

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7006881号  
(P7006881)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 3 C	5/16 (2006.01)	B 2 3 C	5/16	
B 2 3 B	27/20 (2006.01)	B 2 3 B	27/20	
B 2 3 B	27/14 (2006.01)	B 2 3 B	27/14	A
B 2 3 P	15/28 (2006.01)	B 2 3 P	15/28	A

請求項の数 8 (全17頁)

(21)出願番号	特願2019-537921(P2019-537921)	(73)特許権者	503212652 住友電工ハードメタル株式会社 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(86)(22)出願日	平成30年5月15日(2018.5.15)	(74)代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/018739	(72)発明者	月原 望 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住 友電工ハードメタル株式会社内
(87)国際公開番号	WO2019/039005	(72)発明者	風早 克夫 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住 友電工ハードメタル株式会社内
(87)国際公開日	平成31年2月28日(2019.2.28)	(72)発明者	小林 豊 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住 友電工ハードメタル株式会社内
審査請求日	令和2年11月23日(2020.11.23)	審査官	山本 忠博
(31)優先権主張番号	特願2017-159279(P2017-159279)		
(32)優先日	平成29年8月22日(2017.8.22)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 切削工具およびその製造方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

基材と、前記基材を被覆しているダイヤモンド層とを備えた切削工具であって、前記ダイヤモンド層は、すくい面と、前記すくい面に連なる逃げ面とを含み、前記すくい面と前記逃げ面との稜線は、切れ刃を構成し、前記基材は、前記すくい面と対向する頂面を含み、前記頂面に対して垂直な方向から見て、前記すくい面は、複数の突起部を含み、前記切れ刃の延在方向に対して垂直な断面において、前記複数の突起部の各々は、傾斜部と、前記傾斜部に連なる曲率部とを有しており、前記断面において、前記傾斜部は、前記切れ刃から離れるにつれて前記頂面に垂直な方向の高さが大きくなり、前記断面において、前記複数の突起部の各々の高さは、1 μm以上である、切削工具。

## 【請求項2】

前記基材は、前記逃げ面と対向する側面をさらに含み、前記側面に対して垂直な方向における前記側面に接している前記ダイヤモンド層の部分の厚みは、前記頂面に対して垂直な方向における前記頂面に接している前記ダイヤモンド層の部分の厚みよりも大きい、請求項1に記載の切削工具。

## 【請求項3】

前記頂面に対して垂直な方向から見て、前記傾斜部の法線を前記頂面に投影した直線と、前記頂面に平行な方向における前記切れ刃の法線とがなす角度は、80°以下である、請

求項 1 または請求項 2 に記載の切削工具。

【請求項 4】

前記頂面に対して垂直な方向から見て、前記複数の突起部は、前記切れ刃から 2 mm 以内の領域にわたって設けられている、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

【請求項 5】

前記断面において、前記切れ刃の曲率半径は、 $0.01 \mu\text{m}$  以上  $50 \mu\text{m}$  以下である、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

【請求項 6】

基材にダイヤモンド層を被覆する工程と、  
イオンビームにより前記ダイヤモンド層の一部を除去する工程とを備えた切削工具の製造方法であって、

前記切削工具は、すくい面と、前記すくい面に連なる逃げ面とを有し、

前記すくい面と前記逃げ面との稜線は、切れ刃を構成し、

前記基材は、前記すくい面と対向する頂面と、前記逃げ面と対向する側面とを有し、

前記ダイヤモンド層を被覆する工程においては、前記ダイヤモンド層の表面が複数の突起部によって形成され、

前記ダイヤモンド層の一部を除去する工程においては、前記頂面を上側に向け、かつ前記頂面と前記側面との稜線を左側に向けた場合に、左上側から前記頂面に対して傾斜する方向に前記イオンビームが照射されることで前記複数の突起部の各々の一部が除去され、

前記ダイヤモンド層の一部を除去する工程後において、

前記切れ刃の延在方向に対して垂直な断面における、前記複数の突起部の各々の高さは、 $1 \mu\text{m}$  以上である、切削工具の製造方法。

【請求項 7】

前記ダイヤモンド層の一部を除去する工程後において、

前記側面に対して垂直な方向における前記側面に接している前記ダイヤモンド層の部分の厚みは、前記頂面に対して垂直な方向における前記頂面に接している前記ダイヤモンド層の部分の厚みよりも大きい、請求項 6 に記載の切削工具の製造方法。

【請求項 8】

前記ダイヤモンド層の一部を除去する工程においては、前記基材を回転させることなく行われる、請求項 6 または請求項 7 に記載の切削工具の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、切削工具に関する。本出願は、2017年8月22日に出願した日本特許出願である特願2017-159279号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

【背景技術】

【0002】

特開2011-101910号公報には、基材と、当該基材の表面を被覆したダイヤモンド層とを含むダイヤモンド被覆切削工具が記載されている。当該ダイヤモンド被覆切削工具の切れ刃部におけるダイヤモンド層の表面の算術平均粗さは $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下である。切れ刃部において、逃げ面のダイヤモンド層の平均層厚は、すくい面のダイヤモンド層の平均層厚よりも厚い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2011-101910号公報

【発明の概要】

【0004】

10

20

30

40

50

本発明の一態様に係る切削工具は、基材と、基材を被覆しているダイヤモンド層とを備えた切削工具である。ダイヤモンド層は、すくい面と、すくい面に連なる逃げ面とを含んでいる。すくい面と逃げ面との稜線は、切れ刃を構成している。基材は、すくい面と対向する頂面を含んでいる。頂面に対して垂直な方向から見て、すくい面は、複数の突起部を含んでいる。切れ刃の延在方向に対して垂直な断面において、複数の突起部の各々は、傾斜部と、傾斜部に連なる曲率部とを有している。断面において、傾斜部は、切れ刃から離れるにつれて頂面に垂直な方向の高さが大きくなる。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】図1は、第1実施形態に係る切削工具の構成を示す斜視模式図である。

10

【図2】図2は、第1実施形態に係る切削工具の構成を示す正面模式図である。

【図3】図3は、図2のIII領域の拡大模式図である。

【図4】図4は、図3のIV-IV線に沿った断面模式図である。

【図5】図5は、第1実施形態に係る切削工具の第1突起部1の構成を示す斜視模式図である。

【図6】図6は、第1実施形態に係る切削工具の製造方法を概略的に示すフロー図である。

【図7】図7は、第1実施形態に係る切削工具の製造方法の第1工程を示す断面模式図である。

【図8】図8は、第1実施形態に係る切削工具の製造方法の第2工程を示す断面模式図である。

20

【図9】図9は、第1実施形態に係る切削工具の製造方法の第2工程を示す平面模式図である。

【図10】図10は、第1実施形態に係る切削工具の製造方法の第3工程を示す断面模式図である。

【図11】図11は、第2実施形態に係る切削工具のすくい面12の構成を示す平面模式図である。

【図12】図12は、第3実施形態に係る切削工具の構成を示す断面模式図である。

【図13】図13は、サンプル1Bの切削工具の構成を示す断面模式図である。

【図14】図14は、サンプル1Cの切削工具の構成を示す断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0006】

[本開示が解決しようとする課題]

前記先行技術におけるダイヤモンド被覆切削工具においては、工具寿命が短いという課題があった。

【0007】

本発明の一態様は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、工具寿命を向上可能な切削工具を提供することである。

【0008】

[本開示の効果]

本発明の一態様によれば、工具寿命を向上可能な切削工具を提供することができる。

40

【0009】

[本発明の実施形態の概要]

まず、本発明の実施形態の概要について説明する。

【0010】

(1) 本発明の一態様に係る切削工具100は、基材20と、基材20を被覆しているダイヤモンド層7とを備えた切削工具である。ダイヤモンド層7は、すくい面12と、すくい面12に連なる逃げ面11とを含んでいる。すくい面12と逃げ面11との稜線は、切れ刃10を構成している。基材20は、すくい面12と対向する頂面22を含んでいる。頂面22に対して垂直な方向から見て、すくい面12は、複数の突起部1を含んでいる。切れ刃10の延在方向Bに対して垂直な断面において、複数の突起部1の各々は、傾斜部

50

2と、傾斜部2に連なる曲率部3とを有している。断面において、傾斜部2は、切れ刃10から離れるにつれて頂面22に垂直な方向の高さが大きくなる。

【0011】

上記(1)に係る切削工具100によれば、複数の突起部1の各々は、切れ刃10から離れるにつれて頂面22に垂直な方向の高さが大きくなる傾斜部2を有している。そのため、切屑がすくい面12の傾斜部2上を滑らかに通過することができる。結果として、切屑の排出性が向上する。よって、切削工具の損傷が低減され、工具寿命を向上することができる。

【0012】

(2)上記(1)に係る切削工具100において、頂面22に対して垂直な方向から見て、傾斜部2の法線D3を頂面22に投影した直線D2と、頂面22に平行な方向における切れ刃10の法線D1とがなす角度は、80°以下であってもよい。これにより、切屑の排出方向を、傾斜部の法線を頂面に投影した直線方向とほぼ平行にすることができる。結果として、切屑の排出性がさらに向上する。

10

【0013】

(3)上記(1)または(2)に係る切削工具100において、頂面22に対して垂直な方向から見て、複数の突起部1は、切れ刃10から2mm以内の領域にわたって設けられていてもよい。これにより、切屑が通過する領域の大部分において切屑が排出されやすくなる。

【0014】

(4)上記(1)~(3)のいずれかに係る切削工具100において、断面において、切れ刃10の曲率半径は、0.01μm以上50μm以下であってもよい。これにより、切れ味を改善することができる。

20

【0015】

(5)本発明の一実施形態に係る切削工具100の製造方法は以下の工程を備えている。基材20にダイヤモンド層7が被覆される。イオンビームによりダイヤモンド層7の一部が除去される。切削工具100は、すくい面12と、すくい面12に連なる逃げ面11とを有している。基材20は、すくい面12と対向する頂面22と、逃げ面11と対向する側面21とを有している。ダイヤモンド層7を被覆する工程においては、ダイヤモンド層7の表面が複数の突起部8によって形成される。ダイヤモンド層7の一部を除去する工程においては、頂面22を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けた場合に、左上側から頂面22に対して傾斜する方向にイオンビームが照射されることで複数の突起部8の各々の一部が除去される。

30

【0016】

上記(5)に係る切削工具100の製造方法によれば、頂面22を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けた場合に、左上側から頂面22に対して傾斜する方向にイオンビームが照射されることで複数の突起部8の各々の一部が除去される。これにより、複数の突起部1を形成することができる。複数の突起部1の各々は、切れ刃10から離れるにつれて頂面22に垂直な方向の高さが大きくなる傾斜部2を有している。そのため、切屑がすくい面12の傾斜部2上を滑らかに通過することができる。結果として、切屑の排出性が向上する。よって、切削工具の損傷が低減され、切削工具の寿命が延びる。

40

【0017】

(6)上記(5)に係る切削工具100の製造方法において、ダイヤモンド層7の一部を除去する工程においては、基材20を回転させることなく行われてもよい。これにより、簡易な方法で、複数の突起部1を形成することができる。

【0018】

[本発明の実施形態の詳細]

以下、図面に基づいて本発明の実施形態の詳細について説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。また、

50

以下に記載する実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

#### 【0019】

(第1実施形態)

まず、第1実施形態に係る切削工具100の構成について説明する。図1は、第1実施形態に係る切削工具の構成を示す斜視模式図である。図2は、第1実施形態に係る切削工具の構成を示す正面模式図である。

#### 【0020】

図1および図2に示されるように、第1実施形態に係る切削工具100は、たとえばCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)の加工に用いられるラジラスエンドミルである。切削工具100は、たとえば中心軸Aを中心として回転可能である。切削工具100は、すくい面12と、逃げ面11と、ヒール面14と、第1溝面15と、第2溝面17とを主に有している。逃げ面11は、すくい面12に連なる。ヒール面14は、逃げ面11に連なる。ヒール面14は、逃げ面11に対して回転方向の後方側に位置する。すくい面12と逃げ面11との稜線は、切れ刃10を構成する。

10

#### 【0021】

図1および図2に示されるように、切れ刃10は、底刃10aと、外周刃10bとを有していてもよい。外周刃10bは、底刃10aよりも外周側にある。逃げ面11は、第1逃げ面部11aと、第2逃げ面部11bとを有していてもよい。すくい面12は、第1すくい面部12aと、第2すくい面部12bとを有していてもよい。第1逃げ面部11aと、第1すくい面部12aとの稜線が、底刃10aを構成していてもよい。第2逃げ面部11bと、第2すくい面部12bとの稜線が、外周刃10bを構成していてもよい。第1溝面15は、第2溝面17と連なっている。第1溝面15は、第2溝面17よりも外周側に位置していてもよい。第2溝面17は、第1すくい面部12aに連なっている。ヒール面14は、逃げ面11よりもシャンク19側に位置していてもよい。

20

#### 【0022】

図3は、図2のIII領域の拡大模式図である。図4は、図3のIV-IV線に沿った断面模式図である。図4に示されるように、切削工具100は、基材20と、ダイヤモンド層7とを主に有している。ダイヤモンド層7は、基材20を被覆している。ダイヤモンド層7は、すくい面12と、逃げ面11とを含んでいる。言い換えれば、すくい面12および逃げ面11の各々は、ダイヤモンド層7により構成されている。

30

#### 【0023】

基材20は、頂面22と、側面21とを主に有している。頂面22は、すくい面12と対向している。側面21は、逃げ面11と対向している。基材20の材料は、たとえばWC(炭化タングステン)などの粉末と、Co(コバルト)などの結合剤とを含む超硬合金である。なお、基材20は、超硬合金に限られるものではなく、たとえばサーメットまたはセラミックスなどであってもよい。ダイヤモンド層7は、たとえばダイヤモンド結晶を含有する層である。ダイヤモンド層7は、たとえば多結晶ダイヤモンドである。

#### 【0024】

図3に示されるように、頂面22に対して垂直な方向から見て、すくい面12は、複数の第1突起部1を含んでいる。複数の第1突起部1は、切れ刃10の延在方向Bに対して垂直な方向に沿って並んでいてもよい。同様に、複数の第1突起部1は、切れ刃10の延在方向Bに沿って並んでいてもよい。複数の第1突起部1は、互いに接していてもよい。第1突起部1の数は、多数であってもよい。多数とは、たとえば20 $\mu$ m四方の範囲内に10個以上である。

40

#### 【0025】

図4に示されるように、切れ刃10の延在方向Bに対して垂直な断面において、複数の第1突起部1の各々は、第1傾斜部2と、第1曲率部3とを有する。第1曲率部3は、第1傾斜部2と連なっている。複数の第1突起部1の各々は、第1傾斜部2と、第1曲率部3とによって構成される。第1曲率部3は、第1傾斜部2に対して切れ刃10とは反対側に位置している。複数の第1突起部1の各々は、基材20から離れる方向に突出する。断面

50

において、第1傾斜部2は、切れ刃10から離れるにつれて頂面22に垂直な方向の高さが大きくなる。第1傾斜部2の高さは、切れ刃10から離れるにつれて単調に増加していてもよい。頂面22を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けて配置した場合に、第1傾斜部2は左下から右上に向かって延在している。

【0026】

第1傾斜部2は、頂面22に対して傾斜している。頂面22に対する第1傾斜部2の角度 $\theta_1$ は、たとえば $10^\circ$ 以上 $40^\circ$ 以下である。角度 $\theta_1$ の上限は、特に限定されないが、たとえば $80^\circ$ であってもよいし、 $30^\circ$ であってもよい。角度 $\theta_1$ の下限は、特に限定されないが、たとえば $5^\circ$ であってもよいし、 $1^\circ$ であってもよい。図3に示されるように、頂面22に対して垂直な方向から見て、第1傾斜部2の法線D3(図4参照)を頂面22に投影した直線D2と、頂面22に平行な方向における切れ刃10の法線D1とは、ほぼ平行であってもよい。複数の第1突起部1において、傾斜部2の法線D3を頂面22に投影した直線D2の各々は、互いに平行であってもよいし、交差していてもよい。

10

【0027】

図4に示されるように、頂面22に対して垂直な方向において、頂面22に接しているダイヤモンド層7の部分の厚みT2は、たとえば $10\mu\text{m}$ である。頂面22に接しているダイヤモンド層7の部分の厚みT2は、たとえば $5\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。頂面22に対して垂直な方向において、複数の第1突起部1の各々の厚みT1は、たとえば $3\mu\text{m}$ である。複数の第1突起部1の各々の厚みT1は、たとえば $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下である。

【0028】

図3に示されるように、頂面22に対して垂直な方向から見て、第1曲率部3は、たとえば三日月の形状を有している。第1曲率部3は、第1傾斜部2との境界部3aと、境界部3aと反対側の第1外周部3bとを有している。頂面22に対して垂直な方向から見て、境界部3aおよび第1外周部3bの各々は、切れ刃10と反対側に突出するように湾曲している。境界部3aおよび第1外周部3bの各々は、円弧状であってもよい。境界部3aの曲率半径は、第1外周部3bの曲率半径よりも大きくてもよい。

20

【0029】

第1傾斜部2は、境界部3aと反対側の第2外周部2aを有している。頂面22に対して垂直な方向から見て、第2外周部2aは、切れ刃10に向かって突出するように湾曲している。切れ刃10の延在方向Bにおける第1傾斜部2の幅W4は、切れ刃10の延在方向Bに対して垂直であってかつ頂面22に平行な方向における第1傾斜部2の幅W2よりも大きくてもよい。切れ刃10の延在方向Bに対して垂直であってかつ頂面22に平行な方向において、第1傾斜部2の幅W2は、第1曲率部3の幅W3よりも大きくてもよい。切れ刃10の延在方向Bにおいて、第1傾斜部2の幅W4は、第1曲率部3の幅とほぼ同じであってもよい。切れ刃10の延在方向Bにおける第1傾斜部2の幅W4は、切れ刃10の延在方向Bに対して垂直であってかつ頂面22に平行な方向における第1突起部1の幅W1とほぼ同じであってもよい。

30

【0030】

図3に示されるように、頂面22に対して垂直な方向から見て、複数の第1突起部1の各々は、うろこ状を有していてもよい。本明細書においては、傾斜部と曲率部とを有する多数の突起部が傾斜部の向きを概ね揃えてある程度密集して存在することにより、平面視のSEM(Scanning Electron Microscope)画像において、曲率部に対応する部分に三日月状の陰影が生じ、あたかも魚のうろこのように見える様子であることを、うろこ状という。図3に示されるように、頂面22に対して垂直な方向から見て、複数の第1突起部1は、切れ刃10から距離L以内の領域にわたって設けられていてもよい。距離Lは、たとえば $2\text{mm}$ である。距離Lは、特に限定されないが、 $10\mu\text{m}$ であってもよいし、 $500\mu\text{m}$ であってもよい。言い換えれば、切れ刃10と、切れ刃10から切れ刃10の延在方向Bに対して垂直な方向に距離Lだけ離れた位置とに挟まれたすくい面12の領域には、複数の第1突起部1が形成されている。距離Lは、たとえば切込深さと同程度であってもよい。なお、切れ刃10が直線ではなく曲線の場合、切れ刃10の

40

50

延在方向 B に対して垂直な方向とは、切れ刃 10 の接線に対して垂直な方向を意味する。

【0031】

図 4 に示されるように、切れ刃 10 は、すくい面 12 の第 1 傾斜部 2 と、逃げ面 11 の曲率部 9 との境界により構成されていてもよい。切れ刃 10 は、鋭利に尖って形成されている。具体的には、切れ刃 10 の延在方向 B に対して垂直な断面において、切れ刃 10 の曲率半径は、たとえば  $0.01 \mu\text{m}$  以上  $50 \mu\text{m}$  以下である。切れ刃 10 の曲率半径の上限は、特に限定されないが、たとえば  $30 \mu\text{m}$  であってもよいし、 $10 \mu\text{m}$  であってもよい。切れ刃 10 の曲率半径の下限は、特に限定されないが、たとえば  $1 \mu\text{m}$  であってもよいし、 $0.1 \mu\text{m}$  であってもよい。

【0032】

図 4 に示されるように、逃げ面 11 は、複数の第 2 突起部 4 により構成されていてもよい。切れ刃 10 の延在方向 B に対して垂直な断面において、複数の第 2 突起部 4 の各々は、円弧状の部分有していてもよい。複数の第 2 突起部 4 の各々は、クラスター状であってもよい。側面 21 に対して垂直な方向における側面 21 に接しているダイヤモンド層 7 の部分の厚み T4 は、頂面 22 に対して垂直な方向における頂面 22 に接しているダイヤモンド層 7 の部分の厚み T2 よりも大きくてもよい。側面 21 に対して垂直な方向における第 2 突起部 4 の厚み T3 は、頂面 22 に対して垂直な方向における複数の第 1 突起部 1 の各々の厚み T1 よりも大きくてもよい。

【0033】

図 5 は、第 1 実施形態に係る切削工具の第 1 突起部 1 の構成を示す斜視模式図である。図 5 に示されるように、複数の第 1 突起部 1 の各々は、たとえば半球に対して交差する平面によって半球の一部がカットされて取り除かれた形状を有していてもよい。具体的には、複数の第 1 突起部 1 の各々は、概ね平面状の第 1 傾斜部 2 と、概ね球面状の第 1 曲率部 3 とにより構成されている。第 1 傾斜部 2 は、凸状に湾曲していてもよい。

【0034】

次に、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法について説明する。

図 6 は、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法を概略的に示すフロー図である。第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法は、基材にダイヤモンド層を被覆する工程 (S10 : 図 6) と、イオンビームによりダイヤモンド層の一部を除去する工程 (S20 : 図 6) とを主に含んでいる。

【0035】

図 7 は、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法の第 1 工程を示す断面模式図である。図 7 に示されるように、基材にダイヤモンド層を被覆する工程 (S10 : 図 6) においては、まず基材 20 が準備される。基材 20 の材料は、たとえば WC (炭化タングステン) などの粉末と、Co (コバルト) などの結合剤とを含む超硬合金である。なお、基材 20 は、超硬合金に限られるものではなく、たとえばサーメットまたはセラミックスなどであってもよい。図 7 に示されるように、基材 20 は、頂面 22 と、側面 21 とを主に有している。頂面 22 は、切削工具 100 のすくい面 12 となる面と対向する面である。側面 21 は、切削工具 100 の逃げ面 11 となる面と対向する面である。

【0036】

図 8 は、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法の第 2 工程を示す断面模式図である。図 9 は、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法の第 2 工程を示す平面模式図である。図 8 および図 9 に示されるように、基材 20 にダイヤモンド層 7 が被覆される。具体的には、このダイヤモンド層 7 の成膜は、たとえば HFCVD (Hot Filament Chemical Vapor Deposition) を用いて行われる。ダイヤモンド層 7 の厚みは、たとえば  $10 \mu\text{m}$  程度である。図 8 に示されるように、ダイヤモンド層 7 は、頂面 22 と、側面 21 とを被覆するように形成される。ダイヤモンド層 7 を被覆する工程においては、ダイヤモンド層 7 の表面が複数の突起部 8 によって形成される。複数の突起部 8 の各々は、たとえば半球状の形状を有している。具体的には、頂面 22 に対向するダイヤモンド層 7 の部分の表面と、側面 21 に対向するダイヤモンド層 7 の部分の表面とは、

10

20

30

40

50

複数の突起部 8 により構成される。

【 0 0 3 7 】

次に、イオンビームによりダイヤモンド層の一部を除去する工程（S 2 0：図 6）が実施される。具体的には、イオンエッチング装置を使用してイオンビームがすくい面 1 2 となる面に対して照射されることにより、ダイヤモンド層 7 の一部が除去される。イオンビームとしては、たとえば酸素イオンが用いられる。酸素イオンをダイヤモンド層 7 に照射することで、ダイヤモンド層 7 が、一酸化炭素または二酸化炭素に変換される。これにより、ダイヤモンドが気体となり除去される。

【 0 0 3 8 】

図 1 0 は、第 1 実施形態に係る切削工具の製造方法の第 3 工程を示す断面模式図である。イオンビームは指向性を有する。図 1 0 に示されるように、頂面 2 2 を上側に向け、かつ頂面 2 2 と側面 2 1 との稜線 2 3 を左側に向けた場合に、左上側から頂面 2 2 に対して傾斜する方向にイオンビームが照射される。これにより、複数の第 1 突起部 1 の各々の一部が除去される。図 1 0 に示されるように、稜線 2 3 の延在方向 B に対して垂直な断面で見た場合、イオンビームの照射方向 I は、頂面 2 2 の法線に対して傾斜している。頂面 2 2 に垂直な方向を見た場合、イオンビームの照射方向 I は、稜線 2 3 の延在方向 B に対してほぼ垂直であってもよい。

10

【 0 0 3 9 】

イオンエッチング装置としては、たとえばエリオニクス社製の E I S 2 0 0 - E R を使用することができる。イオンエッチングの条件は、イオンビームの照射時間 1 時間、印加電圧 2 5 0 0 V である。一般的にイオンビームでダイヤモンド被膜を除去する場合、基材 2 0 を回転軸の周りに回転させながら、ダイヤモンド被膜が基材 2 0 から除去される。しかしながら、本実施形態に係る切削工具の製造方法においては、ダイヤモンド層の一部を除去する工程は、基材 2 0 を回転させることなく行われる。言い換えれば、基材 2 0 の頂面 2 2 に対するイオンビームの照射方向を変化させることなく保持しながら、ダイヤモンド層 7 の一部が除去される。これにより、複数の第 1 突起部 1 を含むすくい面 1 2 が形成される（図 4 参照）。

20

【 0 0 4 0 】

次に、第 1 実施形態に係る切削工具の作用効果について説明する。

第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 によれば、複数の第 1 突起部 1 の各々は、切れ刃 1 0 から離れるにつれて頂面 2 2 に垂直な方向の高さが大きくなる第 1 傾斜部 2 を有している。そのため、切屑がすくい面 1 2 の第 1 傾斜部 2 上を滑らかに通過することができる。結果として、切屑の排出性が向上する。よって、切削工具の損傷が低減され、工具寿命を向上することができる。

30

【 0 0 4 1 】

また第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 によれば、頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、第 1 傾斜部 2 の法線 D 3 を頂面 2 2 に投影した直線 D 2 と、頂面 2 2 に平行な方向における切れ刃 1 0 の法線 D 1 とがなす角度は、 $80^{\circ}$  以下である。これにより、切屑の排出方向を、第 1 傾斜部 2 の法線 D 3 を頂面 2 2 に投影した直線 D 2 の方向とほぼ平行にすることができる。結果として、切屑の排出性がさらに向上する。

40

【 0 0 4 2 】

さらに第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 によれば、頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、複数の第 1 突起部は 1、切れ刃 1 0 から 2 mm 以内の領域にわたって設けられている。これにより、切屑が通過する領域の大部分において切屑が排出されやすくなる。

【 0 0 4 3 】

さらに第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 によれば、断面において、切れ刃 1 0 の曲率半径は、 $0.01 \mu\text{m}$  以上  $50 \mu\text{m}$  以下である。これにより、切れ味を改善することができる。

【 0 0 4 4 】

第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 の製造方法によれば、頂面 2 2 を上側に向け、かつ頂

50

面 2 2 と側面 2 1 との稜線を左側に向けた場合に、左上側から頂面 2 2 に対して傾斜する方向にイオンビームが照射されることで複数の突起部 8 の各々の一部が除去される。これにより、複数の第 1 突起部 1 を形成することができる。複数の第 1 突起部 1 の各々は、切れ刃 1 0 から離れるにつれて頂面 2 2 に垂直な方向の高さが大きくなる第 1 傾斜部 2 を有している。そのため、切屑がすくい面 1 2 の第 1 傾斜部 2 上を滑らかに通過することができる。結果として、切屑の排出性が向上する。よって、切削工具の損傷が低減され、切削工具の寿命が延びる。

【 0 0 4 5 】

また第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 の製造方法によれば、ダイヤモンド層 7 の一部を除去する工程においては、基材 2 0 を回転させることなく行われる。これにより、簡易な方法で、複数の第 1 突起部 1 を形成することができる。

10

【 0 0 4 6 】

( 第 2 実施形態 )

次に、第 2 実施形態に係る切削工具 1 0 0 の構成について説明する。以下においては、第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 と異なる構成について主に説明し、同様の説明については繰り返さない。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、第 2 実施形態に係る切削工具のすくい面 1 2 の構成を示す平面模式図である。図 1 1 に示されるように、頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、傾斜部 2 の法線を頂面 2 2 に投影した直線 D 2 は、頂面 2 2 に平行な方向における切れ刃 1 0 の法線 D 1 に対して傾斜していてもよい。頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、傾斜部 2 の法線を頂面 2 2 に投影した直線 D 2 と、頂面 2 2 に平行な方向における切れ刃 1 0 の法線 D 1 とがなす角度は、たとえば 8 0 ° 以下である。当該角度は、たとえば 6 0 ° 以下であってもよいし、3 0 ° 以下であってもよい。頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、傾斜部 2 の法線を頂面 2 2 に投影した直線 D 2 は、頂面 2 2 に平行な方向における切れ刃 1 0 の法線 D 1 に対してシャンク側に傾斜していてもよいし、シャンクとは反対側 ( 切削工具の先端側 ) に傾斜していてもよい。

20

【 0 0 4 8 】

なお、第 2 実施形態に係る切削工具は、イオンビームによりダイヤモンド層 7 の一部を除去する工程 ( S 2 0 : 図 6 ) において、頂面 2 2 に対して垂直な方向から見て、イオンビームの照射方向 I を稜線 2 3 の延在方向 B の法線 D 1 に対して傾斜させた状態で、イオンビームを照射することにより形成することができる。第 2 実施形態に係る切削工具においても、第 1 実施形態に係る切削工具と同等の効果が得られる。

30

【 0 0 4 9 】

( 第 3 実施形態 )

次に、第 3 実施形態に係る切削工具 1 0 0 の構成について説明する。以下においては、第 1 実施形態に係る切削工具 1 0 0 と異なる構成について主に説明し、同様の説明については繰り返さない。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 は、第 3 実施形態に係る切削工具の構成を示す断面模式図である。側面 2 1 に対して垂直な方向から見て、逃げ面 1 1 は、複数の第 2 突起部 4 を含んでいてもよい。複数の第 2 突起部 4 は、切れ刃 1 0 の延在方向 B に対して垂直な方向に沿って並んでいてもよい。同様に、複数の第 2 突起部 4 は、切れ刃 1 0 の延在方向 B に沿って並んでいてもよい。複数の第 2 突起部 4 は、互いに接していてもよい。複数の第 2 突起部 4 の各々は、うろこ状を有していてもよい。第 2 突起部 4 の数は、多数であってもよい。

40

【 0 0 5 1 】

図 1 2 に示されるように、切れ刃 1 0 の延在方向 B に対して垂直な断面において、複数の第 2 突起部 4 の各々は、第 2 傾斜部 5 と、第 2 曲率部 6 とを有する。第 2 曲率部 6 は、第 2 傾斜部 5 と連なっている。複数の第 2 突起部 4 の各々は、第 2 傾斜部 5 と、第 2 曲率部 6 とによって構成される。第 2 曲率部 6 は、第 2 傾斜部 5 に対して切れ刃 1 0 とは反対側

50

に位置している。複数の第2突起部4の各々は、基材20から離れる方向に突出する。断面において、第2傾斜部5は、切れ刃10から離れるにつれて側面21に垂直な方向の高さが大きくなってよい。第2傾斜部5の高さは、切れ刃10から離れるにつれて単調に増加していてもよい。側面21を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けて配置した場合に、第2傾斜部5は左下から右上に向かって延在していてもよい。

#### 【0052】

第2傾斜部5は、側面21に対して傾斜している。側面21に対する第2傾斜部5の角度2は、頂面22に対する第1傾斜部2の角度1と同じであってもよいし、異なってもよい。側面21に対して垂直な方向において側面21に接しているダイヤモンド層7の部分の厚みT4は、頂面22に対して垂直な方向において頂面22に接しているダイヤモンド層7の部分の厚みT2とほぼ同じであってもよいし、異なってもよい。側面21に対して垂直な方向における第2突出部の厚みT3は、頂面22に対して垂直な方向における複数の第1突起部1の各々の厚みT1とほぼ同じであってもよいし、異なってもよい。図12に示されるように、切れ刃10は、すくい面12の第1傾斜部2と、逃げ面11の第2傾斜部5との境界により構成されていてもよい。これにより、切れ刃10が鋭利にさらに形成され得る。

10

#### 【0053】

なお、第3実施形態に係る切削工具は、イオンビームによりダイヤモンド層7の一部を除去する工程(S20:図6)において、基材20に対するイオンビームの照射方向を変化させることにより、形成することができる。具体的には、頂面22を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けた場合に、左上側から頂面22に対して傾斜する方向にイオンビームが照射される。これにより、複数の第1突起部1の各々の一部が除去される。同様に、側面21を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けた場合に、左上側から側面21に対して傾斜する方向にイオンビームが照射される。これにより、複数の第2突起部4の各々の一部が除去される。第3実施形態に係る切削工具よれば、逃げ面摩耗を抑制することができる。

20

#### 【0054】

なお第1～第3実施形態においては、切削工具100がラジラスエンドミルの場合について説明したが、切削工具100はラジラスエンドミルに限定されない。切削工具100は、たとえばボールエンドミルまたはドリルなどの回転切削工具であってもよい。

30

#### 【実施例1】

#### 【0055】

以下に、サンプル1A～1Cの切削工具を用いた切削試験の結果について説明する。まず、サンプル1A～1Cに係る切削工具が準備される。サンプル1Aは、径が12mmの第1実施形態に係る切削工具である(図4参照)。

#### 【0056】

図13は、サンプル1Bに係る切削工具の構成を示す断面模式図である。図13に示されるように、サンプル1Bの切削工具が有するダイヤモンド層7のすくい面12は、複数の第3突起部31を含む。切れ刃10の延在方向Bに対して垂直な断面において、複数の第3突起部31の各々は、第3傾斜部32と、第3曲率部33とを有する。第3曲率部33は、第3傾斜部32と連なっている。複数の第3突起部31の各々は、第3傾斜部32と、第3曲率部33とによって構成される。第3曲率部33は、第3傾斜部32に対して切れ刃10とは反対側に位置している。複数の第3突起部31の各々は、基材20から離れる方向に突出している。

40

#### 【0057】

断面において、第3傾斜部32は、切れ刃10から離れるにつれて頂面22に垂直な方向の高さが小さくなる。第3傾斜部32の高さは、切れ刃10から離れるにつれて単調に減少している。頂面22を上側に向け、かつ頂面22と側面21との稜線23を左側に向けて配置した場合に、第3傾斜部32は左上から右下に向かって延在している。サンプル1Bの切削工具のその他の構成は、サンプル1Aの切削工具と同様である。

50

## 【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、サンプル 1 C に係る切削工具の構成を示す断面模式図である。図 1 4 に示されるように、サンプル 1 C の切削工具が有するダイヤモンド層 7 のすくい面 1 2 は、複数の第 4 突起部 4 1 を含む。切れ刃 1 0 の延在方向 B に対して垂直な断面において、複数の第 4 突起部 4 1 の各々は、平坦部 4 2 と、第 4 曲率部 4 3 と、第 5 曲率部 4 4 とを有する。第 4 曲率部 4 3 は、平坦部 4 2 の一端と連なっている。第 5 曲率部 4 4 は、平坦部 4 2 の他端と連なっている。

## 【 0 0 5 9 】

複数の第 4 突起部 4 1 の各々は、平坦部 4 2 と、第 4 曲率部 4 3 と、第 5 曲率部 4 4 とにより構成されている。第 4 曲率部 4 3 は、平坦部 4 2 に対して切れ刃 1 0 とは反対側に位置している。第 5 曲率部 4 4 は、平坦部 4 2 に対して切れ刃 1 0 とは同じ側に位置している。平坦部 4 2 は、第 4 曲率部 4 3 と第 5 曲率部 4 4 との間に位置している。複数の第 4 突起部 4 1 の各々は、基材 2 0 から離れる方向に突出している。

10

## 【 0 0 6 0 】

断面において、平坦部 4 2 は、頂面 2 2 とほぼ平行である。第 4 曲率部 4 3 の高さは、切れ刃 1 0 から離れるにつれて減少している。第 5 曲率部 4 4 の高さは、切れ刃 1 0 から離れるにつれて増加している。サンプル 1 C の切削工具のその他の構成は、サンプル 1 A の切削工具と同様である。

## 【 0 0 6 1 】

次に、切削試験条件について説明する。これらのサンプルを用いて、板厚 1 0 mm の C F R P の余縁の切断を行なった。切削条件は、切削速度  $V = 1 5 0 \text{ m / min}$ 、送り量  $f = 0.48 \text{ mm / rev}$ 、総切削長 7 0 m とした。評価方法として、7 0 m 切削後の工具の切れ刃 1 0 とすくい面 1 2 の摩耗の大きさを確認した。その結果を、表 1 に示す。

20

## 【 0 0 6 2 】

## 【表 1】

試料番号	切削工具の断面形状	すくい面摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
1A	図4	30
1B	図13	200 (剥離)
1C	図14	60

30

## 【 0 0 6 3 】

表 1 に示されるように、サンプル 1 A ~ 1 C の切削工具のすくい面摩耗量は、それぞれ 3 0  $\mu\text{m}$ 、2 0 0  $\mu\text{m}$  および 6 0  $\mu\text{m}$  であった。サンプル 1 B の切削工具においては、ダイヤモンド層が剥離した。サンプル 1 A の切削工具のすくい面摩耗量が最も少なかった。以上の結果より、断面において、切れ刃から離れるにつれて頂面に垂直な方向の高さが大きくなるように傾斜部を設けることにより、すくい面摩耗量を低減可能であることが確かめられた。

## 【実施例 2】

40

## 【 0 0 6 4 】

以下に、サンプル 2 A ~ 2 C の切削工具を用いた切削試験の結果について説明する。まず、サンプル 2 A ~ 2 C に係る切削工具が準備される。サンプル 2 A ~ 2 C は、第 2 実施形態に係る切削工具であり (図 1 1 参照)、それらの角度 を表 2 に示す角度となるよう製作した。

## 【 0 0 6 5 】

次に、切削試験条件について説明する。これらのサンプルに対して、実施例 1 と同様の切削試験条件を用いて評価を行った。その結果を表 2 に示す。

## 【 0 0 6 6 】

50

【表 2】

試料番号	角度 $\theta$ (°)	すくい面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
2A	0	24
2B	30	32
2C	80	40

## 【0067】

表 2 に示されるように、サンプル 2 A ~ 2 C の切削工具のすくい面摩耗量は、それぞれ 24  $\mu\text{m}$ 、32  $\mu\text{m}$  および 40  $\mu\text{m}$  であった。すくい面摩耗量は、角度  $\theta$  が小さくなる従って少なくなった。角度  $\theta$  が 80° 以下であれば、すくい面摩耗量は、許容可能な範囲であることが確かめられた。

10

## 【実施例 3】

## 【0068】

以下に、サンプル 3 A ~ 3 C の切削工具を用いた切削試験の結果について説明する。まず、サンプル 3 A ~ 3 C に係る切削工具が準備される。サンプル 3 A ~ 3 C は、第 1 実施形態に係る切削工具であり（図 4 参照）、それらの切れ刃からの距離 L を表 3 に示す通りに製作した。

## 【0069】

次に、切削試験条件について説明する。これらのサンプルに対して、実施例 1 と同様の切削試験条件を用いて評価を行った。その結果を表 3 に示す。

20

## 【0070】

【表 3】

試料番号	切れ刃からの距離 L ( $\mu\text{m}$ )	すくい面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
3A	1500	29
3B	500	32
3C	10	35

30

## 【0071】

表 3 に示されるように、サンプル 3 A ~ 3 C の切削工具のすくい面摩耗量は、それぞれ 29  $\mu\text{m}$ 、32  $\mu\text{m}$  および 35  $\mu\text{m}$  であった。すくい面摩耗量は、切れ刃からの距離 L が大きくなる従って少なくなった。突起部が切れ刃から 10  $\mu\text{m}$  以内の領域にわたって設けられていれば、すくい面摩耗量は、許容可能な範囲であることが確かめられた。

## 【実施例 4】

## 【0072】

以下に、サンプル 4 A ~ 4 E の切削工具を用いた切削試験の結果について説明する。まず、サンプル 4 A ~ 4 E に係る切削工具が準備される。サンプル 4 A ~ 4 E は、第 1 実施形態に係る切削工具であり（図 4 参照）、それらの切れ刃の曲率半径を表 4 に示す通りに製作した。

40

## 【0073】

次に、切削試験条件について説明する。これらのサンプルに対して、実施例 1 と同様の切削試験条件を用いて評価を行った。その結果を表 4 に示す。

## 【0074】

50

【表 4】

試料 番号	切れ刃の曲率半径 ( $\mu\text{m}$ )	すくい面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )	逃げ面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
4A	0.005	40	40
4B	0.01	24	27
4C	5	22	26
4D	50	35	35
4E	60	45	45

10

## 【0075】

表4に示されるように、サンプル4A～4Eの切削工具のすくい面摩耗量は、それぞれ40 $\mu\text{m}$ 、24 $\mu\text{m}$ 、22 $\mu\text{m}$ 、35 $\mu\text{m}$ および45 $\mu\text{m}$ であった。サンプル4A～4Eの切削工具の逃げ面摩耗量は、それぞれ40 $\mu\text{m}$ 、27 $\mu\text{m}$ 、26 $\mu\text{m}$ 、35 $\mu\text{m}$ および45 $\mu\text{m}$ であった。以上の結果より、切れ刃の曲率半径が0.01 $\mu\text{m}$ 以上50 $\mu\text{m}$ 以下の範囲において、すくい面摩耗量および逃げ面摩耗量は少なくなることが確かめられた。

## 【0076】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

## 【符号の説明】

## 【0077】

1 突起部(第1突起部)、2 傾斜部(第1傾斜部)、2a 第2外周部、3 曲率部(第1曲率部)、3a 境界部、3b 第1外周部、4 第2突起部、5 第2傾斜部、6 第2曲率部、7 ダイヤモンド層、10 切れ刃、10a 底刃、10b 外周刃、11 逃げ面、11a 第1逃げ面部、11b 第2逃げ面部、12 すくい面、12a 第1すくい面部、12b 第2すくい面部、14 ヒール面、15 第1溝面、17 第2溝面、19 シャンク、20 基材、21 側面、22 頂面、23 稜線、31 第3突起部、32 第3傾斜部、33 第3曲率部、41 第4突起部、42 平坦部、43 第4曲率部、44 第5曲率部、100 切削工具、A 中心軸、B 延在方向、D1 切れ刃の法線、D2 直線、D3 傾斜部の法線、I 照射方向、L 距離、T1, T2, T3, T4 厚み、W1, W2, W3, W4 幅。

30

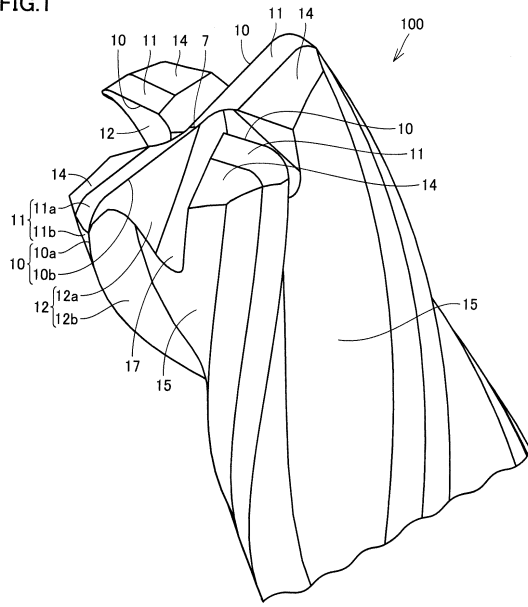
40

50

【 図面 】

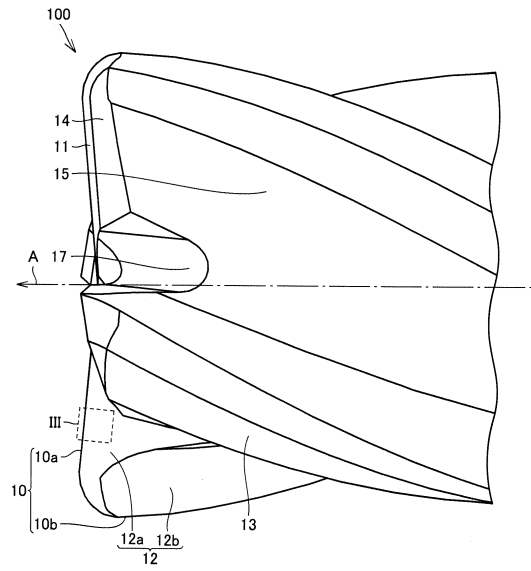
【 図 1 】

FIG.1



【 図 2 】

FIG.2

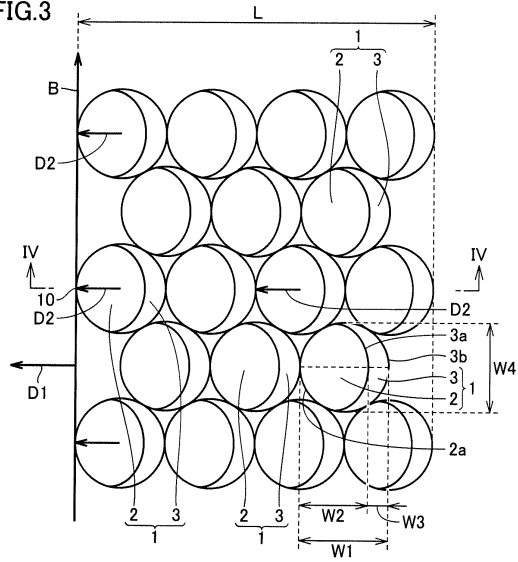


10

20

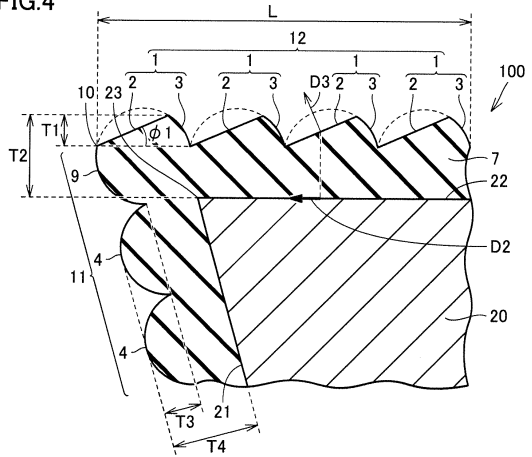
【 図 3 】

FIG.3



【 図 4 】

FIG.4



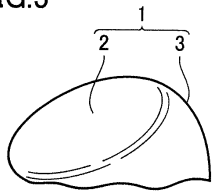
30

40

50

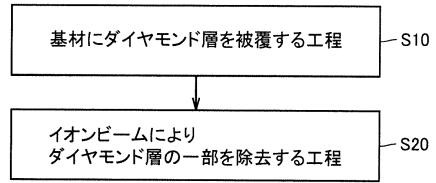
【図5】

FIG.5



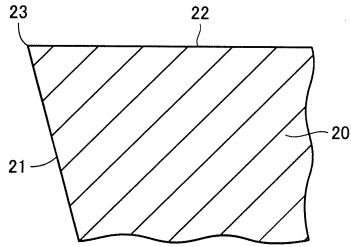
【図6】

FIG.6



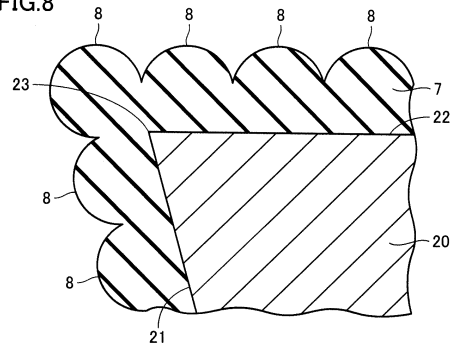
【図7】

FIG.7



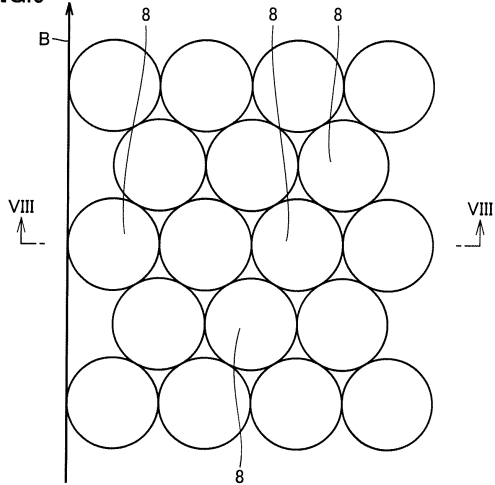
【図8】

FIG.8



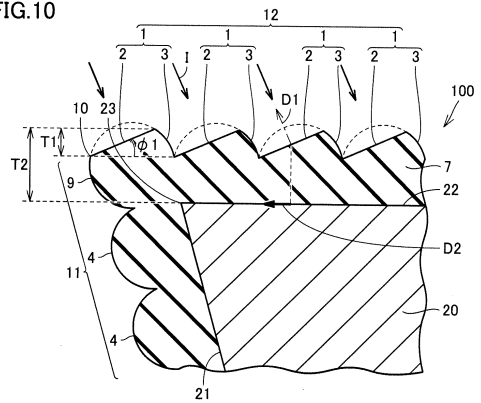
【図9】

FIG.9



【図10】

FIG.10



10

20

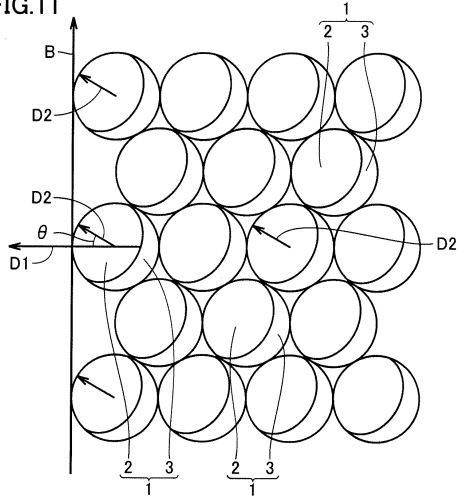
30

40

50

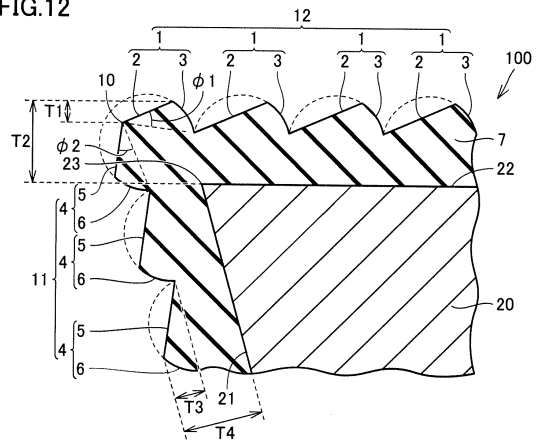
【 1 1 】

FIG.11



【 1 2 】

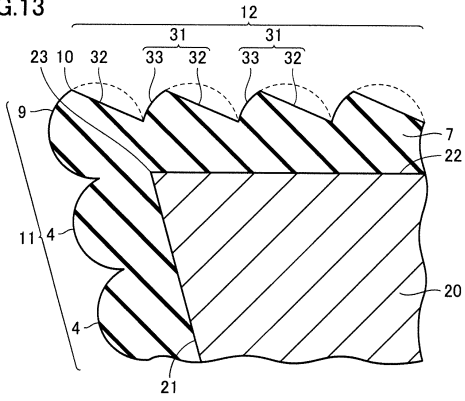
FIG.12



10

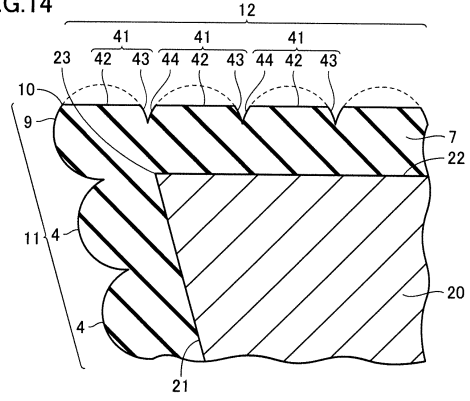
【 1 3 】

FIG.13



【 1 4 】

FIG.14



20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-226733(JP,A)  
国際公開第2005/011902(WO,A1)  
特開2007-307673(JP,A)  
特開2015-085462(JP,A)  
特開2011-101910(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23B 27/00 - 27/24 ,  
B23C 5/00 - 5/28 ,  
B23P 15/28 ,  
WPI