、ハンドリング性にも優れる。

【0116】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、樹脂シートの樹脂組成物の成分として好ましい水溶性樹脂のひとつのカテゴリーは、25℃、1気圧において、水100gに対し、1g以上溶解する高分子化合物である。このような水溶性樹脂としては、特に限定されないが、例えば、ポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリプロピレンオキサイド、水溶性ウレタン、ポリエーテル系水溶性樹脂、水溶性ポリエステル、ポリアクリル酸ソーダ、ポリアクリルアミド、ポリビニルピロリドン、ポリビニルアルコール、ポリアルキレングリコール類、ポリアルキレングリコールのエステル類、ポリアルキレングリコールのエーテル類、ポリグリセリンモノステアレート類、ポリオキシエチレンプロピレン共重合体及びそれらの誘導体が挙げられ、これらのうちの少なくとも1種を選択して用いることができる。なかでもポリエチレンオキサイド、ポリエチレングリコール、ポリエーテル系水溶性樹脂が、樹脂組成物の成分としてより好ましい。

【0117】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、樹脂シートの樹脂組成物の成分として好ましい水溶性樹脂のもうひとつのカテゴリーは、セルロース誘導体である。なお、本実施の第三の形態において、「セルロース」とは、多数のβ-D-グルコースがグリコシド結合によって結合した高分子化合物であって、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基が無置換であるものを意味する。また、「セルロースに含まれる水酸基」とは、セルロースのグルコース環における2位、3位、6位の炭素原子に結合している水酸基を指す。前記したセルロース誘導体としては、特に限定されないが、例えば、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロースが挙げられる。一般的に、ヒドロキシエチルセルロースは、セルロース{H-(C₆H₁₀O₅)_n-OH}に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、[-(C₆H₂-CH₂-O)_m-H]により置換された化合物(但しn、mは1以上の整数)であり、その水に対する溶解度は、25℃、1気圧において少なくとも0.05g/Lである。このようなヒドロキシエチルセルロースは、例えば、セルロースにエチレンオキサイドを付加させて合成される。

10

20

30

40

50

【0118】

一方、カルボキシメチルセルロースは、セルロース $\{H-(C_6H_{10}O_5)_n-OH\}$ に含まれる水酸基の水素原子の少なくとも一部が、カルボキシメチル基 $[-CH_2-COOH]$ により置換された化合物（但し n は1以上の整数）であり、その水に対する溶解度は、25、1気圧において少なくとも0.05g/Lである。また、前記カルボキシメチル基中のカルボキシ基の一部がナトリウム塩であってもよい。カルボキシメチルセルロースは、例えばセルロースに、クロロ酢酸を付加させて得ることができる。

【0119】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、樹脂シートの樹脂組成物の成分として用いることができる非水溶性樹脂は、特に限定されるものではない。本実施の第三の形態において、非水溶性樹脂は、樹脂シート形成成分、潤滑性向上成分などとして用いられる。樹脂シート形成成分として用いられる好ましい非水溶性樹脂としては、特に限定されないが、例えばウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体やフェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル系樹脂を挙げることができる。また、これらのうち少なくとも1種を選択して樹脂成分として使用できる。一方、潤滑性向上成分として用いられる好ましい非水溶性樹脂としては、変性ポリアミド、エチレンビスステアロアミド、オレイン酸アミド、ステアリン酸アミド、メチレンビスステアルアミドなどで例示されるアミド系化合物；ラウリン酸、ステアリン酸、

10

20

【0120】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおける樹脂シートの厚みは、加工対象となる金属の種類や厚み、切削加工に用いる切削工具の種類や切削方法、孔あけ加工する際に使用するドリル径などを考慮して、適宜選択される。樹脂シートの厚みは、好ましくは0.1~20mmの範囲であり、より好ましくは0.2~10mmの範囲であり、さらに好ましくは0.5~5mmの範囲である。樹脂シートの厚みが、0.1mm以上であると、十分な切削応力低減が得られ、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの負荷が小さくなり、ドリル折損が生じ難い。一方、樹脂シートの厚みが20mm以下であると、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルへの樹脂組成物の巻き付きが低減し、樹脂シートに亀裂などが生じ難い。特に、目的とする切削加工において、樹脂シートの厚みが上記範囲内であると、樹脂組成物が切削粉のバインダーの役割をすることを抑制でき、切削粉が切削加工箇所にとどまることが回避されるため、切削加工箇所周辺の温度の上昇を抑制でき、切削加工対象（例えば、金属）の溶着を抑制できる。即ち、切削加工対象や切削方法に応じて、樹脂シートの構成や樹脂組成物の成分、樹脂シートの厚みを適正化することで、潤滑性と、加工溝を通じた切削粉の排出を最適化できる。以上のように、本実施の第三の形態においては、樹脂シートの総厚みを適宜制御することが好ましく、薄い樹脂シートを複数枚重ねて使用することもできる。

30

40

【0121】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートの樹脂シートは、単層の樹脂組成物層からなる構造であっても、複数層の樹脂組成物層からなる構造であってもよいが、特性及び作業性向上の理由から、2種類以上の樹脂組成物層を積層させた層状構造

50

を含むことが好ましい。本実施の第三の形態に用いるエントリーシートにおける樹脂組成物層の組み合わせは、特に限定されないが、加工時の潤滑性を向上させる役割がある水溶性樹脂や潤滑性向上成分としての非水溶性樹脂からなる樹脂組成層、位置精度を向上させる役割や剛性を向上させる役割がある樹脂シート成分としての非水溶性樹脂からなる樹脂組成物層を、適宜組み合わせることが、高い加工精度、長い加工寿命、良好なハンドリング性の点で、好ましい。

【0122】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、複数の樹脂組成物層を積層させた層状構造を含む樹脂シートを製造する方法は、特に限定されないが、例えば、予め作製した単層又は複数層の樹脂組成物層からなる樹脂シートの少なくとも片面にさらに樹脂組成物層を直接形成する方法が挙げられる。樹脂シートの片面に樹脂組成物層を形成する方法は特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体としての樹脂シート上に、液状にした樹脂組成物を塗布、冷却、固化させて樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体としての樹脂シート上に、液状にした樹脂組成物を塗布、乾燥、冷却、固化させて、樹脂組成物層を形成する方法も挙げられる。液状の樹脂組成物層を支持体としての樹脂シート上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、バーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで樹脂組成物層を形成する方法や、樹脂組成物をロールやニードル、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶融して混合し、ロール法やカーテンコート法などで樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。

【0123】

複数の樹脂組成物層を積層させた層状構造を含む樹脂シートを製造する別の方法として、単層又は複数層の樹脂組成物層からなる樹脂シートを、複数枚重ねて、樹脂を用いて貼り合わせる方法や熱によるラミネート法で貼り合わせる方法なども挙げられる。樹脂を用いて貼り合わせる方法や熱によるラミネート法は、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。

【0124】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、樹脂シートの樹脂組成物に対して、必要に応じて添加剤を配合することができる。添加剤の種類は、特に限定されないが、例えば、表面調整剤、レベリング剤、帯電防止剤、乳化剤、消泡剤、ワックス添加剤、カップリング剤、レオロジーコントロール剤、防腐剤、防黴剤、酸化防止剤、光安定剤、核剤、有機フィラー、無機フィラー、固体潤滑剤、可塑剤、柔軟剤、熱安定化剤、着色剤を使用できる。

【0125】

この中で、固体潤滑剤は、エントリーシートの潤滑性を向上させ、切削工具の加工寿命を延ばす効果があるので、本実施の第三の形態に用いるエントリーシートにおいて、樹脂シートを形成する樹脂組成物は固体潤滑剤を含む樹脂組成物であるのが好ましい。固体潤滑剤の種類は、潤滑性を有する固体であれば、特に限定されるものではない。例えば、黒鉛、二硫化モリブデン、二硫化タングステン、モリブデン化合物、ポリテトラフルオロエチレン、ポリイミドなどが好ましい。その中で、黒鉛が適度な硬度を有するので好ましく、天然黒鉛、人造黒鉛、活性炭、アセチレンブラック、カーボンブラック、コロイド黒鉛、熱分解黒鉛、膨張化黒鉛、鱗辺状黒鉛を好適に用いることができる。なかでも、鱗片状黒鉛は、その形状や粒径により効果的に摩耗低減の向上を図ることができるので特に好ましい。これらの黒鉛は1種を単独で用いても、2種以上を混合して用いてもよい。

【0126】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートにおいて、固体潤滑剤を樹脂組成物と組み合わせ使用する効果は、次のように説明できる。例えば、ドリル孔あけ加工において、樹脂組成物及び固体潤滑剤は、ドリルの表面や溝、及び被切削加工材の

10

20

30

40

50

加工孔の側面に付着することで潤滑性を示す。その際、固体潤滑剤は、樹脂組成物に比べて、温度変化に伴う、体積及び硬度の変化が小さいため、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルや加工箇所の温度が上昇しても、一定の体積及び硬度を保つことができる。即ち、固体潤滑剤は、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルと被加工材との間に常在して潤滑性を高め、ベアリングのような効果を示すことができるので、ドリルの磨耗を抑制する効果がある。

【0127】

エントリーシートに用いることができる固体潤滑剤の中で黒鉛が好ましい理由について述べる。前記した固体潤滑剤の硬度が小さいと、ベアリング効果に乏しく、潤滑性が低下してしまうことがある。一方、固体潤滑剤の硬度が大きいと、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリル先端の磨耗促進やドリル先端の欠けなどの問題が生じる可能性がある。このため、固体潤滑剤としては、適度な硬度を有する黒鉛が好ましい。

10

【0128】

固体潤滑剤の使用量は、樹脂組成物100重量部に対して、合計で5重量部～200重量部用いるのが好ましく、10重量部～100重量部用いるのがより好ましく、20重量部～100重量部用いるのが特に好ましい。固体潤滑剤の使用量が5重量部以上の場合、樹脂組成物に対する固体潤滑剤量が十分ため、固体潤滑剤による潤滑効果が十分に発現する。一方、固体潤滑剤の使用量が200重量部以下の場合、経済的合理性があり、製造上有利となる。

【0129】

本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートを使用する際、被切削加工材（例えば、金属）は平面とは限らず、曲面の場合もある。そのため、本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートには曲面追従性（柔軟性）が求められる場合もある。本実施の第三の形態に用いる樹脂シートを含むエントリーシートは、曲面追従性を付与する目的で、樹脂シートの樹脂組成物中に必要に応じて可塑剤や柔軟剤を配合することが好ましい。可塑剤や柔軟剤としては、フタル酸エステル、アジピン酸エステル、トリメット酸エステル、ポリエステル、リン酸エステル、クエン酸エステル、エポキシ化植物油、セバシン酸エステルなどが好ましい。これらの可塑剤、柔軟剤を配合することにより、被切削加工材（例えば、金属）曲面にエントリーシートを配置した際、樹脂シートへの応力や歪みが軽減され、樹脂シートの割れを抑制することができる。

20

30

【0130】

<金属箔及び樹脂シートを含むエントリーシート>

本実施の第三の形態の切削加工方法においては、上述した金属箔又は樹脂シートを含むエントリーシートが好適に使用できるが、以下に記す、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートがより好ましい。これは、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを用いると、金属箔の剛性によって、例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの求芯性が向上し、設計通りの位置に孔をあけることができるからである。また、切削加工対象（例えば、金属）と樹脂シートとの間に金属箔を配置することで、熱溶融した樹脂シートの樹脂組成物が加工孔の上部及び内部に固着することを防ぐ効果もある。中でも、樹脂シートの両面に金属箔を備えた3層構造を含むエントリーシートが、樹脂シートの潤滑性を十分に発揮することができるので、特に好ましい。例えば、ドリル孔あけ加工を行う場合、ドリルの進入面の最表層に金属箔が配置されていると、切削加工対象（例えば、金属）を切削加工する際、切削加工対象（例えば、金属）の切り屑がドリルに巻き付き、回転する切り屑により、樹脂シートが挟られることを抑制できる。その結果、潤滑性を十分に発揮でき、ドリルの磨耗低減効果が向上する。

40

【0131】

上記した、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを構成する金属箔と樹脂シートとは、上記した金属箔を含むエントリーシートの項、ならびに、樹脂シートを含むエントリーシートの項で説明した金属箔、樹脂シートを使用できる。また樹脂シートに添加できる成分も同じものが使用できる。

50

【0132】

本実施の第三の形態において、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを作製する方法は、特に限定されないが、例えば、金属箔の少なくとも片面に単層又は複数層の樹脂組成物層を直接形成する方法や、予め作製した樹脂シートと金属箔とを熱によるラミネート法などで貼り合わせる方法が挙げられる。金属箔の少なくとも片面に単層又は複数層の樹脂組成物層を直接形成する方法は、特に限定されるものではなく、例えば、樹脂組成物を適宜融解させて液状にしたのち、支持体としての金属箔上に、液状にした樹脂組成物を1回又は複数回、塗布、冷却、固化させて単層又は複数層の樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。また、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散させて液状にしたのち、支持体としての金属箔上に、液状にした樹脂組成物を1回又は複数回、塗布、乾燥、冷却、固化させて、単層又は複数層の樹脂組成物層を形成する方法も挙げられる。液状の樹脂組成物層を支持体としての金属箔上に形成する方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、樹脂組成物を溶媒に溶解もしくは分散し、パーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで樹脂組成物層を形成する方法や、樹脂組成物をロールやニーダー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶解して混合し、ロール法やカーテンコート法などで樹脂組成物層を形成する方法が挙げられる。一方、樹脂シートと金属箔とを熱によるラミネート法で貼り合わせる方法としては、工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。

10

【0133】

本実施の第三の形態において、樹脂シートの少なくとも片面に金属箔を備えるエントリーシートを作製する際、金属箔と樹脂シートとの間に接着層を形成してもよい。本実施の第三の形態に用いるエントリーシートは、金属箔と樹脂シートとの間に接着層を形成するのが、金属箔と樹脂シートとの密着性を良くすることができるので好ましい。なお、本明細書では、金属箔と樹脂シートとの密着性を良くするために用いる化合物の層を接着層と定義する。接着層に使用できる樹脂は特に限定されず、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂を用いることができる。また、これらを併用してもよい。好ましい熱可塑性樹脂としてはウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、塩化ビニル系樹脂、ポリエステル系樹脂及びそれらの共重合体が挙げられる。また、好ましい熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、尿素樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン、熱硬化性ポリイミド、シアネート樹脂が挙げられる。なかでも、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル系樹脂がより好ましい。接着層の厚みとしては、0.001~0.5mmが好ましい。これは、金属箔と樹脂シートの密着性を良くするのに、この範囲で十分な接着効果が得られるからである。また、接着層を形成する方法も工業的に使用される公知の方法であれば、特に限定されない。例えば、上記した樹脂を溶媒に溶解もしくは分散し、パーコーターやグラビアロール、ダイなどを用いて塗布するコーティング法などで接着層を形成する方法や、上記した樹脂をロールやニーダー、又は他の混練手段を使用して、適宜加熱溶解して混合し、ロール法やカーテンコート法などで接着層を形成する方法が挙げられる。また、本実施の第三の形態に用いる金属箔として、金属箔に接着層がコーティングされた市販品を用いても差し支えない。

20

30

【0134】

本実施の形態の貫通孔は、上述の切削加工方法によって形成された貫通孔である。上述の切削加工方法で、例えば、ドリル孔あけ加工することにより、形成された貫通孔の出口部のバリの高さの最大値は0.3mmもしくは0.2mm以下、平均値は0.1mm以下もしくは0.08mm以下、標準偏差は0.1mm以下もしくは0.05mm以下とすることができる。さらに、このバリの高さは、ドリルの切れ刃が完全になくならない限り、ドリル一本あたりの累積加工孔数が増加しても極端な増加は見られない特徴がある。

40

【0135】

エントリーシートを構成する樹脂シート層、金属箔、接着層、粘着層などの各層の厚みは、次のようにして測定できる。まず、クロスセクションポリッシャー（日本電子データム株式会社製 CROSS-SECTION POLISHER SM-09010）、又は

50

ウルトラミクロトーム（Leica社製 EM UC7）を用いて、エントリーシートを、エントリーシートに対して垂直方向から切断する。次に、SEM（走査型電子顕微鏡、Scanning Electron Microscope、KEYENCE社製 VE-7800）を用いて、切断面に対して垂直方向から切断面を観察し、エントリーシートを構成する各層の厚みを測定する。その際、1視野に対して、5箇所の厚みを測定し、その平均値を各層の厚みとする。

【0136】

本実施の形態の繊維強化複合材の製造方法は、上述の切削加工方法によって繊維強化複合材を切削加工する工程を含む。また、本実施の形態の金属の製造方法は、上述の切削加工方法によって金属を切削加工する工程を含む。

10

【実施例】

【0137】

以下に実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明する。なお、下記の実施例は、本発明の実施形態の一例を示したに過ぎず、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0138】

表1-1に、実施例1-1～1-9のエントリーシートの製造に用いた樹脂成分等、実施例1-1～1-9及び比較例1-1～1-5で孔あけ加工した材料、評価に用いた装置等の仕様を示す。

【0139】

【表 1 - 1】

分類	記号	名称	商品名/ 型番	製造元	備考
樹脂成分	-	ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物	パオゲン PP-15	第一工業製薬株式会社	Mw=100,000
	-	ポリオキシエチレンオキサライド	アルトップ MGI50	明成化学工業株式会社	Mw=150,000
	-	ポリエチレングリコール	PEG4000S	三洋化成工業株式会社	Mw=4,000
	-	ポリオキシエチレンモノステアレート	ノニオン S-40	日油株式会社	Mw=3,500
固体潤滑剤	-	黒鉛	X-100	伊藤黒鉛工業株式会社	鱗片状、平均粒径=60 μm
金属箔	-	アルミニウム箔	IN30-H18	三菱アルミニウム株式会社	厚み:0.15mm
被切削加工材料	C01	炭素繊維強化プラスチック	-	-	厚み:12.5mm、 [-45° / 0° / 45° / 90°] の4方向疑似等方積層
	C02	炭素繊維強化プラスチック	-	-	厚み:4.0mm、CFRP 平織表裏艶なし。汎用材
超硬合金ドリル	D01	超硬合金ドリル	-	オーエスジー(株)	径:6.0mm φ、先端角度:120°、ねじれ角度:40° 超硬合金(K10)、ダイヤコートなし
	D02		SDS-060	ダイジェット工業株式会社	径:6.0mm φ、先端角度:120°、ねじれ角度:40° ソリッドドリル、ダイヤコートなし
孔あけ加工機器	-	フライス盤	2MF-V	日立精工株式会社	
	-	6分力動力計	LAT-1000A	共和電業(株)	
評価機器	-	FE-SEM	JSM-7000FK	日本電子(株)	
	-	内径マイクロメーター	TT-60	TESA 株式会社	

【0140】

< エントリーシートの作製例 >

(シート1-Aの作製)

ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物(パオゲンPP-15、第一工業製薬株式会社製)30重量部、ポリオキシエチレンモノステアレート(ノニオンS-40、日本油脂株式会社製)70重量部を、双方ニーダーを使用し、温度150の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み0.2mmの樹脂シートであるシート1-Aを作成した。

(シート1-Bの作製)

ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物(パオゲンPP-15、第一

10

20

30

40

50

工業製薬株式会社製) 20重量部、ポリエチレンオキサイド(アルトトップMG150、明成化学工業株式会社製) 20重量部、ポリオキシエチレンモノステアレート(ノニオンS-40、日本油脂株式会社製) 60重量部、黒鉛(X-100、伊藤黒鉛工業株式会社) 50重量部を、双方ニーダーを用いて、温度150の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み0.2mmの樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み0.15mmのアルミニウム箔(1N30-H18、三菱アルミニウム株式会社製)の片面に、接着層として厚み0.01mmのポリエステル系樹脂層(パイロナルMD-1200、東洋紡績株式会社製)を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを5枚重ね、ラミネート装置(OHL 2400、株式会社オー・エヌ・シー製)を用いて、150の温度

10

(シート1-Cの作製)

ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物(パオゲンPP-15、第一工業製薬株式会社製) 20重量部、ポリエチレンオキサイド(アルトトップMG150、明成化学工業株式会社製) 20重量部、ポリオキシエチレンモノステアレート(ノニオンS-40、日本油脂株式会社製) 60重量部を、双方ニーダーを用いて、温度150の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み0.2mmの樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み0.15mmのアルミニウム箔(1N30-H18、三菱アルミニウム株式会社製)の片面に、接着層として厚み0.01mmのポリエステル系樹脂層(パイロナルMD-1200、東洋紡績株式会社製)

20

(シート1-Dの作製)

ポリエチレングリコール・ジメチルテレフタレート重縮合物(パオゲンPP-15、第一工業製薬株式会社製) 20重量部、ポリエチレンオキサイド(アルトトップMG150、明成化学工業株式会社製) 20重量部、ポリオキシエチレンモノステアレート(ノニオンS-40、日本油脂株式会社製) 60重量部、黒鉛(X-100、伊藤黒鉛工業株式会社) 50重量部を、双方ニーダーを用いて、温度150の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み0.2mmの樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み0.15mmのアルミニウム箔(1N30-H18、三菱アルミニウム株式会社製)の片面に、接着層として厚み0.01mmのポリエステル系樹脂層(パイロナルMD-1200、東洋紡績株式会社製)を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを5枚重ね、さらに最上部に同様のアルミニウム箔を積層した。このとき、樹脂シートとアルミニウム箔表面の接着層とが接するように配置し、ラミネート装置(OHL 2400、株式会社オー・エヌ・シー製)を用いて、150の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、シート1-Dを作製した。

30

40

(シート1-Eについて)

厚み0.15mmのアルミニウム箔(1N30-H18、三菱アルミニウム株式会社製)をシート1-Eとした。

【0141】

<実施例1-1~1-9>

上記のようにして作製した各シートを、被切削加工材料の切削工具(超硬合金ドリル)進入面に治具にて固定した。実施例1-2~1-9については、被切削加工材料の切削加工面にエンタリーシートのアルミニウム箔が接するように配置した。超硬合金ドリルによる切削加工条件は、回転数が5,000rpm、送り速度が500mm/minで、その他は表1-2に示す条件で孔あけ加工を行った。実施例1-1については、スラスト力、切

50

削トルク、ドリルの摩耗量、孔の内径、孔の内径推移について評価した。当該評価結果を表1-3に示した。実施例1-2~1-9については、孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量について評価した。当該評価結果を表1-4に示した。

【0142】

<比較例1-1~1-6>

被切削加工材料の切削加工面にシートを配置しなかった以外は、実施例1-1~1-6と同様にして孔あけ加工をおこなった。孔あけ条件は、表1-2に記載した。実施例1-1と同様にして、比較例1-1については、スラスト力、切削トルク、ドリルの摩耗量、孔の内径、孔の内径推移について評価した。当該評価結果を表1-3に示した。比較例1-2~1-6については、孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量について評価した。当該評価結果を表1-4に示した。

10

【0143】

【表1-2】

分類	被切削加工材料			ドリル	シート	評価項目		
	種類	重ね枚数 [枚]	総厚み [mm]				種類	寿命 [孔]
実施例1-1	C01	1	12.5	D01	10	スラスト力、切削トルク、ドリルの摩耗量、孔の内径、孔の内径推移		
実施例1-2	C02	5	20	D02	10	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-3	C02	5	20	D02	50	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-4	C02	5	20	D02	100	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-5	C02	5	20	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-6	C02	7	28	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-7	C02	5	20	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-8	C02	5	20	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
実施例1-9	C02	5	20	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
比較例1-1	C01	1	12.5	D01	10	スラスト力、切削トルク、ドリルの摩耗量、孔の内径、孔の内径推移		
比較例1-2	C02	5	20	D02	10	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
比較例1-3	C02	5	20	D02	50	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
比較例1-4	C02	5	20	D02	100	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
比較例1-5	C02	5	20	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		
比較例1-6	C02	7	28	D02	150	孔の内壁粗さ、ドリルの摩耗量		

20

30

40

【0144】

【表 1 - 3】

分類	切削加工 孔数	スラスト力 (N)	切削トルク (Nm)	ドリルの 摩耗量 (10 ⁻³ mm ³)	孔の内径 (実測値)			1 孔目のドリル入側の孔の内径を 100 とした際 の 孔の内径推移		
					ドリル入側	中心部	ドリル出側	ドリル入側	中心部	ドリル出側
					(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(%)
実施例 1-1	1 孔目	14	0.14	-	5.993	5.992	5.992	100.00	99.98	99.98
	6 孔目	29	0.38	-	5.990	5.993	5.990	99.95	100.00	99.95
	10 孔目	37	0.37	1.1	5.990	5.992	5.991	99.95	99.98	99.97
比較例 1-1	1 孔目	15	0.39	-	6.000	6.000	6.000	100.00	100.00	100.00
	6 孔目	32	0.52	-	5.990	5.996	5.993	99.83	99.93	99.88
	10 孔目	42	0.59	1.5	5.988	5.994	5.997	99.80	99.90	99.95

【 0 1 4 5】

【表 1 - 4】

分類	孔の内壁粗さ Ra			孔の内壁粗さ Rz			ドリルの 摩耗量 (10 ⁻³ mm ³)
	ドリル入側 (μm)	中心部 (μm)	ドリル出側 (μm)	ドリル入側 (μm)	中心部 (μm)	ドリル出側 (μm)	
	実施例 1-2	1.9	2.3	1.8	25.3	24.0	
実施例 1-3	2.7	2.3	2.3	21.3	29.0	30.4	0.14
実施例 1-4	2.9	3.2	3.5	29.2	35.3	38.1	0.49
実施例 1-5	3.2	2.9	3.1	34.1	31.8	36.2	1.07
実施例 1-6	3.5	3.1	3.3	37.7	38.3	45.5	1.46
実施例 1-7	3.2	3.0	3.5	33.7	26.5	35.1	0.97
実施例 1-8	2.6	2.7	3.3	31.9	25.8	33.2	0.59
実施例 1-9	2.8	3.5	4.2	37.3	35.4	51.6	1.18
比較例 1-2	2.8	2.6	3.0	30.7	27.9	35.7	0.04
比較例 1-3	3.0	2.6	2.6	38.0	33.0	37.8	0.14
比較例 1-4	3.9	3.5	4.2	50.3	49.8	71.8	0.51
比較例 1-5	4.8	3.8	4.7	57.1	56.0	81.5	1.64
比較例 1-6	6.8	5.9	5.9	64.2	66.1	75.8	4.23

【 0 1 4 6】

表 1 - 3 の実施例 1 - 1 及び比較例 1 - 1 の結果を、評価項目ごとに図 1 - 1 から図 1 - 4 に示す。切削加工する際に実施例 1 - 1 に挙げた樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、ドリルの垂直方向にかかる切削応力（スラスト力）が最大値において 10 % 前後低減していることが確認された。また、切削加工する際に実施例 1 - 1

10

20

30

40

50

に挙げた樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、ドリルの回転方向にかかる切削応力（切削トルク）が50%前後低減することが確認された。さらに、切削加工する際に実施例1-1に挙げた樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、これら垂直方向、回転方向にかかる切削応力が低減し、ドリルに対する負荷が低減し、ドリル摩耗が30%以上低減されることが確認された。このことは、加工孔の出口側のバリ（毛羽）低減、CFRP層間剥離の低減に寄与することが推測される。

【0147】

また、切削加工する際に実施例1-1に挙げた樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、ドリルの進行方向に対する孔の内径の均一性ならびに、切削加工孔数を増加した際の孔の内径の均一性に優れていることが確認された。これから、樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、ドリル摩耗が低減されることによ

10

【0148】

表1-4の実施例1-2～1-9及び比較例1-2～1-6の結果を、評価項目ごとに図1-5から図1-7に示す。切削加工する際に実施例1-2～1-8に挙げた樹脂シートを被切削加工材料のドリル進入面に配置することで、孔の内壁粗さが小さくなり、かつドリルの摩耗量も小さくなることが確認された。また、実施例1-9に挙げたアルミニウム箔単体を用いた場合でも、同様に内壁粗さが小さくなり、かつドリルの摩耗量も小さくなる

20

【0149】

<評価方法>

1) スラスト力及び切削トルクの測定

スラスト力及び切削トルクは、被切削加工材料（CFRP）の試験片ホルダーの下に設置した共和電業（株）6分力動力計で計測した。CFRP試験片へのドリルの貫通時の6分力計に作用する3軸方向の力及び3軸方向のモーメントを計測し、AD変換器を通して、パーソナルコンピューターにデータを格納し、ドリルの軸に対する軸方向抵抗と軸方向トルクとをそれぞれスラスト力及び切削トルクとして計測した。

30

【0150】

2) ドリルの摩耗量の測定

レーザー顕微鏡（キーエンス（株）製）によりドリル側面の画像を取得し、画像上でドリル刃先の逃げ面における摩耗断面積を計測し、それにドリルの逃げ面摩耗長さを乗じることで、摩耗体積を算出した。

【0151】

3) 孔の内径の測定

CFRPの孔内径は、内径用の電気マイクロメーターを用いて、標準試験片との偏差から1・mの分解能で計測した。孔内径は、ドリル孔あけ加工における、入口部、中央部及び出口部で異なるため、12・5mmの板厚において、入口から3mm、入口から6・3mm、入口から9・5mmの深さの位置において内径を測定し、それらを入口部、中央部及び出口部の内径と定義し、計測した。

40

【0152】

表2-1に、実施例2-1～2-9及び比較例2-1～2-3に用いた樹脂成分、固体潤滑剤、金属箔、被切削加工材料、切削工具等の仕様を示した。

【0153】

【表 2 - 1】

分類	名称	商品名/ 型番	製造元	備考
樹脂成分	ポリエチレンオキサイド	アルトップ R150	明成化学工 業株式会社	Mw=150,000
	ポリエチレングリコール	PEG4000S	日油株式会 社	Mw=4,000
	ポリエチレングリコール・ ポリプロピレングリコール 共重合体	ブラウン P174	青木油脂工 業株式会社	20℃で液状
固体潤滑剤	黒鉛	X-100	伊藤黒鉛工 業株式会社	鱗片状、平均粒径=60 μ m
金属箔	アルミニウム箔	1N30-H18	三菱アルミニ ウム株式会社	厚み:0.15mm
被切削加工 材料	チタン合金板	—	—	厚み:3mmt、航空機用途同等 材(TI6AL4VELI)
	アルミニウム合金板	—	—	厚み:25mmt、航空機用途同等 材(TI6AL4VELI)
	炭素繊維強化 プラスチック	—	—	厚み:4mmt、疑似等方積層 航空機用途同等材(UD材)
超硬合金ドリル	ノンコートドリル	—	—	径:6.0mm ϕ 、先端角度: 120°、ねじれ角度:40° 表面コーティングなし
	ダイヤモンドコートドリル	—	—	径:6.0mm ϕ 、先端角度: 120°、ねじれ角度:40° 表面ダイヤモンドコーティング
孔あけ加工機器	マシニングセンタ	M-V5B	三菱電機株 式会社	—
切削油	万能型水溶性切削油剤	SOLEX SM-70	SOTANI OIL. CO.,LTD	10倍希釈にて使用。

10

20

30

【0154】

<ドリル磨耗量の評価方法>

実施例 2 - 1 ~ 2 - 9 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 3 のドリル磨耗量は、次のようにして評価した。

40

(1) ドリル先端切れ刃残面積

ドリル先端部に付着した切削加工屑などの汚れを取り除いた後、V-LASER顕微鏡(VK 9600、株式会社キーエンス製)を用いて、孔あけ加工後のドリル先端を撮影した。次に、解析ソフト(VK_Analyzer バージョン1.2.0.2、株式会社キーエンス製)を用いて、ドリルの先端方向から観察した際の、ドリル切れ刃の2番面及び3番面における摩耗しなかった部分の面積を算出し、これをドリル先端切れ刃残面積とした。

(2) 新品ドリルに対する切れ刃残量

新品ドリルに対する切れ刃残量は、新品のドリル先端切れ刃の面積を100とした際の、

50

切削加工後のドリル切れ刃の磨耗しなかった部分の面積の残存割合とした。

【 0 1 5 5 】

< エントリーシートの作製例 >

(シート 2 - A の作製)

ポリエチレンオキサイド (アルトップ M G 1 5 0 、明成工業株式会社製) 4 0 重量部、ポリエチレングリコール (P E G 4 0 0 0 S 、三洋化学株式会社製) 5 0 重量部、ポリエチレングリコール・ポリプロピレングリコール共重合体 (ブラウノン P 1 7 4 、青木油脂工業株式会社製) 1 0 重量部を、双方ニーダーを用いて、温度 1 5 0 の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み 0 . 2 m m の樹脂シートを作成した。この樹脂シートを 5 枚重ねて、ラミネート装置 (O H L 2 4 0 0 、株式会社オー・エヌ・シー製) を用いて、1 5 0 の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、エントリーシートであるシート 2 - A を作製した。

10

(シート 2 - B の作製)

ポリエチレンオキサイド (アルトップ M G 1 5 0 、明成工業株式会社製) 4 0 重量部、ポリエチレングリコール (P E G 4 0 0 0 S 、三洋化学株式会社製) 5 0 重量部、ポリエチレングリコール・ポリプロピレングリコール共重合体 (ブラウノン P 1 7 4 、青木油脂工業株式会社製) 1 0 重量部を、双方ニーダーを用いて、温度 1 5 0 の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み 0 . 2 m m の樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み 0 . 1 5 m m のアルミニウム箔 (1 N 3 0 - H 1 8 、三菱アルミニウム株式会社製) の片面に、接着層として厚み 0 . 0 1 m m のポリエステル系樹脂層 (パイロナル M D - 1 2 0 0 、東洋紡績株式会社製) を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを 5 枚重ね、さらに最上部に同様のアルミニウム箔を積層した。このとき、樹脂シートとアルミニウム箔表面の接着層とが接するように配置し、ラミネート装置 (O H L 2 4 0 0 、株式会社オー・エヌ・シー製) を用いて、1 5 0 の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、エントリーシートであるシート 2 - B を作製した。

20

(シート 2 - C の作製)

ポリエチレンオキサイド (アルトップ M G 1 5 0 、明成工業株式会社製) 1 0 重量部、ポリエチレングリコール (P E G 4 0 0 0 S 、三洋化学株式会社製) 4 0 重量部、黒鉛 (X - 1 0 0 、伊藤黒鉛工業株式会社) 5 0 重量部を、双方ニーダーを用いて、温度 1 5 0 の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み 0 . 2 m m の樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み 0 . 1 5 m m のアルミニウム箔 (1 N 3 0 - H 1 8 、三菱アルミニウム株式会社製) の片面に、接着層として厚み 0 . 0 1 m m のポリエステル系樹脂層 (パイロナル M D - 1 2 0 0 、東洋紡績株式会社製) を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを 5 枚重ね、さらに最上部に同様のアルミニウム箔を積層した。このとき、樹脂シートとアルミニウム箔表面の接着層とが接するように配置し、ラミネート装置 (O H L 2 4 0 0 、株式会社オー・エヌ・シー製) を用いて、1 5 0 の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、エントリーシートであるシート 2 - C を作製した。

30

(シート 2 - D の作製)

ポリエチレンオキサイド (アルトップ M G 1 5 0 、明成工業株式会社製) 1 0 重量部、ポリエチレングリコール (P E G 4 0 0 0 S 、三洋化学株式会社製) 4 0 重量部、黒鉛 (X - 1 0 0 、伊藤黒鉛工業株式会社) 5 0 重量部を、双方ニーダーを用いて、温度 1 5 0 の窒素雰囲気中で混練して混練物を得た。得られた混練物を押出機にて成形することにより、厚み 0 . 2 m m の樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み 0 . 1 5 m m のアルミニウム箔 (1 N 3 0 - H 1 8 、三菱アルミニウム株式会社製) の片面に、接着層として厚み 0 . 0 1 m m のポリエステル系樹脂層 (パイロナル M D - 1 2 0 0 、東洋紡績株式会社製) を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを 1 5 枚重ね、さらに最上部に同様のアルミニウム箔を積層した。このとき、樹脂シートとアルミニウム箔表面の接着層とが接するように配置し、ラミネート装置

40

50

(OHL 2400、株式会社オー・エヌ・シー製)を用いて、150 の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、エントリーシートであるシート2-Dを作製した。

【0156】

<実施例2-1~2-9>

上記のようにして作製した各エントリーシートを、被切削加工材料の切削工具(超硬合金ドリル)進入面に治具にて固定して、表2-2に示す条件で孔あけ加工を行った。なお、実施例2-2~2-9については、被切削加工材料の切削加工面にエントリーシートのアルミニウム箔が接するように配置した。孔あけ加工後のドリルの摩耗量について評価した。該評価結果を表2-3に示した。また、実施例2-5~2-7については、コンプレッサーで圧縮した25 の空気を、ノズル先端部の断面積が31.7mm²のノズルを用いて、切削加工箇所から300mm離れた位置から、155L/minで切削加工箇所へ供給しながら切削加工(空冷切削加工)した。なお、実施例2-9では、切削加工対象であるチタン合金板及び炭素繊維強化プラスチック(CFRP)が接するように重ねあわせされており、CFRPがチタン合金板よりも切削工具進入側になるように配置して切削加工を行った。

10

【0157】

<比較例2-1~2-2>

被切削加工材の切削加工面にエントリーシートを配置しなかった以外は、実施例2-3~2-4と同様にして孔あけ加工をおこなった。孔あけ条件は、表2-2に記載した。実施例2-3~2-4と同様にして、ドリルの磨耗量の評価を行った。該評価結果を表2-3

20

【0158】

<比較例2-3>

被切削加工材の切削加工面にエントリーシートを配置しなかったこと、また、切削油を用いて加工(切削油加工)を行った以外は、実施例2-4と同様にして孔あけ加工をおこなった。孔あけ条件は、表2-2に記載した。実施例2-4と同様にして、ドリルの磨耗量の評価を行った。該評価結果を表2-3に示した。なお、ここで、切削油加工とは、切削加工する際、切削油をドリル及び孔あけ加工箇所に18L/minの流量で、供給し続けながら行う切削加工とした。

【0159】

30

【表 2 - 2】

	エントリー シート	被切削加工材料	ドリル種類	ドリル径 [mmφ]	切削加工孔 数	回転数 [rpm]	送り速度		切削加工方法
							[mm/min]	[mm/min]	
実施例 2-1	シート 2-A	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	6	100	500	25	-	-
実施例 2-2	シート 2-B	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	6	100	500	25	-	-
実施例 2-3	シート 2-C	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	6	100	500	25	-	-
実施例 2-4	シート 2-C	チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	-	-
実施例 2-5	シート 2-C	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	6	100	500	25	空冷切削加工	空冷切削加工
実施例 2-6	シート 2-C	チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	空冷切削加工	空冷切削加工
実施例 2-7	シート 2-D	チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	空冷切削加工	空冷切削加工
実施例 2-8	シート 2-C	アルミニウム合金板	ノンコートドリル	6	100	720	14.4	-	-
実施例 2-9	シート 2-C	CFRP+チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	-	-
比較例 2-1	無	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	6	100	500	25	-	-
比較例 2-2	無	チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	-	-
比較例 2-3	無	チタン合金板	ノンコートドリル	6	100	500	25	切削油加工	切削油加工

【 0 1 6 0 】

10

20

30

40

【表 2 - 3】

	エントリーシート	被切削加工材料	ドリル種類	ドリル先端切れ刃残面積	
				[mm ²]	新品ドリルに対する切れ刃残量 [%]
新品ドリル-1	-	-	ノンコートドリル	11.82	100.0
新品ドリル-1	-	-	ダイヤモンドコートドリル	11.79	100.0
実施例 2-1	シート 2-A	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	7.21	61.2
実施例 2-2	シート 2-B	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	7.79	66.1
実施例 2-3	シート 2-C	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	9.86	83.6
実施例 2-4	シート 2-C	チタン合金板	ノンコートドリル	10.22	86.4
実施例 2-5	シート 2-C	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	9.83	83.4
実施例 2-6	シート 2-C	チタン合金板	ノンコートドリル	7.59	64.2
実施例 2-7	シート 2-D	チタン合金板	ノンコートドリル	9.27	78.4
実施例 2-8	シート 2-C	アルミニウム合金板	ノンコートドリル	11.56	97.8
実施例 2-9	シート 2-C	CFRP+チタン合金板	ノンコートドリル	11.02	93.3
比較例 2-1	無	チタン合金板	ダイヤモンドコートドリル	4.90	41.6
比較例 2-2	無	チタン合金板	ノンコートドリル	6.01	51.0
比較例 2-3	無	チタン合金板	ノンコートドリル	0.59	5.0

【0161】

表 2 - 2 の実施例 2 - 1 ~ 2 - 9 及び比較例 2 - 1 ~ 2 - 3 における孔あけ加工後のドリル先端写真を図 2 - 1 ~ 2 - 3 に示した。また、新品のドリル切れ刃の面積を 100 とした際のドリル切れ刃の残量を図 4 に示した。孔あけ加工する際、実施例 2 - 1 ~ 2 - 9 に挙げた樹脂シートからなるエントリーシートを用いることで、切れ刃残量は 64 ~ 98 % と、樹脂シートを用いない場合の 5 ~ 51 % に比べて大きいことがわかった。これらの数値から、実施例 2 - 1 ~ 2 - 9 に挙げた樹脂シートからなるエントリーシートは、ドリル摩耗抑制に大きな効果があることがわかった。

【0162】

表 3 - 1 に、実施例 3 - 1 ~ 3 - 4 及び比較例 3 - 1 ~ 3 - 2 に用いた樹脂成分、固体潤滑剤、金属箔、被切削加工材料、切削工具等の仕様を示した。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 3 】

【表 3 - 1】

分類	名称	商品名/ 型番	製造元	備考
被切削加工 材料	チタン合金板	—	—	厚み:3mmt、航空機用途同等 材(TI6AL4VELI)
樹脂成分	ポリエチレンオキサイド	アルトツブ R150	明成化学工 業株式会社	Mw=150,000
	ポリエチレングリコール	PEG4000S	日油株式会 社	Mw=4,000
固体潤滑剤	黒鉛	X-100	伊藤黒鉛工 業株式会社	鱗片状、平均粒径=60 μ m
金属箔	アルミニウム箔	1N30-H18	三菱アルミニ ウム株式会社	厚み:0.15mm
超硬合金ドリル	ノンコートドリル	—	—	径:6.0mm ϕ 、先端角度: 120 $^{\circ}$ 、ねじれ角度:40 $^{\circ}$ 表面コーティングなし
孔あけ加工機器	マシニングセンタ	M-V5B	三菱電機株 式会社	—
切削油	万能型水溶性切削油剤	SOLEX SM-70	SOTANI OIL. CO.,LTD	10倍希釈にて使用。

10

20

【 0 1 6 4 】

また、実施例 3 - 1 ~ 3 - 4 及び比較例 3 - 1 ~ 3 - 2 において、ドリル出口側における切削加工孔周囲のバリの高さ、ドリル磨耗量(ドリル先端切れ刃残面積、新品ドリルに対する切れ刃残量)は、次のようにして評価した。

30

(1) ドリル出口側における切削加工孔周囲のバリ高さ

切削加工後の貫通孔のドリル出口面を、V-LASER顕微鏡(VK-9700、株式会社キーエンス製)を用いて、撮影した。撮影したデータを解析ソフト(VK_Analyzerバージョン1.2.0.2、株式会社キーエンス製)を用いて、ドリル出口側における切削加工孔周囲のバリの高さを計測した。この時、ランダムに選んだ10箇所でのバリの高さを測定し、最大値、平均値、標準偏差を求めた。

(2) ドリル先端切れ刃残面積

ドリル先端部に付着した切削加工屑などの汚れを取り除いた後、V-LASER顕微鏡(VK-9600、株式会社キーエンス製)を用いて、孔あけ加工後のドリル先端を撮影した。次に、解析ソフト(VK_Analyzerバージョン1.2.0.2、株式会社

40

キーエンス製)を用いて、ドリルの先端方向から観察した際の、ドリル切れ刃の2番面及び3番面における摩耗しなかった部分の面積を算出し、これをドリル先端切れ刃残面積とした。

(3) 新品ドリルに対する切れ刃残量

新品ドリルに対する切れ刃残量は、新品のドリル先端切れ刃の面積を100とした際の、切削加工後のドリル切れ刃の磨耗しなかった部分の面積の残存割合とした。

【 0 1 6 5 】

< 参考例 3 - 1 >

厚み3.0mmのチタン合金板(航空機用途同等材(TI6AL4VELI))を、直径6mmのドリル(先端角度:120 $^{\circ}$ 、ねじれ角度:40 $^{\circ}$ 、表面コーティングなし)を

50

用いて、連続して、1本あたり100孔の条件で孔あけ加工を行った。その際、コンプレッサーで圧縮した25の空気を、ノズル先端部の断面積が31.7mm²のノズルを用いて、孔あけ加工箇所から300mm離れた位置から、155L/minで、孔あけ加工箇所に供給しながら孔あけ加工（空冷孔あけ加工）した。表3-2に示す加工条件で孔あけ加工を行い、孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3-3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。

【0166】

<実施例3-2>

ポリエチレンオキサ이드（アルトップMG150、明成工業株式会社製）10重量部、ポリエチレングリコール（PEG4000S、三洋化学株式会社製）40重量部、黒鉛（X-100、伊藤黒鉛工業株式会社）50重量部を、双方ニーダーを使用し、温度150の窒素雰囲気中で混錬して混錬物を得た。得られた混錬物を押出機にて成形することにより、厚み0.2mmの樹脂シートを作成した。これとは別に、厚み0.15mmのアルミニウム箔（1N30-H18、三菱アルミニウム株式会社製）の片面に、接着層として厚み0.01mmのポリエステル系樹脂層（パイロナルMD-1200、東洋紡績株式会社製）を形成したものを準備した。この接着層を形成したアルミニウム箔上に、上記作成した樹脂シートを5枚重ねて、さらに最上部に同様のアルミニウム箔を積層した。この時、樹脂シートとアルミニウム箔表面の接着層とが接するように配置し、ラミネート装置（OHL2400、株式会社オー・エヌ・シー製）を用いて、150の温度で熱ラミネートして、積層一体化し、エントリーシートであるシート3-Aを作製した。

得られたシート3-Aをチタン合金板のドリル進入面に配置し、参考例3-1と同じ条件で孔あけ加工を行い、孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3-3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。さらに、100孔加工後のドリルの摩耗量について評価した結果を表3-5に示した。

【0167】

<実施例3-3>

実施例3-2と同様に、シート3-Aを作製した。得られたシート3-Aを、厚み3.0mmのチタン合金板（航空機用途同等材（TI6AL4VELI））のドリル進入面に配置した。該シート3-Aを配置したチタン合金板を、直径6mmのドリル（先端角度：120°、ねじれ角度：40°、表面コーティングなし）を用いて、連続して、1本あたり100孔の条件で孔あけ加工した。その際、コンプレッサーで圧縮した-3.5の空気を、ノズル先端部の断面積が31.7mm²のノズルを用いて、孔あけ加工箇所から300mm離れた位置から、155L/minで、孔あけ加工箇所に供給しながら孔あけ加工（空冷孔あけ加工）した。表3-2に示す加工条件で孔あけ加工を行い、孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。

【0168】

<実施例3-4>

実施例3-2と同様に、シート3-Aを作製した。得られたシート3-Aを、厚み3.0mmのチタン合金板（航空機用途同等材（TI6AL4VELI））のドリル進入面に配置した。該シート3-Aを配置したチタン合金板を、直径6mmのドリル（先端角度：120°、ねじれ角度：40°、表面コーティングなし）を用いて、連続して、1本あたり100孔の条件で孔あけ加工した。その際、コンプレッサーで圧縮した-25.5の空気を、ノズル先端部の断面積が31.7mm²のノズルを用いて、孔あけ加工箇所から300mm離れた位置から、155L/minで、孔あけ加工箇所に供給しながら孔あけ加

10

20

30

40

50

工（空冷孔あけ加工）した。表3-2に示す加工条件で孔あけ加工を行い、孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3-3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。

【0169】

<比較例3-1>

厚み3.0mmのチタン合金板（航空機用途同等材（T I 6 A L 4 V E L I））を孔あけ加工する際、孔あけ加工箇所に対して空気を供給しなかった以外は、参考例3-1と同様にして孔あけ加工を行った。孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3-3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。さらに、100孔加工後のドリルの摩耗量について評価した結果を表3-5に示した。

10

【0170】

<比較例3-2>

厚み3.0mmのチタン合金板（航空機用途同等材（T I 6 A L 4 V E L I））を加工する際、孔あけ加工箇所に対して空気を供給するかわりに、切削油（S O L E X S M - 7 0、S O T A N I O I L . C O . , L T D製）を供給しながら、参考例3-1と同様にして孔あけ加工した。孔あけ加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さの最大値を、孔あけ加工孔数ごとに測定した。該測定結果を表3-3に示した。また、10、50、100孔目におけるバリの高さの最大値、平均値、標準偏差を表3-4に示した。さらに、100孔加工後のドリルの摩耗量について評価した結果を表3-5に示した。

20

【0171】

【表 3 - 2】

	空冷 孔あけ加工	被孔あけ加工 材料	ドリル種類	エントリー シート	ドリル径 [mm φ]	孔あけ加工孔数 [孔]	回転数 [krpm]	送り速度 [mm/min]
実施例 3-2	25℃送風	チタン合金板	ノンコートドリル	シート 3-A	6	100	500	25
実施例 3-3	-3.5℃送風	チタン合金板	ノンコートドリル	シート 3-A	6	100	500	25
実施例 3-4	-25.5℃送風	チタン合金板	ノンコートドリル	シート 3-A	6	100	500	25
比較例 3-1	なし	チタン合金板	ノンコートドリル	-	6	100	500	25
比較例 3-2	なし	チタン合金板	ノンコートドリル	-	6	100	500	25

【 0 1 7 2 】

10

20

30

【表 3 - 3】

	空冷 孔あけ加工	エントリーシート	パリの高さ[μm] 最大値												
			1 孔目	2 孔目	3 孔目	4 孔目	5 孔目	10 孔目	15 孔目	20 孔目	30 孔目	40 孔目	50 孔目	80 孔目	100 孔目
参考例 3-1	25℃送風	なし	100	150	300	350	299	100	50	150	100	199	99	50	149
実施例 3-2	25℃送風	シート 3-A	50	250	250	200	150	190	100	63	50	50	50	49	120
実施例 3-3	-3.5℃送風	シート 3-A	40	210	200	180	160	110	50	45	40	45	45	50	45
実施例 3-4	-25.5℃送風	シート 3-A	35	180	200	160	120	70	50	45	45	40	45	45	40
比較例 3-1	なし	なし	131	150	449	1100	1200	1011	1150	1050	1100	1079	1101	1200	1100
比較例 3-2	なし	なし	50	86	100	390	250	100	100	99	100	100	150	150	250

【 0 1 7 3 】

10

20

30

【表 3 - 4】

	空冷 孔あけ加工	エントリーシート	パリの高さ[μm] 最大値、平均値、標準偏差											
			10 孔目			50 孔目			100 孔目					
			最大値	平均	標準偏差	最大値	平均	標準偏差	最大値	平均	標準偏差			
参考例 3-1	25℃送風	なし	100	67.0	33.1	99	37.5	30.1	149	44.2	37.2			
実施例 3-2	25℃送風	シート3-A	190	64.7	51.5	50	35.0	17.9	120	42.0	29.7			
実施例 3-3	-3.5℃送風	シート3-A	110	61.2	34.2	45	32.1	15.4	45	36.9	16.9			
実施例 3-4	-25.5℃送風	シート3-A	70	59.8	31.2	45	30.7	13.6	40	35.1	15.7			
比較例 3-1	なし	なし	1011	666.0	257.6	1101	999.5	164.4	1100	1083.1	20.7			
比較例 3-2	なし	なし	100	69.0	23.0	150	101.5	31.8	250	128.9	74.5			

【 0 1 7 4 】

10

20

30

【表 3 - 5】

	空冷 孔あけ加工	エントリーシート	ドリル先端摩耗	
			ドリル先端切れ刃残面積[mm ²]	新品ドリルに対する切れ刃残量[%]
新品ドリル	-	-	11.82	100.0
参考例 3-1	25℃送風	なし	-	-
実施例 3-2	25℃送風	シート 3-A	7.59	64.2
実施例 3-3	-3.5℃送風	シート 3-A	-	-
実施例 3-4	-25.5℃送風	シート 3-A	-	-
比較例 3-1	なし	なし	2.70	22.8
比較例 3-2	なし	なし	0.59	5.0

【 0 1 7 5 】

参考例 3 - 1、実施例 3 - 2 ~ 3 - 4、比較例 3 - 1 ~ 3 - 2 における加工後のチタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの写真を図 3 - 1 に、計測したバリの高さを表 3 - 3 及び図 3 - 2 に示した。また、実施例 3 - 2、比較例 3 - 1、比較例 3 - 2 における孔あけ加工後のドリル先端写真を図 3 - 3 に示した。参考例 3 - 1 より、孔あけ加工する際、ガスで冷却しながら孔あけ加工を行うことで、チタン合金板のドリル出口側における孔あけ加工孔周囲のバリの高さが低減していることがわかった。また、実施例 3 - 2 より、ガスで冷却しながら孔あけ加工する際、さらにドリル進入面にエントリーシートを配置して加工すると、バリの高さがさらに低減することがわかった。一方、ガスによる冷却を行わないで孔あけ加工した比較例 3 - 1 では、バリの高さが 1 0 0 0 μm を

10

20

30

40

50

を超えてしまった。これは、ガスによる冷却を行いながら孔あけ加工した場合と比較して最大で20倍の数値であった。これらのことから、ガスによる冷却を行いながら孔あけ加工することによって、孔あけ加工時のチタン合金板の蓄熱が低減され、結果としてドリル出口側における加工孔周辺の金属が延びることなく、貫通孔が形成されていることがわかった。

【0176】

一方、比較例3-2のように切削油を用いた場合は、ガスによる冷却を行う孔あけ加工と同様に、チタン合金板のドリル出口のバリは抑制された。ただし、ガスによる冷却を行う孔あけ加工と比較して、バリ高さの標準偏差が大きくなることがわかった。さらに、孔あけ加工後はチタン合金板が切削油で汚染されているため、溶剤による洗浄が必須であった。

10

【0177】

さらに、実施例3-2よりガスによる冷却と併用してエントリーシートを用いた場合は、チタン合金板のドリル出口のバリが抑制されるとともに、ドリルの摩耗抑制の効果もあることがわかった。これは、エントリーシートの樹脂組成物が有する潤滑性によるものであると考えられる。詳細には、樹脂組成物が存在することで、ドリルの溝表面を含めたドリル表面と加工孔内との潤滑性がいずれも高まり、ドリルの刃が切削する難削金属中の難削粒子の排出が容易化され、ドリルの刃との擦過頻度と度合いが軽減できるため、結果としてドリルの刃の摩耗が低減されることが考えられる。比較例3-2より、単純に切削油を使用した場合は、潤滑効果に乏しいため、ドリル先端の摩耗が進行してしまうことがわかった。

20

【産業上の利用可能性】

【0178】

本発明のエントリーシートを用いて繊維強化複合材（例えば、CFRP）を切削加工（例えば、孔あけ加工）する方法は、従来の機械加工ではこれらの難削材では良好な孔品質が得られなかったのに比して、良好な孔品質が得られ、しかも加工ドリルの寿命を延ばすことが可能である。そのため、最近航空機の構造材料として注目されているCFRPに有効に適用できるため、CFRPへの利用拡大が期待され、産業上の利用可能性が極めて高い。

【0179】

また、本発明のエントリーシートを用いて金属を切削加工（例えば、孔あけ加工）する方法は、従来の機械加工ではこれらの難削材において1本あたりのドリルの加工可能な孔数が少なかったのに比して、ドリルの寿命を延ばすことができる。また、従来の湿式加工では、被加工材の汚染や清掃工程の負荷などにより生産性が低下してしまうが、本発明では、エントリーシートを用いて加工することで乾式加工が可能となり、加工コストを低減することができるため、産業上の利用可能性が極めて高い。

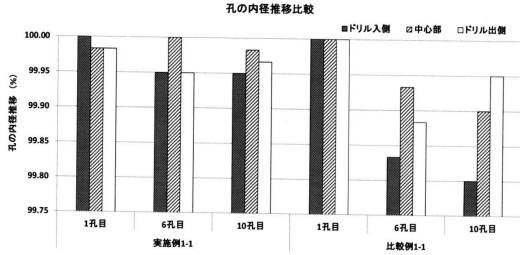
30

【0180】

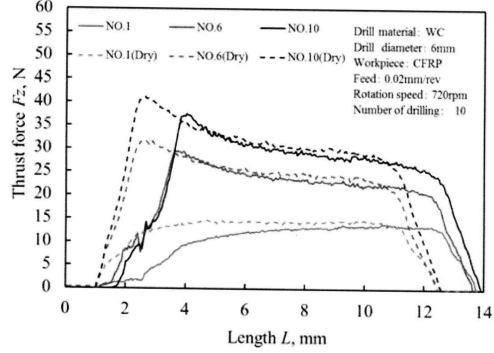
さらに、本発明の切削加工方法を用いて繊維強化複合材及び/又は金属を切削加工（例えば、孔あけ加工）する方法は、従来の湿式切削加工と比較して、生産性の向上に繋がる。従来の湿式加工では、被加工材の汚染や清掃工程の負荷などによる生産性が低下してしまうが、本発明の切削加工方法は、ガス冷却加工或いはガス冷却加工とエントリーシートを併用することで乾式加工が可能となり、加工コストを低減することができるため、産業上の利用可能性が極めて高い。

40

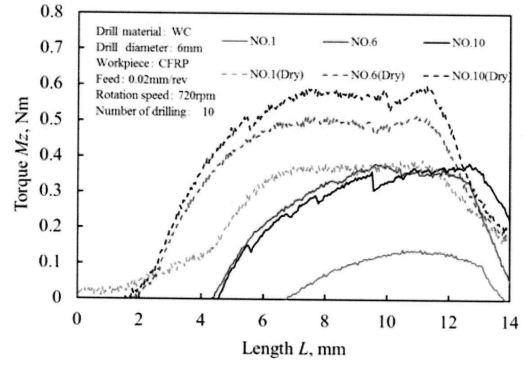
【図1-1】



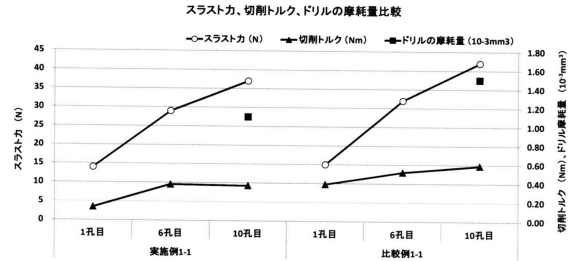
【図1-2】



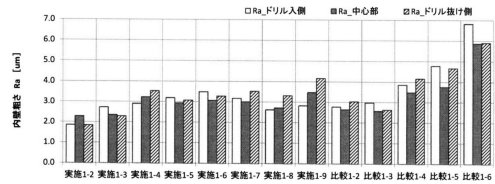
【図1-3】



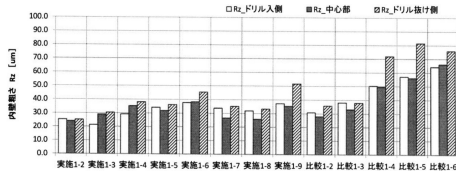
【図1-4】



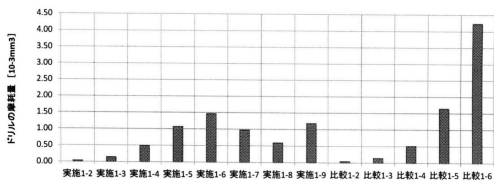
【図1-5】



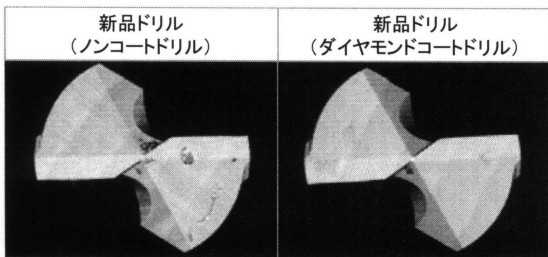
【図1-6】



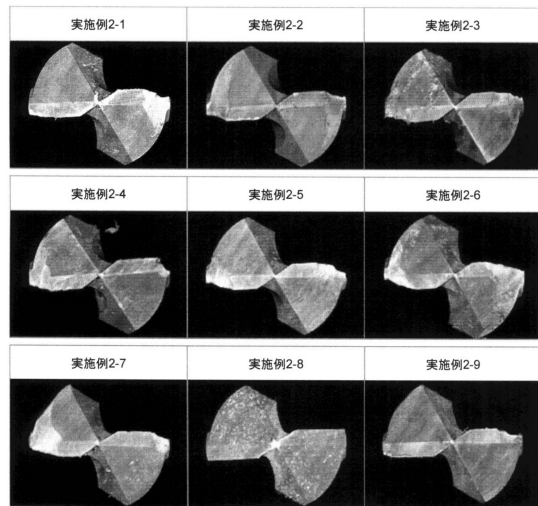
【図1-7】



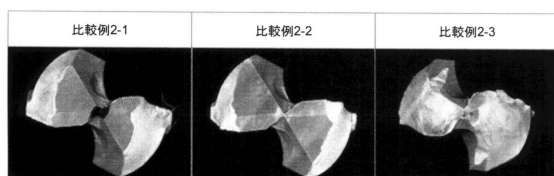
【図2-1】



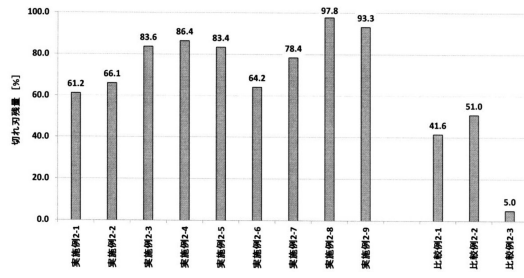
【図2-2】



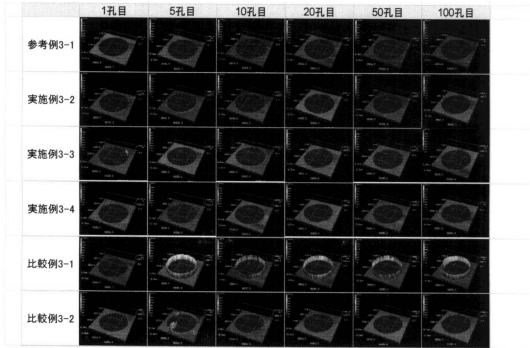
【図2-3】



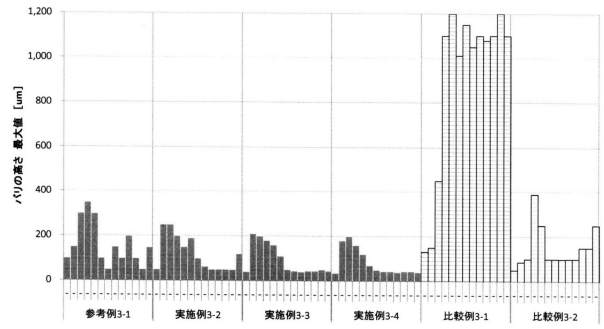
【図2-4】



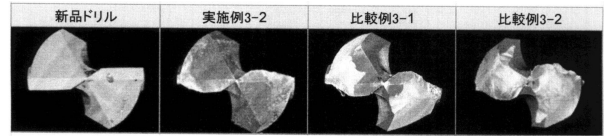
【図3-1】



【図3-2】



【図3-3】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願2013-239018(P2013-239018)
(32)優先日 平成25年11月19日(2013.11.19)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

- (72)発明者 松山 洋介
山形県米沢市八幡原3丁目44番3号 米沢ダイヤエレクトロニクス株式会社内
(72)発明者 堀江 茂
東京都千代田区丸の内二丁目5番2号 三菱瓦斯化学株式会社内
(72)発明者 羽崎 拓哉
東京都千代田区丸の内二丁目5番2号 三菱瓦斯化学株式会社内

合議体

- 審判長 平岩 正一
審判官 栗田 雅弘
審判官 中川 隆司

- (56)参考文献 特表平6-504956(JP,A)
特開2009-176605(JP,A)
特開2008-34358(JP,A)
特開平11-335972(JP,A)
国際公開第2012/091179(WO,A1)
特開2012-146880(JP,A)
特開2009-99624(JP,A)
特開昭62-114245(JP,A)
特開2012-16793(JP,A)
特開2000-334697(JP,A)
実開平6-17847(JP,U)
特開2008-222762(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B26F1/00-1/46
B23B35/00-49/06
B23Q11/00-13/00