(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年9月17日(17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/183882 A1

(51) 国際特許分類:
B21D 28/02 (2006.01) *B21D 28/34* (2006.01)
B21D 28/14 (2006.01) *B23D 15/06* (2006.01)
B21D 28/24 (2006.01) *B23D 35/00* (2006.01)
B21D 28/26 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/000526

(22) 国際出願日： 2020年1月9日(09.01.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-044631 2019年3月12日(12.03.2019) JP
特願 2019-044629 2019年3月12日(12.03.2019) JP
特願 2019-044628 2019年3月12日(12.03.2019) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (**NIPPON STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 安富 隆 (**YASUTOMI, Takashi**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 小林 亜暢(**KOBAYASHI, Akinobu**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

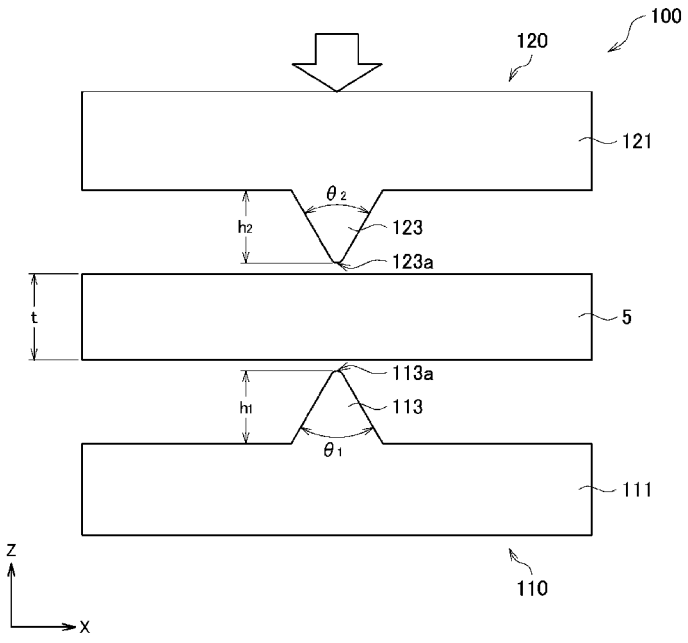
(74) 代理人: 特許業務法人ブライタス (**BRIGHTAS IP ATTORNEYS**); 〒1040061 東京都中央区銀座１丁目１９番１２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) **Title:** CUTTING METHOD AND CUT ARTICLE

(54) 発明の名称： 切断方法及び切断加工品

[図1]



(57) **Abstract:** The present invention provides a cutting method for cutting a material to be processed, using a cutting tool provided with a die and a punch, wherein the cutting method includes arranging the material to be processed between the die and the punch, relatively pressing in the punch toward the die in a state in which a wedge-shaped first blade part of the die and a wedge-shaped second blade part of the punch are facing each other, and cutting the material to be processed, the tip angle θ_1 of the first blade part and the tip angle θ_2 of the second

WO 2020/183882 A1

[続葉有]

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

blade part being 10 ° to 120 °, and the tip radius R_1 of the first blade part and the tip radius R_2 of the second blade part being 0.5% to 35.0% of a plate thickness.

(57) 要約:ダイとパンチとを備える切断工具を用いて被加工材を切断する切断方法であって、被加工材をダイとパンチとの間に配置することと、ダイの楔形状の第１の刃部とパンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、パンチをダイ側に相対的に押し込み、被加工材を切断することと、を含み、第１の刃部の先端角度θ_1及び第２の刃部の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下であり、第１の刃部の先端半径R_1及び第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の０．５％以上３５．０％以下である。

明　細　書

発明の名称 ： 切断方法及び切断加工品

技術分野

[0001] 本発明は、被加工材の切断方法、及び、当該切断方法により切断して形成された切断加工品に関する。

背景技術

[0002] 金属材の表面にめっき処理を施しためっき金属板、あるいは、金属材の表面を塗装した塗装金属板等のように、用途に応じて様々な表面処理材が製造されている。例えば、建材や自動車、家電製品には、耐食性に優れるめっき鋼板が利用されている。

[0003] 被加工材に表面処理を施して製造された表面処理材を用いた部品は、例えば、表面処理が施された被加工材を切断した後、加工し、製造される。被加工材５の切断は、例えば図３５に示すようなせん断加工工具１０を用いて切断することができる。せん断加工工具１０は、ダイ１１、パンチ１２及びブランクホルダ１３からなる。例えば、被加工材５の一端をダイ１１及びブランクホルダ１３で拘束した状態で、ダイ１１からクリアランスｄを有して置かれたパンチ１２をダイ１１側に相対的に移動させ、被加工材５にせん断力を与える。これにより、被加工材５が切断される。

[0004] 図３５に示したようなせん断加工工具１０を用いて切断された表面処理が施された被加工材５は、図３６に示すような切断端面を有する。被加工材５の切断端面は、ダレ、せん断面及び破断面からなる。ダレは、母材である金属材５ａの表面に被膜層５ｂが被覆された被加工材５に対し、被加工材５の上面側から下面側に向かって図３５に示すパンチ１２を押し込んだ際、被加工材５の上面に作用した引張力により生じた変形である。せん断面は、被加工材５にめり込んだパンチ１２の移動によって形成される平滑面であり、破断面は、被加工材５に生じたクラックが起点となって被加工材５が破断した面である。図３６に示すように、被加工材５の切断端面において、被膜層５

ｂはダレ部には残存するが、せん断面にはほとんど残存せず、破断面では金属材５ａが露出している。

[0005] ここで、被加工材５の切断端面において金属材５ａがほぼ露出しているせん断面及び破断面の耐食性は低く、赤錆の発生が懸念される。例えば、金属材の表面にめっき金属層を施しためっき金属板の切断端面の防錆対策としては、めっき金属層による犠牲防食あるいは化成が一般的である。例えば特許文献１には、切断端面のダレの大きさが、板厚方向においては板厚の０．１０倍以上の範囲に、平面方向においては板厚の０．４５倍以上の範囲に入るように切断加工を行うことが開示されている。このような切断加工により金属材に掛かる引張力とせん断力を高め、素地金属材の表面に被覆されためっき金属層を切断端面に回り込ませ、切断端面のうちせん断面の少なくとも一部をめっき金属層で被覆させる。この切断端面に回り込んだめっき金属層の犠牲防食作用により、切断端面における赤錆の発生を抑制している。

[0006] また、特許文献２には、表面処理鋼板を上下にずらした回転刃で切断した後、成形ロールを用いて端面処理する方法が開示されている。

[0007] さらに、特許文献３には、先端断面がＶ形状の上刃を有する上刃型と、上刃型に対向する同形状構造の下刃を有する下刃型でなる金型に積層基材を移送して載置し、上刃型あるいは上刃型と下刃型の移動動作による上刃と下刃により切断加工する積層基材の切断方法が開示されている。

[0008] また、特許文献４には、線材に溶接性の良い材料の外皮を被着して線状の接点材を構成し、この接点材を上面が傾斜したくさび状断面の切れ刃を有するカッタで前記外皮を通して剪断することにより前記外皮を塑性変形させて線材の剪断面に溶接性の良い材料の被膜を形成し、この剪断面を介して線材を接点台金に接合する電気接点の製造方法が開示されている。切れ刃上面の斜面の途中には凹みが設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２０１７－８７２９４号公報

特許文献2：特開２０１８－０７５６００号公報

特許文献3：特開２００６－３１５１２３号公報

特許文献4：特開平１－２５５１１７号公報

特許文献5：国際公開第２０１６／０２７２８８号

特許文献6：特開２０１２－１０１２５８号公報

特許文献7：特開２００８－１５５２１９号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：加田修、他２名、“棒線材の高機能成形解析”、新日鉄技報、新日鐵住金株式会社、２００７年３月、第３８６号、ｐ．５９－６３

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかし、上記特許文献１では、素地金属材の表面のめっき金属層は、切断端面のうちせん断面の少なくとも一部のみを被覆するのみであり、破断面では素地金属材は露出したままである。このため、めっき金属板の切断端面の耐食性が十分ではない。また、一般に、防錆を目的として切断端面に過度の犠牲防食性を付与しようとすると、めっき金属板の表面のめっきが減少し、めっき金属板の表面の表面耐食性（すなわち、平面耐食性）が低下してしまう。

[0012] また、上記特許文献２では、表面処理鋼板の切断加工と、切断加工された表面処理鋼板の端面部の成形との、二度の加工によってめっきの被覆率を高めている。しかし、複数の加工工程を実施する必要があるため、設備コストが大きくなる。また、特許文献２に記載された工法では、上下にずらした回転刃で表面処理鋼板を切断した後、その端面部の形状を整えることから、各工程で異なる方向に応力が付与されるため、めっき層に割れや剥離が生じやすい。さらに、特許文献２に記載された工法では、母材である鋼板の端面を覆うためにより多くのめっき層を表面側から流し込む必要がある。そうすると、表層のめっきが割れたり局部的に薄くなったりする等の不具合が生じたり、酸化被膜あるいはコンタミが付着した鋼板表面上にめっきが流れ込むこ

とよるめっきの密着不良が生じたりする可能性がある。

[0013] さらに、上記特許文献３では、刃先の先端は図２（ａ）に示すような平坦部分を有している。このため、かかる工具を用いて積層基材を切断すると、刃が積層基材に食い込む際にめっきが分断され、切断端面にめっきは被覆されない。また、切断の最後に材料を押しつぶす状態となるため、積層基材を１工程で切断する、または、１工程目で積層基材に十分な損傷を与えて次工程で切断端面を所望の形状とする切断を行うことは困難である。

[0014] また、上記特許文献４では、線材のめっきを切断時にその端面に被覆させることを目的としている。特許文献４の図１または図２に示されているように、かかるカッタの刃の一面は傾斜面であるが、他方の面はほぼ垂直な面であり、非対称性が著しく高い形状となっている。線材に刃が食い込む際、刃と線材とは点で接触するため、刃の進行方向に対して垂直方向にはほとんど力が生じない。このため、線材であれば特許文献４に示されている刃先の形状であっても切断可能である。これに対し、板材の被加工材を切断する場合、刃と被加工材とは線で接触する。このため、特許文献４に示されている刃先の形状では刃の進行方向に対して垂直方向に大きな力が生じ、刃への負荷が大きくなる。樹脂のように刃に対して被加工材が非常に柔らかい場合にはかかる刃に生じる負荷は問題とはならないが、金属材料のように一定以上の強度を有する材料の切断においては、刃の耐久性を著しく劣化させる。

[0015] そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、被加工材の切断において、被加工材の有する性能が切断後に低下することを抑制することが可能な、新規かつ改良された切断方法及び切断工具を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、ダイとパンチとを備える切断工具を用いて被加工材を切断する切断方法であって、被加工材をダイとパンチとの間に配置することと、ダイの楔形状の第１の刃部とパンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、パンチをダイ側に相対的に

押し込み、被加工材を切断することと、を含み、第１の刃部の先端角度θ_1及び第２の刃部の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下であり、第１の刃部の先端半径R_1及び第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の０．５％以上３５．０％以下である、切断方法が提供される。

[0017] 被加工材は、母材の表面を被覆材により被覆してなる複層材であってもよい。

[0018] 第１の刃部の先端角度θ_1及び第２の刃部の先端角度θ_2は、３０°以上９０°以下としてもよい。

[0019] 第１の刃部の先端半径R_1及び第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の１．５％以上１０．０％以下であってもよい。

[0020] 被加工材の切断は、複数の切断工程で行ってもよい。

[0021] 複数の切断工程は、第１の切断工程と、第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、第２の切断工程では、第２の切断工程での第１の刃部の先端角度θ_1を、第１の切断工程での第１の刃部の先端角度θ_1よりも小さくすること、または、第２の切断工程での第２の刃部の先端角度θ_2を、第１の切断工程での第２の刃部の先端角度θ_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材を切断するようにしてもよい。

[0022] また、複数の切断工程は、第１の切断工程と、第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、第２の切断工程では、第２の切断工程での第１の刃部の先端半径R_1を、第１の切断工程での第１の刃部の先端半径R_1よりも小さくすること、または、第２の切断工程での第２の刃部の先端半径R_2を、第１の切断工程での第２の刃部の先端半径R_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材を切断するようにしてもよい。

[0023] また、複数の切断工程のうち、１回目の切断工程におけるパンチのストロークＳは、第１の刃部の先端半径をR_1、第２の刃部の先端半径をR_2、被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（Ａ）を満たすようにしてもよい。

$$(R_1+R_2) \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\} \quad \cdots (A)$$

[0024] 被加工材の削り幅は、被加工材の一方の端部と当該被加工材の切断位置との距離であり、被加工材の削り幅Ｄは、第１の刃部の先端半径をR_1、第２の刃部の先端半径をR_2、被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（Ｂ）を満たすように設定してもよい。

$R \leqq D \leqq 3t$ ・・・（Ｂ）

$R = Min(R_1, R_2)$

[0025] ダイの楔形状の第１の刃部とパンチの楔形状の第２の刃部とは、それぞれ、刃先における法線に対して非対称な形状を有してもよい。

[0026] ここで、第１の刃部の先端角度θ_1は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{1a}、θ_{1b}に分割され、第２の刃部の先端角度θ_2は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{2a}、θ_{2b}に分割され、角度θ_{1a}と角度θ_{1b}との角度差である（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、５°以上４５°以下としてもよい。

[0027] また、第１の刃部の先端半径R_1を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された第１の刃部の各先端半径R_{1a}、R_{1b}の平均値とし、第２の刃部の先端半径R_2を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された第２の刃部の各先端半径R_{2a}、R_{2b}の平均値としたとき、先端半径R_1、R_2は、それぞれ、板厚の０．５％以上３５．０％以下であってもよい。

[0028] 第１の刃部の先端半径R_1を分割した２つの先端半径の比R_{1a}/R_{1b}またはR_{1b}/R_{1a}、及び、第２の刃部の先端半径R_2を分割した２つの先端半径の比R_{2a}/R_{2b}またはR_{2b}/R_{2a}は、１．１以上１００以下であってもよい。

[0029] また、切断方法は、被加工材から、最終形状領域と当該最終形状領域の縁部に沿って設けられた余剰領域とを有する中間材を形成することと、最終形状領域の縁部に対応して刃部が閉形状に形成されたダイとパンチとを備える切断工具を用いて、ダイの楔形状の第１の刃部とパンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、パンチをダイ側に相対的に押し込み、中間材を切断することと、を含んでもよい。

[0030] また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被加工材を切断加工して形成された切断加工品であって、切断加工品の切断端面は、板厚方向に第１の表面から中央に向かって傾斜する第１の傾斜面と、板厚方向に第２の表面から中央に向かって傾斜する第２の傾斜面と、第１の傾斜面と第２の傾斜面との間に形成される破断面と、からなり、切断端面を正面から見たときの傾斜面の厚さは、下記関係式（Ｃ）を満たす、切断加工品が提供される。

$$(T_1+T_2)<T \quad \cdots (C)$$

$$T_1=A_1\cos\theta_1、\ T_2=A_2\cos\theta_2$$

ここで、T_1は切断端面を正面から見たときの第１の傾斜面の厚さ、T_2は切断端面を正面から見たときの第２の傾斜面の厚さ、A_1は切断端面を側面から見たときの第１の傾斜面の長さ、A_2は切断端面を側面から見たときの第２の傾斜面の長さ、θ_1は第１の傾斜面の傾斜角度、θ_2は第２の傾斜面の傾斜角度、Ｔは被加工材の板厚である。

[0031] 切断端面を正面から見たときの破断面の厚さT_3は、下記関係式（Ｄ）を満たしてもよい。

$$0<T_3\leqq 0.5T \quad \cdots (D)$$

[0032] 被加工材は、母材の表面を被覆材により被覆してなる複層材であり、第１の傾斜面及び第２の傾斜面は、少なくとも一部が母材の表面を覆う被覆材により被覆されてもよい。

[0033] 第１の傾斜面は、少なくとも一部が母材の第１の表面を覆う被覆材により被覆され、第２の傾斜面は、少なくとも一部が母材の第２の表面を覆う被覆材により被覆されてもよい。

[0034] 母材の板厚ｔは、０．２ｍｍ以上１０ｍｍ以下であってもよい。

発明の効果

[0035] 以上説明したように本発明によれば、被加工材の切断において、被加工材の有する性能が切断後に低下することを抑制できる。例えば、表面処理が施された被加工材の切断において、母材の平面における被覆材の機能を維持し

ながら、その機能を切断端面にも発現させることができる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]本発明の第１の実施形態に係る切断工具を示す説明図であって、被加工材の切断前の状態を示す。

[図2]図１に示す切断工具による被加工材の切断後の状態を示す説明図である。

[図3]同実施形態に係る切断工具の他の構成を示す説明図である。

[図4]同実施形態に係る切断工具により切断された被加工材の切断端面を模式的に示す説明図である。

[図5]同実施形態に係る切断工具により被加工材を切断したときの、被加工材の切断端面の画像である。

[図6]同実施形態に係る切断工具を示す説明図であって、第１の刃部の先端の位置と第２の刃部の先端の位置とのずれ量を示す。

[図7]被加工材の削り幅を説明するための模式図である。

[図8]削り幅と破断面比率との関係の一例を示すグラフである。

[図9]図８にて設定した各削り幅で切断された被加工材の、各片の切断端面の正面写真である。

[図10]パンチの刃部について、法線により二分した左右の角度を相違させて非対称形状とした例を示す模式図である。

[図11]パンチの刃部について、法線により二分した左右の先端半径を相違させて非対称形状とした例を示す模式図である。

[図12]同実施形態に係る切断工具を示す説明図であって、第１の刃部の先端の位置と第２の刃部の先端の位置とのずれ量を示す。

[図13]本発明の第２の実施形態に係る被加工材における切断位置を示す平面図である。

[図14]同実施形態に係る切断方法における中間材の形成工程を示す説明図である。

[図15]同実施形態に係る切断方法における切断工程を示す説明図である。

[図16]同実施形態に係る切断工程にて用いる切断工具を示す説明図であって、被加工材の切断前の状態を示す。

[図17]図１６に示す切断工具による被加工材の切断後の状態を示す説明図である。

[図18]同実施形態に係る切断工具を示す説明図であって、第１の刃部の先端の位置と第２の刃部の先端の位置とのずれ量を示す。

[図19]同実施形態に係る他の切断方法において、被加工材における切断位置を示す平面図である。

[図20]同実施形態に係る他の切断方法における中間材の形成工程を示す説明図である。

[図21]同実施形態に係る他の切断方法における切断工程を示す説明図である。

[図22]本発明の一実施形態に係る切断加工品の切断端面を模式的に示す説明図である。

[図23]同実施形態に係る切断加工品の形状を説明するための説明図である。

[図24]同実施形態に係る切断加工品の形状の他の例を示す説明図である。

[図25]実施例（Ａ）として、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真である。

[図26]実施例として、めっき金属材の切断端面の、めっきによる金属材の被覆状態を表す板厚割合を示すグラフである。

[図27]図２５に示す写真において、図２６の板厚割合を算出したときの、めっき金属材の板厚と、めっき層の厚さとを示す説明図である。

[図28]実施例（Ｅ）として、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真である。

[図29]実施例（Ｆ）として、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真である。

[図30]実施例（Ｇ）として、切断工具の刃先の形状を変化させたときの被加工材の切断端面を模式的に示す説明図である。

[図31]実施例（Ｈ）として、刃先の先端の平坦部分の有無に関する刃先形状を表す模式図である。

[図32]実施例（Ｉ）における解析結果及びめっき金属材の切断可否を示す図である。

[図33]疲労試験に用いた試験片の形状を示す平面図である。

[図34]疲労試験結果を示すグラフである。

[図35]従来のせん断加工工具の一例を示す説明図である。

[図36]図３５のせん断加工工具により切断された被加工材の切断端面を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0038] ［１．第１の実施形態］

［１－１．切断工具の概略構成］

（１．概略構成）

まず、図１～図３に基づいて、本発明の第１の実施形態に係る切断工具１００の概略構成について説明する。なお、図１は、本実施形態に係る切断工具１００の一例を示す説明図であって、被加工材５の切断前の状態を示す。図２は、図１に示す切断工具１００による被加工材５の切断後の状態を示す説明図である。図３は、本実施形態に係る切断工具１００の他の構成を示す説明図である。図１～図３では、被加工材５の板長方向をＸ方向、板幅方向をＹ方向、板厚方向をＺ方向としたとき、被加工材５を板幅方向に沿って切断する場合を示している。

[0039] 本実施形態に係る切断工具１００は、表面処理が施された被加工材を切断する工具である。以下の説明では、被加工材の一例として、母材である金属材（図４の金属材５ａ）の表面に被覆層（図４の被膜層５ｂ）を有する表面

処理材を取り上げる。このような被加工材としては、例えば、金属板の表面にめっきが施されためっき金属板、母材である金属材に対して表面を塗装した塗装金属板、金属板にフィルムをラミネートしたフィルムラミネート金属板等がある。

[0040] 本実施形態に係る切断工具１００は、図１に示すように、板幅方向（Ｙ方向）から見て、基部１１１に楔形状の第１の刃部１１３を有するダイ１１０と、基部１２１に楔形状の第２の刃部１２３を有するパンチ１２０と、からなる。楔形状の第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は板幅方向（Ｙ方向）に延びており、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の延びる方向に沿って被加工材５は切断される。

[0041] ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３により切断される被加工材５は、ダイ１１０とパンチ１２０との間に配置される。例えば、被加工材５は、ダイ１１０の上に載置される。このとき、ダイ１１０とパンチ１２０とは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを対向させて設置されている。そして、被加工材５がダイ１１０の上に載置された状態で、ダイ１１０に対してパンチ１２０を相対的に押し込ませることで、図２に示すように被加工材５が切断される。この際、被加工材５を保持するブランクホルダは必ずしも使用する必要はない。しかし、例えば図３に示すように、ブランクホルダ１３０を使用すれば、刃部１１３、１２３の両側において被加工材５をパッド１３１、１３２、１３３、１３４により保持することができる。この場合、被加工材５の傾きが抑制され、切断を安定して行うことができる。

[0042] なお、ブランクホルダ１３０は、ダイ１１０またはパンチ１２０のうち少なくともいずれか一方に設けられていればよい。すなわち、図３の例では、ブランクホルダ１３０をダイ１１０にのみ設けるときにはパッド１３３、１３４のみが設けられていればよく、ブランクホルダ１３０をパンチ１２０にのみ設けるときにはパッド１３１、１３２のみが設けられていればよい。

[0043] 本実施形態に係る切断工具１００は、パンチ１２０をダイ１１０に押し込

んだ際、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３と被加工材５との間に生じる引張力により、被加工材５の表面の被膜層を切断端面へ入り込ませ、切断端面が被膜層で覆われるようにする。すなわち、パンチ１２０をダイ１１０に押し込んだときの被加工材５に対する第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに被加工材５の表面の被膜層を追従させ、被膜層を切断端面へ入り込ませる。これにより、被加工材５の切断端面を被膜層で被覆させる。

[0044] （２．被膜層による切断端面の被覆）

切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の一例を図４に示す。図４では、被加工材５の切断端面の側面（すなわち、板幅方向に見た面）の断面を模式的に示している。図４に示すように、被加工材５の切断端面は、ダレｓ１、ｓ２と、傾斜面ｓ３、ｓ４と、破断面ｓ５とからなる。ダレｓ１及び傾斜面ｓ３は、ダイ１１０の第１の刃部１１３により形成され、ダレｓ２及び傾斜面ｓ４は、パンチ１２０の第２の刃部１２３により形成される。破断面ｓ５は、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３によって被加工材５に生じたクラックが起点となって被加工材５が破断して形成される。

[0045] 図４に示すように、金属材５ａの上面側の被膜層５ｂは、金属材５ａの表面からダレｓ１及び傾斜面ｓ３にまで連続して金属材５ａを覆う。同様に、金属材５ａの下面側の被膜層５ｂは、金属材５ａの表面からダレｓ２及び傾斜面ｓ４にまで連続して金属材５ａを覆う。このように、本実施形態に係る切断工具１００により切断された被加工材５は、連続する同一の被膜層５ｂで金属材５ａの表面から切断端面までが被覆されるようになる。図５に、本実施形態に係る切断工具１００により被加工材５を切断したときの、被加工材５の切断端面の画像を示す。図５に示すように、被加工材の傾斜面には、金属材の表面に被膜層が被覆されていることがわかる。

[0046] 例えば、被加工材５の切断後に、切断端面に対してめっきや塗装等の表面処理を施すことで切断端面を被覆することは可能である。しかし、被加工材５の被膜層５ｂと同一組成の材料で切断端面を被覆することは難しく、切断端面の耐食性は金属材５ａの表面に比べて低い。これに対して、本実施形態

に係る切断工具１００により切断された被加工材５は、切断と同時に連続する同一の被膜層５ｂで金属材５ａの表面から切断端面までを被覆されるため、切断端面は酸化しにくい。したがって、本実施形態に係る切断工具１００を用いて被加工材５を切断することで、切断端面の耐食性の高い被加工材５を提供することができる。

[0047] なお、本実施形態に係る切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の形状は、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状に起因する。第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は楔形状であるため、被加工材５の切断端面には、図３６に示したような垂直なせん断面ではなく、図４に示すような楔形状の斜面に沿った傾斜面ｓ３、ｓ４を有する形状となる。このため、例えば図１の切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面は、板厚方向中心に向かうにつれて突出した形状となる。

[0048] 第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状を楔形状とすることで、被加工材５の切断時、楔形状の斜面に沿って金属材５ａの表面の被膜層５ｂが第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに追従しやすくなる。その結果、図４に示すように、金属材５ａの表面の被膜層５ｂを切断端面のダレｓ１、ｓ２だけでなく、傾斜面ｓ３、ｓ４まで追従させることができる。また、刃部１１３及び刃部１２３によって被加工材５の表裏両面にダレｓ１、ｓ２が形成されることで、バリの無い切断面が形成される。

[0049] また、金属材５ａの表面の被膜層５ｂは、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の斜面に追従して切断端面へ移動する。このとき、切断端面の傾斜面ｓ３、ｓ４の表面を覆う被膜層５ｂの量は、図４に示すように、破断面ｓ５に向かうにつれて徐々に減少する。このように傾斜面ｓ３、ｓ４に被膜層５ｂを被覆させることで、金属材５ａの切断端面のうち被膜層５ｂにより被覆される面が増加しても、金属材５ａの表面を被覆している被膜層５ｂが切断端面へ移動される量はほとんど増加しないため、被加工材５の平面耐食性を維持することができる。

[0050] なお、破断面ｓ５はクラックが生じて被加工材５が破断して形成された面

であるため、破断面ｓ５にまで被膜層５ｂを入り込ませることは難しい。しかし、第１の刃部１１３の先端１１３ａと第２の刃部１２３の先端１２３ａとがほぼ接触する状態となるまでは、被加工材５はその斜面に沿って切断されるため、破断面ｓ５は、切断端面のうち破断面ｓ５が占める割合はわずかである。したがって、破断面ｓ５が被膜層５ｂで覆われていないとしても、耐食性を著しく低下させることはない。

[0051] さらに、本実施形態に係る切断工具１００のように、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とを楔形状とすることで、例えば引張強度が２００ＭＰａ以上の強度を有する材料、あるいは、厚みのある材料も切断可能となる。また、引張強度が２７０ＭＰａ以上の強度を有する材料、さらには、引張強度が５９０ＭＰａ以上の強度を有する材料も切断可能となる。

[0052] ［１－２．刃部の形状］

（ａ．刃部の形状が対称である場合）

本実施形態に係る切断工具１００において、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とは、図１に示すように同一の楔形状を有する。しかし、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は、少なくとも楔形状であればよく、それぞれ以下の形状を満たしていることが好ましい。

[0053] （先端角度）

第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下とすることが好ましい。先端角度θ_1、θ_2が１０°以上であると、傾斜が大きくなるため、被膜層５ｂの追従性が向上し、切断端面の耐食性がより向上する。また、刃部１１３及び刃部１２３にかかる応力が小さくなり、刃先の損傷が抑制され、工具の耐久性が向上する。また、先端角度θ_1、θ_2が１２０°以下であると、被加工材５を切断するために必要な荷重が大きくなり過ぎず、かつ、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断が容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０

°以上１２０°以下とし、より好ましくは３０°以上９０°以下とする。

[0054]（先端半径）

第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2は、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とすることが好ましい。先端半径R_1、R_2が板厚ｔの０．５％以上であると、刃部１１３及び刃部１２３の刃先にかかる応力が大きくなり過ぎず、刃先の損傷が抑制され、耐久性が向上する。また、先端半径R_1、R_2が板厚ｔの３５．０％以下であると、切断端面の形状が良好となる。また、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断がより容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2は、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とし、より好ましくは板厚ｔの３．０％以上１０．０％以下とする。

[0055] ここで、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは異なる形状であってもよい。例えば、先端半径R_1、R_2または先端角度θ_1、θ_2のうち少なくともいずれか一方が異なれば、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは異なる形状となる。第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを異なる形状とすることで、破断面比率を変化させることができる。なお、破断面比率は、被加工材５の板厚に対する破断面ｓ５の割合である。

[0056] このとき、第１の刃部１１３の先端半径R_1と第２の刃部１２３の先端半径R_2との比（先端半径比R_1/R_2またはR_2/R_1）は、１００未満であることが好ましく、より好ましくは１０未満とする。最も好ましいのは、先端半径R_1、R_2が等しい場合である。なお、第１の刃部１１３の先端半径R_1と第２の刃部１２３の先端半径R_2との大小関係は特に限定されない。また、第１の刃部１１３の先端角度θ_1と第２の刃部１２３の先端角度θ_2との比（先端角度比θ_1/θ_2またはθ_2/θ_1）は、４未満であることが好ましく、より好ましくは２未満とする。最も好ましいのは、先端角度θ_1、θ_2が等しい場合である。なお、第１の刃部１１３の先端角度θ_1と第２の刃部１２３の先端角度θ_2との大小関係は特に限定されない。

[0057] 先端半径比R_1／R_2またはR_2／R_1、及び、先端角度比θ_1／θ_2またはθ_2／θ_1が上記範囲内となるように設定することで、破断面比率を低くすることができる。第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とで、先端半径または先端角度のうち少なくともいずれか一方が大きく異なっていると、一方の刃部による切断が先行して進行するため被加工材５の変形が集中する。その結果、被加工材５の破断が早まり破断面比率が大きくなるため、切断端面に被膜層５ｂが被覆される割合が低下する。そこで、先端半径比R_1／R_2またはR_2／R_1、及び、先端角度比θ_1／θ_2またはθ_2／θ_1を上記範囲内となるように設定することで、破断面比率を低くすることができる。

[0058] （先端位置のずれ量）

第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、ダイ１１０とパンチ１２０とが対向する方向（すなわち、被加工材５の板厚方向）に直交する水平方向において、図１及び図２に示すように一致させてもよい。第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とを一致させることで、刃部１１３及び刃部１２３にかかるＸ方向の力を低減させることができ、耐久性が向上する。また、適切なタイミングで刃先から亀裂を発生させ、切断を完了させることができる。

[0059] あるいは、図６に示すように、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、水平方向にずれ量ｘだけずれていてもよい。先端位置のずれ量ｘとは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とが対向する方向に直交する水平方向（すなわち、Ｘ方向）における、第１の刃部１１３の先端１１３ａと第２の刃部１２３の先端１２３ａとの距離を意味する。先端位置のずれ量は板厚ｔの５０％以下であるのが好ましい。先端位置のずれ量が板厚ｔの５０％以下であれば、被加工材５を確実に所望の端面性状が得られるように切断することができる。

[0060] （削り幅）

被加工材５の削り幅Ｄは、切断工具１００による切断時に切断位置から板

長方向（Ｘ方向）に被加工材５を残しておくべき長さをいう。被加工材５の削り幅Ｄは、例えば図７に示すように、切断位置から被加工材５の一方の端部までの長さで表される。図６に示すように、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とがずれている場合には、被加工材５の削り幅Ｄは、例えば被加工材５の端部から当該端部に近い側の刃部の先端位置までの長さとすればよい。なお、図７では、被加工材５の削り幅Ｄを取る側と反対側において、ダイ１１０と被加工材５との間にパッド１４０が配置されている。パッド１４０は、図３に示したブランクホルダ１３０のパッド１３１、１３２、１３３、１３４と同様に機能する。

[0061] 被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒ以上であり、被加工材５の板厚ｔの５倍以下（Ｒ≦Ｄ≦５ｔ）、特に被加工材５の板厚ｔの３倍以下であることが好ましい（Ｒ≦Ｄ≦３ｔ）。より好ましくは、被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒの３倍以上であり、被加工材５の板厚ｔ以下とする（３Ｒ≦Ｄ≦ｔ）。なお、刃部の先端半径Ｒは、第１の刃部１１３の先端半径$Ｒ_1$または第２の刃部１２３の先端半径$Ｒ_2$である。先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$が同一の場合は、$Ｒ＝Ｒ_1＝Ｒ_2$である。先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$が異なる場合は、先端半径Ｒは、第１の刃部１１３の先端半径$Ｒ_1$と第２の刃部１２３の先端半径$Ｒ_2$とのうち小さい方とする（$Ｒ＝Ｍｉｎ（Ｒ_1，Ｒ_2）$）。

[0062] 削り幅Ｄを板厚ｔの５倍以下、より好ましくは３倍以下とすることで、切断による破断面ｓ５の発生が抑制され、破断面比率を低下させることができる。図８に、削り幅Ｄと破断面比率との関係の一例を示す。図８は、板厚ｔが３．２ｍｍの被加工材５を、削り幅Ｄを１．６ｍｍ（＝０．５ｔ）、３．２ｍｍ（＝ｔ）、５．０ｍｍ（≒１．６ｔ）、６．４ｍｍ（＝２．０ｔ）、１０．０ｍｍ（≒３．１ｔ）、１２．８ｍｍ（＝４．０ｔ）、１６．０ｍｍ（＝５．０ｔ）にそれぞれ設定し、図１に示す切断工具１００により切断したときの破断面比率を示している。ここでは、被加工材５として、板厚３．２ｍｍの引張強度４６０ＭＰａの亜鉛めっき鋼板を用いた。切断工具１００の先端半径Ｒは０．０５ｍｍ、先端角度θは６０°とした。同一の削り幅Ｄ

における２つのプロットは、切断工具１００により切断された被加工材５の２つの片について測定された破断面比率を示している。

[0063] また、図９には、切断端面の例として、１．６ｍｍ、３．２ｍｍ、６．４ｍｍ、１２．８ｍｍの削り幅Ｄで切断された被加工材５の各片の切断端面を示している。

[0064] 図８及び図９より、削り幅Ｄが小さいほど、破断面比率が低下することがわかる。また、削り幅Ｄが板厚ｔ以下であるとき、破断面比率がさらに低下することがわかる。一方、削り幅Ｄを刃部の先端半径Ｒ以上、特に先端半径Ｒの３倍以上とすることで、切断時の工具の弾性変形による刃先の位置ずれを抑制することができ、切断により良好な端面形状を得ることできる。

[0065] このように、ダイ１１０の第１の刃部１１３、パンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量、または、被加工材５の削り幅Ｄを変化させることで、切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の形状が変化し、切断端面の被膜層５ｂによる被覆状態が変化する。したがって、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量及び被加工材５の削り幅Ｄは、切断後の被加工材５に要求される切断端面の形状あるいは耐食性に応じて適宜設定すればよい。

[0066] （刃部の高さ）

第１の刃部１１３の高さh_1及び第２の刃部１２３の高さh_2は、少なくともこれらの和（h_1+h_2）が被加工材５の板厚ｔよりも大きくすればよい。

[0067] 以上、本実施形態に係る切断工具１００の形状と、これを用いて切断された被加工材５の切断端面の被膜層による被覆状態とについて説明した。本実施形態に係る切断工具１００は、それぞれ楔形状の刃部１１３、１２３を有するダイ１１０及びパンチ１２０からなる。楔型状の刃部１１３、１２３により被加工材５を切断することで、金属材５ａの表面の被膜層５ｂを刃部１１３、１２３の動きに追従させて切断端面へ入り込ませることができる。切断端面の傾斜面ｓ２、ｓ４には、破断面ｓ５に向かって切断端面を被覆する

被膜層の量が減少するように、金属材５ａの表面から連続して被膜層５ｂが被覆される。したがって、被加工材５の平面耐食性を維持しながら切断端面の耐食性を向上させることができる。

[0068] なお、上記切断工具１００による被加工材５の切断は、１回の切断により行ってもよく、複数の切断工程により行ってもよい。複数の切断工程による切断とは、ダイ１１０をパンチ１２０に相対的に押し込む切断工程を複数回実施して、被加工材５を２つの片に切断することをいう。複数の切断工程により被加工材５を切断することで、様々な切断端面を実現することができる。

[0069] 例えば、複数の切断工程により被加工材５を切断する際、各切断工程での第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2を段階的に小さくするようにしてもよい。より具体的に説明すると、複数の切断工程が、第１の切断工程と、第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含むとする。このとき、第２の切断工程では、第１の刃部１１３の先端角度θ_1を、第１の切断工程での先端角度θ_1よりも小さくすること、または、第２の刃部１２３の先端角度θ_2を、第１の切断工程での先端角度θ_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材５を切断する。これにより、切断端面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得ることができる。

[0070] この際、各切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、段階的に小さくするのがよい。最初の切断工程のストロークを大きくすることで、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに対する被膜層５ｂの追従性が高まる。

[0071] 例えば、複数の切断工程のうち、１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、下記式（１）の関係式を満たすようにすることが好ましい。より好ましくは、１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、下記式（２）を満たすようにする。なお、「１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳ」とは、刃が被加工材５と接する位置を起点

とするストローク量をいう。このように１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳを設定することで、切断端面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させるとともに、良好な端面形状を得ることができる。

[0072] $(R_1+R_2) \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\}$ ・・・（１）

$(R_1+R_2)\times 2 \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\times 2\}$ ・・・（２）

[0073] また、複数の切断工程により被加工材５を切断する際、各切断工程での第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2を段階的に小さくするようにしてもよい。すなわち、第２の切断工程では、第１の刃部１１３の先端半径R_1を、第１の切断工程での先端半径R_1よりも小さくすること、または、第２の刃部１２３の先端半径R_2を、第１の切断工程での先端半径R_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材５を切断する。この場合も、先端角度を小さくする場合と同様、切断端面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得るという効果を奏する。

[0074] なお、被加工材５の切断時のダレの形成を抑制した上で、切断端面に被膜層５ｂを被覆させつつ、切断工具１００に対する負荷を低減したい場合には、各切断工程での第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2を段階的に大きくするようにしてもよい。

[0075] このように、各切断工程で刃部の先端半径または先端角度を段階的に変化させることで、良好な端面形状を制御することができる。さらに、端面のめっきの被覆量を段階的に調整することも可能となる。例えば、先端半径または先端角度を段階的に小さくすることで、端面の端部のバリを低減しつつ、端面のより広い領域にめっきを行き渡らせることができる。また、先端半径または先端角度を段階的に大きくすることで、端面の切断起点部分にめっきを多く残しつつ、端面に薄くめっきを被覆させることができる。このように、切断起点部分のめっきを多く残すことで、端面から被加工材５の表面へ赤錆が流れ出ることを抑制することができる。

[0076] （ｂ．刃部の形状が非対称である場合）

本実施形態に係る切断工具１００において、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とは、図１に示すように先端１１３ａ、１２３ａにおける法線に対して非対称の楔形状を有する。しかし、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は、少なくとも法線に対して非対称な楔形状であればよく、それぞれ以下の形状を満たしていることが好ましい。

[0077] （先端角度）

第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下とすることが好ましい。先端角度θ_1、θ_2が１０°以上であると、傾斜が大きくなるため、被膜層５ｂの追従性が向上し、切断端面の耐食性がより向上する。また、刃部１１３及び刃部１２３にかかる応力が小さくなり、刃先の損傷が抑制され、工具の耐久性が向上する。また、先端角度θ_1、θ_2が１２０°以下であると、被加工材５を切断するために必要な荷重が大きくなり過ぎず、かつ、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断が容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下とし、より好ましくは３０°以上９０°以下とする。

[0078] また、本実施形態に係る切断工具１００では、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状を法線に対して非対称とする。例えば、第１の刃部１１３の先端角度θ_1について、法線により二分した左右の角度θ_{1a}、θ_{1b}（$\theta_1=\theta_{1a}+\theta_{1b}$）を相違させることで、第１の刃部１１３の形状を法線に対して非対称とすることができる。同様に、第２の刃部１２３の先端角度θ_2について、法線により二分した左右の角度θ_{2a}、θ_{2b}（$\theta_2=\theta_{2a}+\theta_{2b}$）を相違させることで、第２の刃部１２３の形状を法線に対して非対称とすることができる。図１０に、ダイ１１０の刃部１１３及びパンチ１２０の刃部１２３について、法線Ｎにより二分した左右の角度θ_{1a}、θ_{1b}及び角度θ_{2a}、θ_{2b}を相違させて非対称形状とした例を示す。

[0079] 角度θ_{1a}、θ_{1b}または角度θ_{2a}、θ_{2b}を相違させることで、被加工材５を切断する際の亀裂の進展方向を制御することができる。例えば、２つに切断

される被加工材５のうち切断端面にばりを生じさせたくない制御側の角度（ダイ１１０であればθ_{1a}またはθ_{1b}、パンチ１２０であればθ_{2a}またはθ_{2b}）を他側より大きくすることで、制御側にて大きな亀裂が進展しやすくなる。その結果、ばりの発生を抑制することができる。

[0080] このとき、角度θ_{1a}と角度θ_{1b}との角度差である（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、５°以上４５°以下とすることが望ましい。左右の角度差が５°以上であれば、被加工材５の亀裂の進展方向を安定して制御することができる。また、左右の角度差が４５°以下とすることで、刃部に加わる被加工材５の切断進行方向の荷重のうち垂直成分の荷重が大きくなり過ぎることがなく、刃部の耐久性を確保することができる。したがって、左右の角度差（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、５°以上４５°以下とし、より好ましくは１０°以上３０°以下とする。

[0081]（先端半径）

本実施形態に係る切断工具１００では、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状を法線に対して非対称とする。上述のように、第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2について、法線により二分した左右の角度θ_{1a}、θ_{1b}または角度θ_{2a}、θ_{2b}を相違させてもよいが、法線により二分した左右の先端半径R_{1a}、R_{1b}または先端半径R_{2a}、R_{2b}を相違させることによっても、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状を法線に対して非対称とすることができる。図１１に、ダイ１１０の刃部１１３及びパンチ１２０の刃部１２３について、法線Ｎにより二分した左右の先端半径R_{1a}、R_{1b}及び先端半径R_{2a}、R_{2b}を相違させて非対称形状とした例を示す。

[0082] 先端半径R_{1a}、R_{1b}または先端半径R_{2a}、R_{2b}を相違させることで、被加工材５を切断する際の亀裂の進展方向を制御することができる。例えば、２つに切断される被加工材５のうち切断端面にばりを生じさせたくない制御側

の先端半径（ダイ１１０であればR_{1a}またはR_{1b}、パンチ１２０であればR_{2a}またはR_{2b}）を他側より小さくすることで、制御側にて大きな亀裂が進展しやすくなる。その結果、ばりの発生を抑制することができる。

[0083] ここで、ダイ１１０の先端半径R_1を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された各先端半径R_{1a}、R_{1b}の平均値（R_1＝｛（R_{1a}＋R_{1b}）／２｝）とする。同様に、パンチ１２０の先端半径R_2を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された各先端半径R_{2a}、R_{2b}の平均値（R_2＝｛（R_{2a}＋R_{2b}）／２｝）とする。このとき、先端半径R_1、R_2は、それぞれ、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とすることが好ましい。先端半径R_1、R_2が板厚ｔの０．５％以上であると、刃部１１３及び刃部１２３の刃先にかかる応力が大きくなり過ぎず、刃先の損傷が抑制され、耐久性が向上する。また、先端半径R_1、R_2が板厚ｔの３５．０％以下であると、切断端面の形状が良好となる。また、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断がより容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2は、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とし、より好ましくは板厚ｔの３．０％以上１０．０％以下とする。

[0084] このとき、第１の刃部１１３の左右の先端半径の比R_{1a}／R_{1b}またはR_{1b}／R_{1a}、及び、第２の刃部１２３の左右の先端半径の比R_{2a}／R_{2b}またはR_{2b}／R_{2a}は、１．１以上１００以下とすることが望ましい。左右の先端半径Ｒａ、Ｒｂの比が１．１以上であれば、被加工材５の亀裂の進展方向を安定して制御することができる。また、左右の先端半径Ｒａ、Ｒｂの比が１００以下とすることで、刃部に加わる被加工材５の切断進行方向の荷重のうち垂直成分の荷重が大きくなり過ぎることがなく、刃部の耐久性を確保することができる。したがって、左右の先端半径の比（R_{1a}／R_{1b}またはR_{1b}／R_{1a}、及び、R_{2a}／R_{2b}またはR_{2b}／R_{2a}）は、１．１以上１００とし、より好ましくは５以上２０以下とする。

[0085] ここで、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは、図１等に示したよう

に、被加工材５に対して対称な形状であってもよいが、異なる形状であってもよい。例えば、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とにおいて、左右の先端角度θ_{1a}、θ_{1b}またはθ_{2a}、θ_{2b}及び左右の先端半径R_{1a}、R_{1b}またはR_{2a}、R_{2b}のうち少なくともいずれか１つが異なれば、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは異なる形状となる。第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを異なる形状とすることで、破断面比率を変化させることができる。なお、破断面比率は、被加工材５の板厚に対する破断面ｓ５の割合である。

[0086]（先端位置のずれ量）

第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、ダイ１１０とパンチ１２０とが対向する方向（すなわち、被加工材５の板厚方向）に直交する水平方向において、図１及び図２に示すように一致させてもよい。第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とを一致させることで、刃部１１３及び刃部１２３にかかるＸ方向の力を低減させることができ、耐久性が向上する。また、適切なタイミングで刃先から亀裂を発生させ、切断を完了させることができる。

[0087] あるいは、図１２に示すように、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、水平方向にずれ量ｘだけずれていてもよい。先端位置のずれ量ｘとは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とが対向する方向に直交する水平方向（すなわち、Ｘ方向）における、第１の刃部１１３の先端１１３ａと第２の刃部１２３の先端１２３ａとの距離を意味する。先端位置のずれ量は板厚ｔの５０％以下であるのが好ましい。先端位置のずれ量が板厚ｔの５０％以下であれば、被加工材５を確実に所望の端面性状が得られるように切断することができる。

[0088]（削り幅）

被加工材５の削り幅Ｄは、切断工具１００による切断時に切断位置から板長方向（Ｘ方向）に被加工材５を残しておくべき長さをいう。被加工材５の

削り幅Ｄは、例えば図７に示すように、切断位置から被加工材５の一方の端部までの長さで表される。図１２に示すように、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とがずれている場合には、被加工材５の削り幅Ｄは、例えば被加工材５の端部から当該端部に近い側の刃部の先端位置までの長さとすればよい。なお、図７では、被加工材５の削り幅Ｄを取る側と反対側において、ダイ１１０と被加工材５との間にパッド１４０が配置されている。パッド１４０は、図３に示したブランクホルダ１３０のパッド１３１、１３２、１３３、１３４と同様に機能する。

[0089] 被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒ以上であり、被加工材５の板厚ｔの５倍以下（Ｒ≦Ｄ≦５ｔ）、特に被加工材５の板厚ｔの３倍以下であることが好ましい（Ｒ≦Ｄ≦３ｔ）。より好ましくは、被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒの３倍以上であり、被加工材５の板厚ｔ以下とする（３Ｒ≦Ｄ≦ｔ）。なお、刃部の先端半径Ｒは、第１の刃部１１３の左右の先端半径R_{1a}、R_{1b}及び第２の刃部１２３の左右の先端半径R_{2a}、R_{2b}のうち最小のものとする（Ｒ＝Ｍｉｎ（R_{1a}，R_{1b}，R_{2a}，R_{2b}））。

[0090] 削り幅Ｄを板厚ｔの５倍以下、より好ましくは３倍以下とすることで、切断による破断面ｓ５の発生が抑制され、破断面比率を低下させることができる。一方、削り幅Ｄを刃部の先端半径Ｒ以上、特に先端半径Ｒの３倍以上とすることで、切断時の工具の弾性変形による刃先の位置ずれを抑制することができ、切断により良好な端面形状を得ることできる。かかる理由は、図８及び図９に基づき上述した通りである。

[0091] このように、ダイ１１０の第１の刃部１１３、パンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量、または、被加工材５の削り幅Ｄを変化させることで、切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の形状が変化し、切断端面の被膜層５ｂによる被覆状態が変化する。したがって、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量及び被加工材５の削り幅Ｄは、切断後の被加工材５に要求される切断端面の形状あ

るいは耐食性に応じて適宜設定すればよい。

[0092] 例えば、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３を同一の左右非対称な形状とし、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とを一致させて、被加工材５に対して対称に配置すれば、切断端面の耐食性を高めることができる。切断端面が板厚中央位置に対して対称であり、被加工材５下面側の被膜層５ｂの傾斜面ｓ２への入り込みと、被加工材５上面側の被膜層５ｂの傾斜面ｓ４への入り込みとが略均等となることによる。

[0093] また、例えば切断端面を溶接する場合には、作業の容易さから切断端面が平坦であるのが望ましい。この場合には、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とを異なる楔形状とし、切断端面の平坦性を高めるようにしてもよい。

[0094] （刃部の高さ）

第１の刃部１１３の高さh_1及び第２の刃部１２３の高さh_2は、刃部の形状が対称である場合と同様、少なくともこれらの和（h_1+h_2）が被加工材５の板厚ｔよりも大きくすればよい。

[0095] このように、切断工具１００は、それぞれ左右に非対称な楔形状の刃部１１３、１２３を有するダイ１１０及びパンチ１２０からなるようにしてもよい。楔型状の刃部１１３、１２３により被加工材５を切断することで、金属材５ａの表面の被膜層５ｂを刃部１１３、１２３の動きに追従させて切断端面へ入り込ませることができる。切断端面の傾斜面ｓ２、ｓ４には、破断面ｓ５に向かって切断端面を被覆する被膜層の量が減少するように、金属材５ａの表面から連続して被膜層５ｂが被覆される。したがって、被加工材５の平面耐食性を維持しながら切断端面の耐食性を向上させることができる。また、本実施形態に係る切断工具１００は、ダイ１１０及びパンチ１２０の刃部１１３、１２３が、先端１１３ａ、１２３ａにおける法線に対して非対称な形状を有することにより、被加工材５を切断する際の亀裂の進展方向を制御することができる。

[0096] なお、上記切断工具１００による被加工材５の切断は、１回の切断により行ってもよく、複数の切断工程により行ってもよい。複数の切断工程による切断とは、ダイ１１０をパンチ１２０に相対的に押し込む切断工程を複数回実施して、被加工材５を２つの片に切断することをいう。複数の切断工程により被加工材５を切断することで、様々な切断端面を実現することができる。

[0097] ［２．第２の実施形態］

次に、本発明の第２の実施形態に係る被加工材の切断方法について説明する。本実施形態に係る被加工材の切断方法は、例えば穴抜き加工や打ち抜き加工等のように、被加工材５を平面視して縁部が曲線により規定される閉形状の領域（以下、「閉領域」ともいう。）を被加工材５から切断する切断加工に関する。このような切断加工においても、特許文献１のように被加工材を直線状に切断する場合と同様の検討がなされている。

[0098] 例えば特許文献５には、Ｚｎ系めっき鋼板の打抜き加工を行う前に、当該Ｚｎ系めっき鋼板の表面における打抜き予定箇所に速乾性油を塗布し、その後、速乾性油が打抜き端面へ廻り込むように当該箇所の打抜き加工を行う、打抜き加工方法が開示されている。特許文献５に記載の方法によれば、打抜き加工前にＺｎ系めっき鋼板表面の打抜き予定箇所に速乾性油が塗布されているため、打抜き加工時にその速乾性油が打抜き端面に廻り込み、端面の耐食性低下が抑制される。

[0099] また、特許文献６には、塗装鋼板のせん断加工を行う際に、パンチの径方向に沿う長径とパンチの軸方向に沿う短径とを有する楕円状の円弧面からなるコーナー部をパンチ刃先に設けたものをパンチとして用い、塗膜剥離部のパンチの外径側に向かう拡大量よりも長径を大きくすることで塗膜剥離部を切屑側に含ませる、塗装鋼板のせん断加工方法が開示されている。特許文献６に記載の方法によれば、せん断加工後の塗装鋼板に塗膜剥離部が残ることを回避でき、塗膜剥離部に起因するエナメルヘアの発生を抑制できる。

[0100] しかし、上記特許文献１に記載の方法では、素地金属材の表面のめっき金

属層は、切断端面のうちせん断面の少なくとも一部のみを被覆するのみであり、破断面では素地金属材は露出したままである。このため、めっき金属板の切断端面の耐食性が十分ではない。また、一般に、防錆を目的として切断端面に過度の犠牲防食性を付与しようとすると、めっき金属板の表面のめっきが減少し、めっき金属板の表面の表面耐食性（すなわち、平面耐食性）が低下してしまう。

[0101] また、上記特許文献５に記載の方法では、Ｚｎ系めっき鋼板の表面における打抜き予定箇所に速乾性油を塗布する必要がある。また、Ｚｎ系めっき鋼板の板厚が厚くなると、打抜き端面の全域に速乾性油が廻り込みにくくなるため、打抜き加工の後に、打抜き端面へも速乾性油を塗布しなければならない。

[0102] 上記特許文献６に記載の方法は、せん断加工後の塗膜鋼板においてダレから塗膜が剥離しないようにするものであり、せん断面を塗膜により被覆する技術ではない。このため、塗膜鋼板のせん断面には塗膜が付着しておらず、せん断面においては塗膜が付着することによる機能は発現されない。

[0103] そこで、本実施形態に係る被加工材の切断方法では、閉領域を被加工材５から切断する切断加工においても、表面処理が施された被加工材の切断において、母材の平面における被覆材の機能を維持しながら、その機能を切断端面にも発現させることを可能にする。以下、本実施形態に係る被加工材の切断方法について詳細に説明する。

[0104] ［２－１．被加工材から閉領域を除去した部分を製品とする場合（穴抜き加工）］

（１．切断方法）

まず、図１３～図１７に基づいて、本発明の第１の実施形態に係る被加工材の切断方法を説明する。図１３は、本実施形態に係る被加工材５における切断位置を示す平面図である。図１４は、本実施形態に係る切断方法における中間材の形成工程を示す説明図である。図１５は、本実施形態に係る切断方法における切断工程を示す説明図である。図１６は、本実施形態に係る切

断工程にて用いる切断工具１００の一例を示す説明図であって、被加工材５の切断前の状態を示す。図１７は、図１６に示す切断工具１００による被加工材５の切断後の状態を示す説明図である。図１６及び図１７は、図１５に示した切断工具１００及び被加工材５を模式的に示している。

[0105] なお、本実施形態に係る切断方法では、表面処理が施された被加工材５を切断する。以下の説明では、被加工材５の一例として、母材である金属材（図４の金属材５ａ）の表面に被覆層（図４の被膜層５ｂ）を有する表面処理材を取り上げる。このような被加工材としては、例えば、金属板の表面にめっきが施されためっき金属板、母材である金属材に対して表面を塗装した塗装金属板、金属板にフィルムをラミネートしたフィルムラミネート金属板等がある。

[0106] 本実施形態に係る切断方法は、被加工材５の閉領域を被加工材５から切断する方法である。このような切断方法の一例として、本実施形態では、穴抜き加工のように、被加工材５から閉領域が除かれて貫通孔が形成された部分を製品とする際の切断方法を説明する。閉領域は、曲線（直線を含んでもよい）により表される形状であればよく、例えば円形、楕円形等の形状であってもよい。

[0107] 本実施形態に係る切断方法は、被加工材５から中間材を形成する工程と、中間材を切断して製品として利用する部分を取得する工程とを含む。例えば、図１３に示す被加工材５から円形の閉領域を切断する場合、まず、被加工材５から中間材を形成する工程において、被加工材５が切断位置Ｐ１で切断され、切断位置Ｐ１の内部が除去された中間材が形成される。切断位置Ｐ１は、最終的に切断したい切断位置Ｐ２よりも内部に設定される。次いで、中間材を切断する工程において、最終的に切断したい切断位置Ｐ２で中間材が切断される。中間材は、ダイ及びパンチに楔形状の刃部を有する切断工具を用いて切断される。

[0108] このように、本実施形態に係る切断方法では、中間材を楔形状の刃部により切断し、最終的な製品形状とすることで、図４に示したように、切断後の

被加工材５の切断端面を被膜層５ｂによって被覆させることができる。したがって、被加工材５の平面耐食性を維持しながら切断端面の耐食性を向上させることができる。また、被加工材５を最終的に切断したい切断位置Ｐ２で切断する前に、余剰領域を残して閉領域を切断する。これにより、切断位置Ｐ２で閉領域を切断する際に、材料が移動する空間を確保することができるため、被加工材５を確実に切断することができる。

[0109] （中間材形成工程）

被加工材５から中間材を形成する工程の一例を図１４に示す。図１４では、ダイ５１とパンチ５２とを有する切断工具５０を用いて、被加工材５を切断位置Ｐ１で切断する。ダイ５１は、切断位置Ｐ１にて切断される閉領域に対応する形状の貫通孔を有する筒状部材である。パンチ５２は、ダイ５１の貫通孔に挿通される部材であり、ダイ５１の貫通孔の内部空間に対応した形状を有する。被加工材５がダイ５１上に載置された状態でパンチ５２を押し込むことにより、被加工材５から切断位置Ｐ１の閉領域が切断される。その結果、図１４下側に示すように、貫通孔が形成された被加工材５が得られる。この被加工材５を中間材とする。

[0110] 中間材の貫通孔は、最終的に切断したい切断位置Ｐ２の内部に形成されている。次工程にて切断位置Ｐ２で中間材を切断することにより得られる被加工材５の領域を最終形状領域とすると、切断位置Ｐ１は、最終形状領域の縁部（すなわち切断位置Ｐ２）に沿って、最終形状領域とは反対側に設定される。すなわち、中間材は、最終形状領域に加えて、切断位置Ｐ２と切断位置Ｐ１との間の部分を余剰領域として有している。余剰領域は、次工程にて切断される。このように中間材を形成することで、次工程にて切断位置Ｐ２で中間材を切断した際に、材料が貫通孔側へ移動することが可能となる。

[0111] なお、被加工材５から中間材を形成する方法は、図１４に示した切断工具５０を用いる方法に限定されず、レーザ切断あるいはその他の切断方法を用いて実施してもよい。

[0112] （切断工程）

中間材を切断する工程の一例を図１５に示す。中間材を切断するための切断工具１００は、図１５に示すように、基部１１１に楔形状の第１の刃部１１３を有するダイ１１０と、基部１２１に楔形状の第２の刃部１２３を有するパンチ１２０とを有する。楔形状の第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は切断位置Ｐ２に対応して閉形状に形成されている。例えば図１５に示すように切断位置Ｐ２が円形である場合には、楔形状の第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は円形に形成されている。

[0113] ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３により切断される被加工材５は、図１６に示すように、ダイ１１０とパンチ１２０との間に配置される。例えば、被加工材５は、ダイ１１０の上に載置される。このとき、ダイ１１０とパンチ１２０とは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを対向させて設置されている。そして、被加工材５がダイ１１０の上に載置された状態で、ダイ１１０に対してパンチ１２０を相対的に押し込ませることで、図１７に示すように被加工材５が切断位置Ｐ２で切断される。切断工具１００により切断された被加工材５は、図１５下側に示すように、余剰領域が除去され、最終形状領域のみが残ったものとなる。

[0114] 本実施形態に係る切断工具１００は、パンチ１２０をダイ１１０に押し込んだ際、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３と被加工材５との間に生じる引張力により、被加工材５の表面の被膜層を切断端面へ入り込ませ、切断端面が被膜層で覆われるようにする。すなわち、パンチ１２０をダイ１１０に押し込んだときの被加工材５に対する第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに被加工材５の表面の被膜層を追従させ、被膜層を切断端面へ入り込ませる。これにより、被加工材５の切断端面を被膜層で被覆させることができる。

[0115] （２．被膜層による切断端面の被覆）

切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面は、第１の実施形態と同様、図４に示すようになる。図４に示したように、被加工材５の切断端面は、ダレｓ１、ｓ２と、傾斜面ｓ３、ｓ４と、破断面ｓ５とからなる。

ダレｓ１及び傾斜面ｓ３は、ダイ１１０の第１の刃部１１３により形成され、ダレｓ２及び傾斜面ｓ４は、パンチ１２０の第２の刃部１２３により形成される。破断面ｓ５は、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３によって被加工材５に生じたクラックが起点となって被加工材５が破断して形成される。

[0116] 図４に示したように、金属材５ａの上面側の被膜層５ｂは、金属材５ａの表面からダレｓ１及び傾斜面ｓ３にまで連続して金属材５ａを覆う。同様に、金属材５ａの下面側の被膜層５ｂは、金属材５ａの表面からダレｓ２及び傾斜面ｓ４にまで連続して金属材５ａを覆う。このように、本実施形態に係る切断工具１００により切断された被加工材５は、連続する同一の被膜層５ｂで金属材５ａの表面から切断端面までが被覆されるようになる。例えば、被加工材５の切断後に、切断端面に対してめっきや塗装等の表面処理を施すことで切断端面を被覆することは可能である。しかし、被加工材５の被膜層５ｂと同一組成の材料で切断端面を被覆することは難しく、切断端面の耐食性は金属材５ａの表面に比べて低い。

[0117] これに対して、本実施形態に係る切断工具１００により切断された被加工材５は、切断と同時に連続する同一の被膜層５ｂで金属材５ａの表面から切断端面までを被覆されるため、切断端面は酸化しにくい。したがって、本実施形態に係る切断工具１００を用いて被加工材５を切断することで、切断端面の耐食性の高い被加工材５を提供することができる。

[0118] なお、本実施形態に係る切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の形状は、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状に起因する。第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は楔形状であるため、被加工材５の切断端面には、図３６に示したような垂直なせん断面ではなく、図４に示したような楔形状の斜面に沿った傾斜面ｓ３、ｓ４を有する形状となる。このため、例えば図１５の切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面は、径方向中心に向かうにつれて突出した形状となる。

[0119] 第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の形状を楔形状とすることで、被

加工材５の切断時、楔形状の斜面に沿って金属材５ａの表面の被膜層５ｂが第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに追従しやすくなる。その結果、図４に示したように、金属材５ａの表面の被膜層５ｂを切断端面のダレｓ１、ｓ２だけでなく、傾斜面ｓ３、ｓ４まで追従させることができる。また、刃部１１３及び刃部１２３によって被加工材５の表裏両面にダレｓ１、ｓ２が形成されることで、バリの無い切断面が形成される。

[0120] また、金属材５ａの表面の被膜層５ｂは、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の斜面に追従して切断端面へ移動する。このとき、切断端面の傾斜面ｓ３、ｓ４の表面を覆う被膜層５ｂの量は、図４に示したように、破断面ｓ５に向かうにつれて徐々に減少する。このように傾斜面ｓ３、ｓ４に被膜層５ｂを被覆させることで、金属材５ａの切断端面のうち被膜層５ｂにより被覆される面が増加しても、金属材５ａの表面を被覆している被膜層５ｂが切断端面へ移動される量はほとんど増加しないため、被加工材５の平面耐食性を維持することができる。

[0121] なお、破断面ｓ５はクラックが生じて被加工材５が破断して形成された面であるため、破断面ｓ５にまで被膜層５ｂを入り込ませることは難しい。しかし、第１の刃部１１３の先端１１３ａと第２の刃部１２３の先端１２３ａとがほぼ接触する状態となるまでは、被加工材５はその斜面に沿って切断されるため、破断面ｓ５は、切断端面のうち破断面ｓ５が占める割合はわずかである。したがって、破断面ｓ５が被膜層５ｂで覆われていないとしても、耐食性を著しく低下させることはない。

[0122] さらに、本実施形態に係る切断工具１００のように、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とを楔形状とすることで、例えば引張強度が２００ＭＰａ以上の強度を有する材料、あるいは、厚みのある材料も切断可能となる。また、引張強度が２７０ＭＰａ以上の強度を有する材料、さらには、引張強度が５９０ＭＰａ以上の強度を有する材料も切断可能となる。

[0123] （３．切断工具の刃部の形状）

本実施形態に係る切断方法において用いられる中間材を切断するための切断工具１００は、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とが、図１６に示すように同一の楔形状を有する。しかし、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は、少なくとも楔形状であればよく、それぞれ以下の形状を満たしていることが好ましい。

[0124] （先端角度）

第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下とすることが好ましい。先端角度θ_1、θ_2が１０°以上であると、傾斜が大きくなるため、被膜層５ｂの追従性が向上し、切断端面の耐食性がより向上する。また、刃部１１３及び刃部１２３にかかる応力が小さくなり、刃先の損傷が抑制され、工具の耐久性が向上する。また、先端角度θ_1、θ_2が１２０°以下であると、被加工材５を切断するために必要な荷重が大きくなり過ぎず、かつ、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断が容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下とし、より好ましくは３０°以上９０°以下とする。

[0125] （先端半径）

第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2は、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とすることが好ましい。先端半径R_1、R_2が板厚ｔの０．５％以上であると、刃部１１３及び刃部１２３の刃先にかかる応力が大きくなり過ぎず、刃先の損傷が抑制され、耐久性が向上する。また、先端半径R_1、R_2が板厚ｔの３５．０％以下であると、切断端面の形状が良好となる。また、刃先を押し込んだ場合に被加工材５に亀裂が生じやすくなるので、被加工材５の切断がより容易になる。このため、第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2は、板厚ｔの０．５％以上３５．０％以下とし、より好ましくは板厚ｔの３．０％以上１０．０％以下とする。

[0126] ここで、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは異なる形状であっても

よい。例えば、先端半径R_1、R_2または先端角度θ_1、θ_2のうち少なくともいずれか一方が異なれば、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とは異なる形状となる。第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを異なる形状とすることで、破断面比率を変化させることができる。なお、破断面比率は、被加工材５の板厚に対する破断面ｓ５の割合である。

[0127] このとき、第１の刃部１１３の先端半径R_1と第２の刃部１２３の先端半径R_2との比（先端半径比R_1/R_2またはR_2/R_1）は、１００未満であることが好ましく、より好ましくは１０未満とする。最も好ましいのは、先端半径R_1、R_2が等しい場合である。なお、第１の刃部１１３の先端半径R_1と第２の刃部１２３の先端半径R_2との大小関係は特に限定されない。また、第１の刃部１１３の先端角度θ_1と第２の刃部１２３の先端角度θ_2との比（先端角度比θ_1/θ_2またはθ_2/θ_1）は、４未満であることが好ましく、より好ましくは２未満とする。最も好ましいのは、先端角度θ_1、θ_2が等しい場合である。なお、第１の刃部１１３の先端角度θ_1と第２の刃部１２３の先端角度θ_2との大小関係は特に限定されない。

[0128] 先端半径比R_1/R_2またはR_2/R_1、及び、先端角度比θ_1/θ_2またはθ_2/θ_1が上記範囲内となるように設定することで、破断面比率を低くすることができる。第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とで、先端半径または先端角度のうち少なくともいずれか一方が大きく異なっていると、一方の刃部による切断が先行して進行するため被加工材５の変形が集中する。その結果、被加工材５の破断が早まり破断面比率が大きくなるため、切断端面に被膜層５ｂが被覆される割合が低下する。そこで、先端半径比R_1/R_2またはR_2/R_1、及び、先端角度比θ_1/θ_2またはθ_2/θ_1を上記範囲内となるように設定することで、破断面比率を低くすることができる。

[0129] （先端位置のずれ量）

第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、ダイ１１０とパンチ１２０とが対向する方向（すなわち、被加工材５の板厚方向）に直交する水平方向において、図１６及び図１７に示

すように一致させてもよい。第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とを一致させることで、刃部１１３及び刃部１２３にかかるＸ方向の力を低減させることができ、耐久性が向上する。また、適切なタイミングで刃先から亀裂を発生させ、切断を完了させることができる。

[0130] あるいは、図１８に示すように、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とは、径方向にずれ量ｘだけずれていてもよい。先端位置のずれ量ｘとは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とが対向する方向に直交する水平方向（すなわち、Ｘ方向）における、第１の刃部１１３の先端１１３ａと第２の刃部１２３の先端１２３ａとの距離を意味する。先端位置のずれ量は板厚ｔの５０％以下であるのが好ましい。先端位置のずれ量が板厚ｔの５０％以下であれば、被加工材５を確実に所望の端面性状が得られるように切断することができる。

[0131] （削り幅）

被加工材５の削り幅Ｄは、切断工具１００による切断時に切断位置Ｐ２から最終形状領域と反対方向に被加工材５を残しておくべき長さをいう。すなわち、被加工材５の削り幅Ｄは、中間材の余剰領域の長さ（切断位置Ｐ１と切断位置Ｐ２との距離）であり、図１６に示すように、切断位置から被加工材５の一方の端部までの長さで表される。図１８に示すように第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とがずれている場合には、被加工材５の削り幅Ｄは、例えば被加工材５の端部から当該端部に近い側の刃部の先端位置までの長さとすればよい。

[0132] 被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒ以上であり、被加工材５の板厚ｔの５倍以下（Ｒ≦Ｄ≦５ｔ）、特に被加工材５の板厚ｔの３倍以下であることが好ましい（Ｒ≦Ｄ≦３ｔ）。より好ましくは、被加工材５の削り幅Ｄは、刃部の先端半径Ｒの３倍以上であり、被加工材５の板厚ｔ以下とする（３Ｒ≦Ｄ≦ｔ）。なお、刃部の先端半径Ｒは、第１の刃部１１３の先端半径$Ｒ_1$または第２の刃部１２３の先端半径$Ｒ_2$である。先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$が同

一の場合は、Ｒ＝Ｒ$_1$＝Ｒ$_2$である。先端半径Ｒ$_1$、Ｒ$_2$が異なる場合は、先端半径Ｒは、第１の刃部１１３の先端半径Ｒ$_1$と第２の刃部１２３の先端半径Ｒ$_2$とのうち小さい方とする（Ｒ＝Ｍｉｎ（Ｒ$_1$，Ｒ$_2$））。

[0133] 削り幅Ｄを板厚ｔの５倍以下、より好ましくは３倍以下とすることで、切断による破断面ｓ５の発生が抑制され、破断面比率を低下させることができる。一方、削り幅Ｄを刃部の先端半径Ｒ以上、特に先端半径Ｒの３倍以上とすることで、切断時の工具の弾性変形による刃先の位置ずれを抑制することができ、切断により良好な端面形状を得ることできる。かかる理由は、図８及び図９に基づき上述した通りである。

[0134] このように、ダイ１１０の第１の刃部１１３、パンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量、または、被加工材５の削り幅Ｄを変化させることで、切断工具１００により切断された被加工材５の切断端面の形状が変化し、切断端面の被膜層５ｂによる被覆状態が変化する。したがって、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３の形状、各刃部１１３、１２３の先端位置のずれ量及び被加工材５の削り幅Ｄは、切断後の被加工材５に要求される切断端面の形状あるいは耐食性に応じて適宜設定すればよい。

[0135] 例えば、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３を同一形状とし、第１の刃部１１３の先端１１３ａの位置と第２の刃部１２３の先端１２３ａの位置とを一致させて、被加工材５に対して対称に配置すれば、切断端面の耐食性を高めることができる。切断端面が板厚中央位置に対して対称であり、被加工材５下面側の被膜層５ｂの傾斜面ｓ２への入り込みと、被加工材５上面側の被膜層５ｂの傾斜面ｓ４への入り込みとが略均等となることによる。

[0136] また、例えば切断端面を平坦とする場合には、ダイ１１０の第１の刃部１１３とパンチ１２０の第２の刃部１２３とを異なる楔形状とし、切断端面の平坦性を高めるようにしてもよい。

[0137] （刃部の高さ）

第１の刃部１１３の高さｈ$_1$及び第２の刃部１２３の高さｈ$_2$は、第１の実施形態と同様、少なくともこれらの和（ｈ$_1$＋ｈ$_2$）が被加工材５の板厚ｔよりも大きくすればよい。

[0138] 以上、本実施形態に係る切断方法について説明した。本実施形態によれば、まず、被加工材５から中間材を形成する工程において、最終的に切断したい切断位置Ｐ２よりも内部に設定された切断位置Ｐ１の内部が除去され、中間材が形成される。これにより、切断位置Ｐ２で閉領域を切断する際に、材料が移動する空間を確保することができるため、被加工材５を確実に切断することができる。次いで、中間材を切断する工程において、最終的に切断したい切断位置Ｐ２で中間材が切断される。中間材を切断する工程では、図１５に示したように、楔形状の刃部１１３、１２３を有するダイ１１０及びパンチ１２０を有する切断工具１００が用いられる。楔型状の刃部１１３、１２３により被加工材５を切断することで、金属材５ａの表面の被膜層５ｂを刃部１１３、１２３の動きに追従させて切断端面へ入り込ませることができる。切断端面の傾斜面ｓ２、ｓ４には、破断面ｓ５に向かって切断端面を被覆する被膜層の量が減少するように、金属材５ａの表面から連続して被膜層５ｂが被覆される。したがって、被加工材５の平面耐食性を維持しながら切断端面の耐食性を向上させることができる。

[0139] （４．補足）

（複数の切断工程による中間材の切断）

上記中間材を切断する工程で用いられる切断工具１００による被加工材５の切断は、１回の切断により行ってもよく、複数の切断工程により行ってもよい。複数の切断工程による切断とは、ダイ１１０をパンチ１２０に相対的に押し込む切断工程を複数回実施して、被加工材５を２つの片に切断することをいう。複数の切断工程により被加工材５を切断することで、様々な切断端面を実現することができる。

[0140] 例えば、複数の切断工程により被加工材５を切断する際、各切断工程での第１の刃部１１３の先端角度θ$_1$及び第２の刃部１２３の先端角度θ$_2$を徐々

に小さくするようにしてもよい。より具体的に説明すると、複数の切断工程が、第１の切断工程と、第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含むとする。このとき、第２の切断工程では、第１の刃部１１３の先端角度θ_1を、第１の切断工程での先端角度θ_1よりも小さくすること、または、第２の刃部１２３の先端角度θ_2を、第１の切断工程での先端角度θ_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材５を切断する。これにより、切断端面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得ることができる。

[0141] この際、各切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、徐々に小さくするのがよい。最初の切断工程のストロークを大きくすることで、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに対する被膜層５ｂの追従性が高まる。

[0142] 例えば、複数の切断工程のうち、１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、上記式（１）の関係式を満たすようにすることが好ましい。より好ましくは、１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳは、上記式（２）を満たすようにする。なお、「１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳ」とは、上述したように、刃が被加工材５と接する位置を起点とするストローク量をいう。このように１回目の切断工程におけるパンチ１２０のストロークＳを設定することで、切断端面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させるとともに、良好な端面形状を得ることができる。

[0143] また、複数の切断工程により被加工材５を切断する際、各切断工程での第１の刃部１１３の先端半径R_1及び第２の刃部１２３の先端半径R_2を徐々に小さくするようにしてもよい。すなわち、第２の切断工程では、第１の刃部１１３の先端半径R_1を、第１の切断工程での先端半径R_1よりも小さくすること、または、第２の刃部１２３の先端半径R_2を、第１の切断工程での先端半径R_2よりも小さくすることのうち、少なくともいずれか一方を行い、被加工材５を切断する。この場合も、先端角度を小さくする場合と同様、切断端

面に被膜層５ｂが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得るという効果を奏する。

[0144] なお、被加工材５の切断時のダレの形成を抑制した上で、切断端面に被膜層５ｂを被覆させつつ、切断工具１００に対する負荷を低減したい場合には、各切断工程での第１の刃部１１３の先端角度θ_1及び第２の刃部１２３の先端角度θ_2を徐々に大きくするようにしてもよい。

[0145] ［２－２．被加工材から除去された閉領域を製品とする場合（打ち抜き加工）］

次に、図１９～図２１に基づいて、本発明の第２の実施形態に係る被加工材の切断方法を説明する。図１９は、本実施形態に係る他の切断方法において、被加工材５における切断位置を示す平面図である。図２０は、本実施形態に係る他の切断方法における中間材の形成工程を示す説明図である。図２１は、本実施形態に係る他の切断方法における切断工程を示す説明図である。

[0146] 本実施形態に係る切断方法は、上述の穴抜き加工の場合と同様に被加工材５の閉領域を被加工材５から切断する方法であるが、打ち抜き加工のように、被加工材５から抜き出された閉領域の部分を製品とする際の切断方法を説明する。閉領域は、上述の穴抜き加工の場合と同様、曲線により表される形状であればよく、例えば円形、楕円形等の形状であってもよい。

[0147] 本実施形態に係る切断方法は、上述の穴抜き加工の場合と同様、被加工材５から中間材を形成する工程と、中間材を切断して製品として利用する部分を取得する工程とを含む。例えば、図１９に示す被加工材５から円形の閉領域を切断する場合、まず、被加工材５から中間材を形成する工程において、被加工材５が切断位置Ｐ１で切断され、切断位置Ｐ１の外部が除去された中間材が形成される。切断位置Ｐ１は、最終的に切断したい切断位置Ｐ２よりも内部に設定される。次いで、中間材を切断する工程において、最終的に切断したい切断位置Ｐ２で中間材が切断される。中間材は、ダイ及びパンチに楔形状の刃部を有する切断工具を用いて切断される。

[0148] このように、本実施形態に係る切断方法では、中間材を楔形状の刃部により切断し、最終的な製品形状とすることで、図４に示したように、切断後の被加工材５の切断端面を被膜層５ｂによって被覆させることができる。したがって、被加工材５の平面耐食性を維持しながら切断端面の耐食性を向上させることができる。また、被加工材５を最終的に切断したい切断位置Ｐ２で切断する前に、余剰領域を残して閉領域を切断する。これにより、切断位置Ｐ２で閉領域を切断する際に、材料が移動する空間を確保することができるため、被加工材５を確実に切断することができる。

[0149] （中間材形成工程）

被加工材５から中間材を形成する工程の一例を図２０に示す。図２０では、ダイ５１とパンチ５２とを有する切断工具５０を用いて、被加工材５を切断位置Ｐ１で切断する。図２０に示す切断工具５０は、図１４の切断工具５０と同様に構成されている。ダイ５１は、切断位置Ｐ１にて切断される閉領域に対応する形状の貫通孔を有する筒状部材である。パンチ５２は、ダイ５１の貫通孔に挿通される部材であり、ダイ５１の貫通孔の内部空間に対応した形状を有する。被加工材５がダイ５１上に載置された状態でパンチ５２を押し込むことにより、被加工材５から切断位置Ｐ１の閉領域が切断される。その結果、図２０下側に示すように、貫通孔が形成された被加工材５が得られる。この被加工材５を中間材とする。

[0150] 中間材の貫通孔は、最終的に切断したい切断位置Ｐ２の外部に形成されている。本実施形態においても、切断位置Ｐ１は、最終形状領域の縁部（すなわち切断位置Ｐ２）に沿って、最終形状領域とは反対側に設定される。すなわち、中間材は、最終形状領域に加えて、切断位置Ｐ２と切断位置Ｐ１との間の部分を余剰領域として有している。余剰領域は、次工程にて切断される。このように中間材を形成することで、次工程にて切断位置Ｐ２で中間材を切断した際に、材料が外部へ移動することが可能となる。

[0151] なお、被加工材５から中間材を形成する方法は、図２０に示した切断工具５０を用いる方法に限定されず、レーザ切断あるいはその他の切断方法を用

いて実施してもよい。

[0152] （切断工程）

中間材を切断する工程の一例を図２１に示す。図２１に示す切断工具１００は、図１５の切断工具１００と同様に構成されている。すなわち、中間材を切断するための切断工具１００は、図２１に示すように、基部１１１に楔形状の第１の刃部１１３を有するダイ１１０と、基部１２１に楔形状の第２の刃部１２３を有するパンチ１２０とを有する。楔形状の第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は切断位置Ｐ２に対応して閉形状に形成されている。例えば図２１に示すように切断位置Ｐ２が円形である場合には、楔形状の第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３は円形に形成されている。

[0153] ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２３により切断される被加工材５は、ダイ１１０とパンチ１２０との間に配置される。例えば、被加工材５は、ダイ１１０の上に載置される。このとき、ダイ１１０とパンチ１２０とは、第１の刃部１１３と第２の刃部１２３とを対向させて設置されている。そして、被加工材５がダイ１１０の上に載置された状態で、ダイ１１０に対してパンチ１２０を相対的に押し込ませることで、被加工材５が切断位置Ｐ２で切断される。切断工具１００により切断された被加工材５は、図２１下側に示すように、余剰領域が除去され、最終形状領域のみが残ったものとなる。

[0154] 切断工具１００は、第１の実施形態にて説明したように、パンチ１２０をダイ１１０に押し込んだ際、第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３と被加工材５との間に生じる引張力により、被加工材５の表面の被膜層を切断端面へ入り込ませ、切断端面が被膜層で覆われるようにする。すなわち、パンチ１２０をダイ１１０に押し込んだときの被加工材５に対する第１の刃部１１３及び第２の刃部１２３の動きに被加工材５の表面の被膜層を追従させ、被膜層を切断端面へ入り込ませる。これにより、被加工材５の切断端面を被膜層で被覆させることができる。

[0155] なお、ダイ１１０の第１の刃部１１３及びパンチ１２０の第２の刃部１２

３の形状は、第１の実施形態と同様に構成すればよい。また、切断工具１００による中間材の切断も、１回の切断にて行ってもよく、複数回の切断により行ってもよい。

[0156] 以上、本発明の第２の実施形態に係る被加工材の切断方法について説明した。なお、上記実施形態では、被加工材から中間材を形成する工程と、中間材を切断して製品として利用する部分を取得する工程とを実施する切断方法について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、中間材を切断する工程において中間材が破断しなかった場合には、中間材から余剰領域を切り落とす工程をさらに含んでもよい。かかる工程は、製品とする部分とそれ以外の部分とを完全に分離するために実施され、その方法は特に限定されない。例えば、図１４及び図２０に示した切断工具５０により中間材から余剰領域を切り落としてもよい。このとき用いる切断工具は、中間材から余剰領域を完全に切断するため、被加工材から中間材を形成する工程で使用される切断工具とはダイ及びパンチの径の異なる、類似の形態をしたものを用いるのがよい。

[0157] ［３．切断加工品］

［３－１．概略構成］

以下、図２２に基づいて、上記実施形態に係る切断方法により被加工材を切断して製造された切断加工品３の構成について説明する。図２２は、本実施形態に係る切断加工品３の切断端面３ａを模式的に示す説明図であって、切断端面３ａを側面から見た状態を示している。以下の説明では、複層材の一例として、母材である鋼板５ａの表面に被覆材であるめっき５ｂが被覆されためっき鋼板５を取り上げる。めっき鋼板５は、例えばＪＩＳ　Ｇ－３３０１、３３０２、３３１４、３３２１、３３２３などに規定されるめっき鋼板である。また、めっき鋼板５の板長方向をＸ方向、板幅方向をＹ方向、板厚方向をＺ方向とする。図２２では、めっき鋼板５を板厚方向（Ｚ方向）に切断して形成された切断加工品３を示しており、切断端面３ａを板幅方向（Ｙ方向）からみた状態を示している。

[0158] 図２２に示すように、切断加工品３の切断端面３ａは、第１の傾斜面ｓ１と、第２の傾斜面ｓ２と、破断面ｓ５とからなる。

[0159] 第１の傾斜面ｓ１は、ダレｓ１１及び傾斜部ｓ１３からなる。第２の傾斜面ｓ２は、ダレｓ２１及び傾斜部ｓ２３からなる。ダレｓ１１、Ｓ２１は、めっき鋼板５を切断加工した際、めっき鋼板５の表面に作用した引張力により生じた変形である。傾斜部ｓ１３、ｓ２３は、ダレｓ１１、ｓ２１と連続する面であり、めっき鋼板５の板厚方向に対して所定の傾斜角度を有する面である。第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２は、少なくとも一部が、鋼板５ａの表面を被覆するめっき５ｂにより覆われている。

[0160] 破断面ｓ５は、第１の傾斜面ｓ１と第２の傾斜面ｓ２との間に形成される面である。破断面ｓ５は、切断加工時にめっき鋼板５に生じたクラックが起点となってめっき鋼板５が破断して形成される。このため、切断面ｓ５はめっき５ｂによって被覆されにくく、鋼板５ａが露出した状態となっている。

[0161] このような切断端面３ａは、図２２に示すように、側面からみて、破断面ｓ５が第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２よりも突出した形状となる。また、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２の母材である鋼板５ａの形状は、切断端面３ａを側面から見たとき、略直線状である。以下、図２２～図２４に基づいて、本実施形態に係る切断加工品３の構成について詳細に説明する。図２３は、本実施形態に係る切断加工品３の形状を説明するための説明図である。図２４は、本実施形態に係る切断加工品３の形状の他の例を示す説明図である。

[0162] ［３－２．特徴］

（傾斜面の長さ及び両傾斜面の長さの比）

切断加工品３は、第１の傾斜面ｓ１と、第２の傾斜面ｓ２と、破断面ｓ５とからなる切断端面３ａを有する。ここで、切断加工品３は、切断端面３ａの第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２について、切断端面３ａを正面（Ｘ方向）から見たときの各傾斜面ｓ１、ｓ２の厚さが下記関係式（３）を満たす。関係式（３）では、本実施形態に係る切断加工品３の切断端面３ａは

、切断端面３ａを正面から見たときの第１の傾斜面ｓ１の厚さT_1（すなわち、板厚方向における第１の傾斜面ｓ１の長さ（$A_1 cos\theta_1$））と、切断端面３ａを正面から見たときの第２の傾斜面ｓ２の厚さT_2（すなわち、板厚方向における第２の傾斜面ｓ２の長さ（$A_2 cos\theta_2$））との和が、めっき鋼板５の板厚Ｔより小さいことを表している。

[0163] $(T_1+T_2)<T$ ・・・（３）

$T_1=A_1 cos\theta_1$、$T_2=A_2 cos\theta_2$

A_1：切断端面３ａを側面から見たときの第１の傾斜面ｓ１の長さ

A_2：切断端面３ａを側面から見たときの第２の傾斜面ｓ２の長さ

θ_1：第１の傾斜面ｓ１の傾斜角度

θ_2：第２の傾斜面ｓ２の傾斜角度

Ｔ：めっき鋼板５の板厚

[0164] また、切断加工品３は、切断端面３ａの第１の傾斜面ｓ１の厚さT_1と第２の傾斜面ｓ２の厚さT_2との比（T_1/T_2）が下記関係式（４）を満たす。関係式（４）では、本実施形態に係る切断加工品３の切断端面３ａについて、第１の傾斜面ｓ１の厚さ（$T_1=A_1 cos\theta_1$）と第２の傾斜面ｓ２の厚さ（$T_2=A_2 cos\theta_2$）の比が０．６以上１．４以下であることを示している。これは、第１の傾斜面ｓ１と第２の傾斜面ｓ２との形状差が小さいこと、すなわち切断端面３ａの対称性が高いことを表している。第１の傾斜面ｓ１の厚さT_1と第２の傾斜面ｓ２の厚さT_2との比（T_1/T_2）は、望ましくは０．７５以上１．２５以下、さらに望ましくは０．８５以上１．１５以下である。

[0165] $0.6 \leqq (T_1/T_2) \leqq 1.4$ ・・・（４）

[0166] この関係式を持たすことによって、切断端面３ａの対称性の高い複層材が得られる。例えば、切断端面３ａのうち少なくとも一部は、複層材の切断加工時に、刃に追従して移動する母材の表面を覆う被覆材により覆われる。このとき、母材の両面を被覆する被覆材の厚みが略同一である場合には、切断端面３ａの対称性が高いほど、切断端面３ａを第１の傾斜面ｓ１及び第２の

傾斜面ｓ２それぞれを覆う被覆材の厚みが同一となる。その結果、切断端面３ａの耐食性を安定させることができる。

[0167] ここで、第１の傾斜面ｓ１の長さ$Ａ_1$は、図２３に示すように、ダレｓ１１のめっき鋼板５の表面側の端部（以下、「傾斜開始位置$Ｐ_1$」とする。）から傾斜部ｓ１３の破断面ｓ５側の端部（以下、「傾斜終了位置$Ｐ_2$」とする。）までの直線長さをいう。第２の傾斜面ｓ２の長さ$Ａ_2$は、ダレｓ２１のめっき鋼板５の表面側の端部（以下、「傾斜開始位置$Ｐ_3$」とする。）から傾斜部ｓ２３の破断面ｓ５側の端部（以下、「傾斜終了位置$Ｐ_4$」とする。）までの直線長さをいう。

[0168] また、切断加工品３の切断端面３ａは、切断加工工具１００の形状によっては、例えば図２４に示すように破断面ｓ５が引きちぎられたような形状となる。この場合にも、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２は、それぞれダレ及び傾斜部からなる。一方の傾斜面（図２４では第１の傾斜面ｓ１）は破断面ｓ５と略同一の傾斜を有し、他方の傾斜面（図２４では第２の傾斜面ｓ２）は破断面ｓ５に向かって傾斜した後、反り返るような形状となっている。この場合、第１の傾斜面ｓ１の厚さ$Ｔ_1$及び第２の傾斜面ｓ２の厚さ$Ｔ_2$は、以下のように定義すればよい。

[0169] 第１の傾斜面ｓ１の傾斜開始位置$Ｐ_1$及び第２の傾斜面ｓ２の傾斜開始位置$Ｐ_3$は、図２３と同様、ダレのめっき鋼板５の表面側の端部である。第１の傾斜面ｓ１の長さ$Ａ_1$は、傾斜面ｓ１の傾斜開始位置$Ｐ_1$から、傾斜面ｓ１の破断面ｓ５側の端部である傾斜終了位置$Ｐ_2$までの直線長さである。第２の傾斜面ｓ２の長さ$Ａ_2$は、傾斜面ｓ２の傾斜開始位置$Ｐ_3$から、傾斜面ｓ２の破断面ｓ５側の端部である傾斜終了位置$Ｐ_4$までの直線長さである。このとき、傾斜面ｓ１、ｓ２が鋼板５ａ側に窪み湾曲している場合には、直線近似してその長さを求めてもよい。また、図２４のように反り返った傾斜面ｓ２については、めっき５ｂが存在する部分の破断面ｓ５側の端部$Ｐ_5$と傾斜開始位置$Ｐ_3$との間の傾斜を直線近似し、この近似直線と、反り返りの頂点でもある傾斜終了位置$Ｐ_4$を通る水平方向への延長線との交点$Ｐ_6$を傾斜終了位置$Ｐ_4$とみな

し、第２の傾斜面ｓ２の長さA_2の一端としてもよい。破断面ｓ５の厚さT_3は、傾斜終了位置P_2と傾斜終了位置P_4との間の距離となる。

[0170] 第１の傾斜面ｓ１の傾斜角度θ_1は、図２３及び図２４に示すように、板厚方向（Ｚ方向）に延びる基準直線に対する傾斜部ｓ１３の傾きである。傾斜開始位置P_1と傾斜終了位置P_2とを結ぶ直線と基準直線とのなす角を傾斜角度θ_1とみなしてもよい。同様に、第２の傾斜面ｓ２の傾斜角度θ_2は、基準直線に対する傾斜部ｓ２３の傾きである。傾斜開始位置P_3と傾斜終了位置P_4とを結ぶ直線と基準直線とのなす角を傾斜角度θ_2とみなしてもよい。

[0171] めっき鋼板５の板厚Ｔは、図２３及び図２４に示すように、鋼板５ａの板厚ｔと、鋼板５ａの表面に形成されためっき５ｂのめっき層厚t_a、t_bとの和で表される。なお、図２２～図２４において、めっき層厚t_aとめっき層厚t_bとは、略同一としているが、本技術はかかる例に限定されず、めっき層厚t_aとめっき層厚t_bとは異なる厚さであってもよい。

[0172] さらに、切断加工品３は、切断端面３ａを正面から見たときの破断面ｓ５の厚さT_3が下記関係式（５）を満たす。関係式（５）は、本実施形態に係る切断加工品３の切断端面３ａは、切断最終段階での延性破壊面である破断面ｓ５の長さが、板厚の５０％以下であることを表している。なお、破断面ｓ５の厚さT_3が０とは、切断端面３ａが傾斜面ｓ１、ｓ２のみからなることを意味する。実際の切断加工品においてはほぼ０に近い状態であっても破断面ｓ５は存在することから、切断加工品３の破断面ｓ５の厚さT_3は０より大きいものとする。破断面ｓ５の厚さT_3は、望ましくは０．４、さらに望ましくは０．３以下とする。

[0173] $0 < T_3 \leqq 0.5T$ ・・・（５）

[0174] この関係式を持たすことによって、傾斜面ｓ１、ｓ２（すなわち、ダレ部ｓ１１、ｓ２１及び傾斜部ｓ１３、ｓ２３）が増加するため、結果的にめっきの被覆率が向上する。すなわち、母材に対して犠牲防食をする場合は、切断端面耐食性の向上効果が発現される。またこの形状は、切断工具の刃先形状あるいは位置を調整することによって得られる。

[0175] （傾斜面のめっき被覆）

第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２は、少なくとも一部がめっきにより覆われている。より詳細には、図２２に示すように、第１の傾斜面ｓ１は、鋼板５ａの下面（第１の表面）を覆うめっき５ｂにより被覆されている。第２の傾斜面ｓ２は、鋼板５ａの上面（第２の表面）を覆うめっき５ｂにより被覆されている。このように、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２は、めっき鋼板５のめっき層から連続するめっき５ｂによりそれぞれ覆われている。このように、鋼板５ａの表面から傾斜面にわたって同一のめっき５ｂで覆うことで、切断端面３ａにおける鋼板５ａの酸化を抑制することができる。

[0176] 例えば、めっき鋼板５の切断後に、切断端面３ａをめっき処理したり塗装したりすることで、切断端面３ａで鋼板５ａが露出しないようにすることは可能である。しかし、めっき鋼板５のめっき５ｂと同一組成の材料で切断端面３ａを被覆することは難しく、切断端面３ａの耐食性は鋼板５ａの表面に比べて低い。これに対して、本実施形態に係る切断加工品３の切断端面３ａは、連続する同一のめっき５ｂで鋼板５ａの表面から傾斜面ｓ１、ｓ２まで被覆されている。かかるめっき５ｂは、切断加工時に、切断加工工具の刃部の動きに追従して鋼板５ａの表面から傾斜面ｓ１、ｓ２へ向かって、鋼板５ａに押しつけられながら移動する。このため、後から切断端面３ａに対する表面処理を行う場合よりも切断端面３ａにおける鋼板５ａとめっき５ｂとの密着力が高くなり、切断端面３ａの耐食性を高めることができる。

[0177] また、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２を覆うめっき５ｂの量は、板厚方向（Ｚ方向）に鋼板５ａの表面から中央に向かうにつれて減少している。すなわち、図２２及び図２３に示すように、鋼板５ａの表面を被覆するめっき５ｂのめっき層厚に比べて、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２では、表面から板幅方向の中央に向かってめっき層厚は徐々に小さくなっている。第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２を覆うめっき５ｂは、めっき鋼板５を構成するめっき層のめっき５ｂが移動したものである。このため、

第１の傾斜面ｓ１及び第１の傾斜面ｓ２のめっき５ｂのめっき層厚が厚くなると、切断端面３ａの耐食性は向上するが、鋼板５ａの表面のめっき５ｂのめっき層厚が薄くなるため、平面耐食性が低下する可能性がある。したがって、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２では、鋼板５ａの表面から中央に向かうにつれて傾斜面を覆うめっき５ｂの量が減少するように、めっき５ｂが被覆されていることで、切断加工品３の平面耐食性を維持するとともに、切断端面３ａの耐食性を高めることができる。

[0178] ここで、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２の母材である鋼板５ａの形状は、図２２～図２４に示すように、切断端面３ａを側面から見たとき、略直線状となるようにしてもよい。仮に、鋼板５ａの切断端面３ａの形状が側面から見て円弧形状であると、図２２～図２４に示すように第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２の鋼板５ａが略直線状である場合に比べ、鋼板５ａの端面の表面積が大きくなる。そうすると、切断端面３ａを覆うためにより多くのめっき層のめっき５ｂを表面側から切断端面３ａに流し込む必要がある。そこで、図２２～図２４に示すように、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２の母材である鋼板５ａの形状を、切断端面３ａを側面から見たとき、略直線状となるようにすることで、表層にめっきの割れが生じたり局部的に薄くなったりする等の不具合が生じることを抑制できる。

[0179] さらに、第１の傾斜面ｓ１及び第２の傾斜面ｓ２は、必ずしも傾斜面全体がめっき５ｂにより覆われている必要はなく、少なくとも一部がめっき５ｂにより覆われていればよい。傾斜面ｓ１、ｓ２の一部が覆われていれば、めっき５ｂにより覆われていない部分についても犠牲防食効果により腐食の進行が抑制される。犠牲防食効果を傾斜面ｓ１、ｓ２及び破断面ｓ５に及ぼすためには、傾斜面ｓ１、ｓ２のめっき被覆率Ｘは２０％以上であるのが好ましい。

[0180] ここで、めっき被覆率Ｘは、切断端面３ａを側面（すなわち、板幅方向（Ｙ方向））から見たときの傾斜面ｓ１、ｓ２の長さ$Ａ_1$、$Ａ_2$に対して、めっき５ｂが存在する部分の長さ$Ｂ_1$、$Ｂ_2$の割合であり、下記式（６）で表され

る。なお、下記式（６）において、Ａは、第１の傾斜面ｓ１の長さ$Ａ_1$と第２の傾斜面ｓ２の長さ$Ａ_2$との和（すなわち、$Ａ_1＋Ａ_2$）である。Ｂは、第１の傾斜面ｓ１においてめっき５ｂが存在する部分の長さ$Ｂ_1$と第２の傾斜面ｓ２においてめっき５ｂが存在する部分の長さ$Ｂ_2$との和（すなわち、$Ｂ_1＋Ｂ_2$）である。

[0181] $Ｘ＝１００×（Ｂ／Ａ）$ ・・・（６）

$Ａ（＝Ａ_1＋Ａ_2）$：傾斜面の長さ

$Ｂ（＝Ｂ_1＋Ｂ_2）$：めっきが存在する部分の長さ

[0182] めっき５ｂが存在する部分の長さ$Ｂ_1$、$Ｂ_2$は、傾斜開始位置$Ｐ_1$、$Ｐ_3$から、傾斜面ｓ１、ｓ２におけるめっき５ｂのめっき層厚が、切断加工前のめっき鋼板５のめっき層厚$ｔ_a$、$ｔ_b$の５％程度となった位置までの長さとする。これは、耐食性のためにめっき処理をした材料の長期利用を考えた場合、めっき鋼板５の表面と同程度の耐食性が切断端面３ａでも必要となることによる。めっき鋼板５から切断端面に溶け出しためっき成分の回り込みを考慮すると、５％程度のめっきが切断端面３ａに残留していれば初期の耐食性として発現すると考えられる。また、めっき５ｂが残存する位置を特定するための係数は、鋼板５ａの板厚ｔに応じて設定すればよい。鋼板５ａの板厚ｔが小さければ、係数は小さくてもよい。なお、鋼板５ａの板厚ｔは、切断加工品３を製造可能な板厚であればよく、例えば０．２ｍｍ以上１０ｍｍ以下としてもよい。

[0183] また、切断加工品３が図２４に示したような切断端面３ａを有する場合、反り返った傾斜面ｓ２については、反り返りの頂点でもある傾斜終了位置$Ｐ_4$よりもダレ側において一旦めっき５ｂがほぼ存在しなくなるが、工具の先端に残存するめっきが傾斜終了位置$Ｐ_4$付近に付着することもある。傾斜終了位置$Ｐ_4$付近のめっきの付着は不確定要素であるため、傾斜終了位置$Ｐ_4$付近のめっき層厚が切断加工前のめっき鋼板５のめっき層厚$ｔ_a$、$ｔ_b$の５％程度以上であったとしても、めっき５ｂが存在する部分の長さ$Ｂ_2$としては考慮しないこととしてもよい。

[0184] このように、本実施形態によれば、めっき鋼板５の切断端面の形状を上述のようにすることで、めっき鋼板５において複層材であるめっき５ｂによる平面耐食性を維持しながら、切断端面耐食性を向上させることができる。

[0185] （切断端面の観察方法）

切断加工品３の形状は、切断端面３ａを観察することにより特定可能である。

[0186] 切断端面３ａを正面から見たときの第１の傾斜面ｓ１の厚さ$Ｔ_1$及び第２の傾斜面ｓ２の厚さ$Ｔ_2$は、切断加工品３を樹脂等に埋め込み研磨して作成された試料を側面から観察することにより測定される。すなわち、試料は、図２２に示すようにＹ方向（板幅方向）から観察される。観察は、例えば実体顕微鏡または走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ；Scanning Electron Microscope）を用いて行われる。具体的には、例えば、試料を幅方向に測定回数で等分し、各断面を測定すればよい。測定は、少なくとも３箇所行うのがよい。そして、各断面における第１の傾斜面ｓ１の厚さの平均値を第１の傾斜面ｓ１の厚さ$Ｔ_1$とし、各断面における第２の傾斜面ｓ２の厚さの平均値を第２の傾斜面ｓ２の厚さ$Ｔ_2$とすればよい。

[0187] 切断端面における被覆材の被覆率を観察する場合には、被覆材の種類によっては実際の被覆率よりも少ない被覆材しか観察されないことがある。このため、例えば試料作成時に、被覆材周辺部を当て板により補強した状態で樹脂等に埋め込み研磨するのが望ましい。また、被覆材の種類または硬度に応じた研磨方法を用いるのが望ましい。

[0188] 切断加工品３を樹脂等に埋め込み作成した試料を観察する方法以外の、切断加工品３の切断端面３ａを観察する別の方法としては、例えば、切断端面３ａを正面から実体顕微鏡またはＳＥＭ－ＥＤＳ（Energy Dispersive X-ray Spectroscopy）によって観察する方法がある。色あるいは光沢によって被覆材を確認可能な場合は実体顕微鏡を用いて切断端面３ａの被覆材を確認すればよい。一方、色あるいは光沢からは被覆材の確認が困難な場合は、ＳＥＭの反射電子像（ＢＳＥ像）あるいはＥＤＳを用いて被覆材の存在を確認

すればよい。

[0189] これらの方法から、実際に切断端面３ａのどのあたりまで被覆材が存在しているかを推測することができるので、研磨が目的通りに実施されているかを確認することができる。なお、試料の研磨が難しい場合は、切断加工品３を正面から（すなわちＸ方向から）観察し、切断端面３ａにおいて被覆材が存在している部分の長さを測定することにより、第１の傾斜面ｓ１の厚さ$Ｔ_1$及び第２の傾斜面ｓ２の厚さ$Ｔ_2$を特定してもよい。このとき、切断端面３ａの板幅方向の複数箇所において被覆材が存在している部分の長さを測定し、これらの平均長さを傾斜面の厚さとしてもよい。

[0190] なお、本実施形態に係る切断加工品３は、複層材の板幅の６０％以上の範囲において、第１の傾斜面ｓ１の厚さ$Ｔ_1$と第２の傾斜面ｓ２の厚さ$Ｔ_2$との和及び比の値のばらつきが３０％以下であれば、切断端面３ａの複層材の平面耐食性を維持しながら切断端面耐食性を向上させることが可能である。このとき、複層材の板幅の６０％以上の範囲において、切断端面３ａを側面から見たときの被覆材の被覆率のばらつきは、３０％以下であればよい。被覆率のばらつきについては、上記被覆率の測定時と同様、被覆材が被覆されている部分を、実体顕微鏡またはＳＥＭ－ＥＤＳを用いて板幅方向に複数箇所測定し、これらの平均値を算出することにより、そのばらつきを算出すればよい。

[0191] 以上、本実施形態に係る切断方法により被加工材を切断して製造された切断加工品３の構成について説明した。なお、上記実施形態の切断加工品は、板厚方向中央に対して上下対称の形状であったが、本発明はかかる例に限定されず、上下非対称の形状であってもよい。例えば、第１の傾斜面ｓ１の長さ$Ａ_1$が第２の傾斜面ｓ２の長さ$Ａ_2$よりも短くてもよい。また、傾斜角度$θ_1$、$θ_2$も必ずしも同一でなくともよい。

実施例

[0192] （Ａ．切断端面のめっき被覆状態）

表面処理が施された被加工材としてめっき金属材を取り上げ、切断工具に

より切断したときのめっき金属材の切断端面におけるめっきの被覆状態を観察した。図２５に、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真を示す。図２５では、比較例として、図３５に示した従来のせん断加工工具１０を用いてめっき金属材を切断したときの、めっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真を示す。また、図２５では、実施例Ａ１、Ａ２として、図１に示した本発明の切断工具１００を用いてめっき金属材を切断したときの、めっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真を示す。実施例Ａ１では、ダイの刃先の先端半径$Ｒ_1$及びパンチの刃先の先端半径$Ｒ_2$は０．０５ｍｍであり、実施例Ａ２では、ダイの刃先の先端半径$Ｒ_1$及びパンチの刃先の先端半径$Ｒ_2$は０．５ｍｍであった。

[0193] また、図２５に示した比較例及び実施例Ａ１、Ａ２のめっき金属材について、図２６に、切断端面のめっき金属材の板厚に対するめっきの被覆部分の割合（以下、「板厚割合」とする。）を示す。板厚割合は、めっき金属材の切断端面を平面視したときの板厚方向の長さにより表す。図２６では、図２５の切断端面の正面視野において、切断端面の全面積に対し、画像に白く表れているめっきが５０％以上被覆している部分の面積（以下、「５０％めっき被覆部分」ともいう。）の板厚割合と、めっきが１％以上被覆している部分の面積（すなわち、めっきが少しでも金属材に被覆している箇所の面積割合。以下、「１％めっき被覆部分」ともいう。）の板厚割合とを示している。

[0194] 具体的には、図２７に示すように、比較例では、めっき金属材の板厚を$ｔ_0$、５０％めっき被覆部分の板厚を$ｔ_1$、１％めっき被覆部分の板厚を$ｔ_2$とした。実施例Ａ１、Ａ２では、めっき金属材の板厚を$ｔ_0$、５０％めっき被覆部分の板厚を$ｔ_1$、$ｔ_1'$、１％めっき被覆部分の板厚を$ｔ_2$、$ｔ_2'$とした。つまり、比較例では、５０％めっき被覆部分の板厚割合は$ｔ_1／ｔ_0$により算出し、１％めっき被覆部分の板厚割合は$ｔ_2／ｔ_0$により算出した。また、実施例Ａ１、Ａ２では、５０％めっき被覆部分の板厚割合は$（ｔ_1＋ｔ_1'）／ｔ_0$により算出し、１％めっき被覆部分の板厚割合は$（ｔ_2＋ｔ_2'）／ｔ_0$により

算出した。

[0195] 図２５に示すように、比較例では、切断端面は、ダレ、せん断面及び破断面で形成されており、破断面の割合が大きかった。めっきは、ダレには多く存在していたが、せん断面及び破断面にはほとんど存在しなかった。図２６より、比較例の５０％めっき被覆部分の板厚割合は約１５％、１％めっき被覆部分の板厚割合は約２８％であった。せん断面は、工具の刃先が金属材及びめっきに入り込むことで形成され、破断面は延性破壊亀裂の進展によって形成される。このため、従来のせん断加工工具を用いた場合には、めっきはせん断面及び破断面に追従できず、めっきがほとんど存在しなかったと考えられる。

[0196] 一方、実施例Ａ１及び実施例Ａ２では、刃先の先端半径R_1、R_2は相違するが、切断端面は、ダレ、傾斜面及び破断面で形成されており、傾斜面の割合が大きかった。傾斜面にはめっきが残存しており、金属材表面から板厚中央に向かうにつれて傾斜面を覆うめっきの量は減少していた。また、実施例Ａ１に比べて刃先の先端半径R_1、R_2が大きい実施例Ａ２では、傾斜面における金属材表面から板厚中央付近までのめっきの量の減少率が小さく、より多くのめっきが追従していた。図２６より、実施例Ａ１の５０％めっき被覆部分の板厚割合は約５５％、１％めっき被覆部分の板厚割合は約７８％であった。実施例Ａ２の５０％めっき被覆部分の板厚割合は約７１％、１％めっき被覆部分の板厚割合は約７６％であった。かかる結果より、本発明の切断工具１００を用いてめっき金属材を切断することにより、切断端面を広範囲にめっきによって被覆することが可能となる。

[0197] （Ｂ．刃先の先端角度）

図１に示した切断工具の第１の刃部の先端角度θ_1及び第２の刃部の先端角度θ_2を変化させて被加工材を切断したときの、刃先の損傷状態及び被加工材の切断端面の形状を調べた。被加工材として、板厚３．２ｍｍ、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。被加工材の切断加工は、刃先の先端角度θ_1、θ_2を変化させて、それぞれ２回ずつ実施した。なお、刃先の

先端半径Ｒ$_1$、Ｒ$_2$はともに０．０５ｍｍとした。表１にその結果を示す。なお、切断端面形状の評価における「突出部」とは、切断時に切断端面に生じる切断端面から突出する部分を意味する。

[0198] [表1]

表１

先端角度 $\theta_1=\theta_2$ [°]	めっき被覆状態	刃先損傷	切断端面形状
５	ＣＣ	ＥＥ	ＡＡ
１０	ＣＣ	ＣＣ	ＡＡ
３０	ＣＣ	ＢＢ	ＡＡ
４０	ＢＢ	ＢＢ	ＡＡ
６０	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ
９０	ＡＡ	ＡＡ	ＢＡ
１２０	ＡＡ	ＡＡ	ＥＡ
１５０	ＡＡ	ＡＡ	ＥＥ

（めっき被覆状態の評価基準）

Ａ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が７０％以上

Ｂ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が６０％以上

Ｃ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が５０％以上

Ｄ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が４０％以上

Ｅ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が４０％未満

（刃先損傷の評価基準）

Ａ：損傷無し

Ｂ：表面に小さな傷あり

Ｃ：わずかに塑性変形あり

Ｄ：わずかな塑性変形が１００μｍ以上の長さで存在

Ｅ：塑性変形あり

（切断端面形状の評価基準）

Ａ：極めて良好

Ｂ：良好

Ｃ：軽微な突出部あり

Ｄ：軽微な突出部が複数個所で存在

Ｅ：突出部あり

[0199] 表１に示すように、刃先の先端角度がいずれの場合であっても、被加工材の切断端面において、１％以上めっき被覆部分の板厚割合が５０％以上であった。刃先の先端角度が５°の場合には、刃先は塑性変形したが、被加工材の切断端面は良好であり、切断も容易であった。刃先の先端角度を１０°とすると、刃先の先端角度が５°の場合よりも刃先の塑性変形は許容される程度に小さくなった。さらに刃先の先端角度を大きくすると、３０°～４０°の間では刃先の表面に小さな傷はあるものの塑性変形せず、特に６０°～９０°の間では塑性変形せず、刃先の損傷はなくなり、切断端面も良好であった。なお、刃先の先端角度を大きくすれば刃先の損傷は抑制される一方で、刃先の先端角度が１２０°以上となると被加工材の切断端面に突出部が生じるようになり、切断するために必要な荷重は大きくなったが、被加工材の切断端面にはめっきが十分に被覆された。切断端面形状の評価がＥの場合には、被加工材に破断が生じず切断が完了しない場合もあった。

[0200] 以上の結果より、刃先の先端角度によらず被加工材の切断端面において十分にめっき被覆がなされることが示された。さらに、工具の損傷の抑制、被加工材の切断端面の形状及び切断の容易性の観点からは、刃部の先端角度θ_1及びθ_2を１０°以上１２０°以下とすることが好ましく、より好ましくは刃部の先端角度θ_1及びθ_2を３０°以上９０°以下とすればよいことが示された。

[0201] （Ｃ．刃先の先端半径）

図１に示した切断工具の第１の刃部の先端半径R_1及び第２の刃部の先端半径R_2を変化させて被加工材を切断したときの、刃先の損傷状態及び被加工材の切断端面の形状を調べた。被加工材として、板厚３．２ｍｍ、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。被加工材の切断加工は、刃先の先端角度θ_1、θ_2はともに６０°とし、刃先の先端半径R_1、R_2を変化させて、それぞれ２回ずつ実施した。表２にその結果を示す。

[0202] [表2]

表２

先端半径Ｒ$_1$＝Ｒ$_2$［ｍｍ］	先端半径／板厚［％］	めっき被覆状態	刃先損傷	端面形状
０．０１	０．３	ＤＤ	ＥＥ	ＡＡ
０．０２	０．６	ＣＣ	ＣＣ	ＡＡ
０．０５	１．６	ＢＢ	ＢＢ	ＡＡ
０．１	３．１	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ
０．３	９．４	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ
０．４	１２．５	ＡＡ	ＡＡ	ＢＢ
０．５	１５．６	ＡＡ	ＡＡ	ＣＣ
１．１	３４．４	ＡＡ	ＡＡ	ＤＤ
１．６	５０．０	ＡＡ	ＡＡ	ＥＥ

（めっき被覆状態の評価基準）

Ａ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が７０％以上

Ｂ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が６０％以上

Ｃ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が５０％以上

Ｄ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が４０％以上

Ｅ：１％以上めっき被覆部分の板厚割合が４０％未満

（刃先損傷の評価基準）

Ａ：損傷無し

Ｂ：表面に小さな傷あり

Ｃ：わずかに塑性変形あり

Ｄ：わずかな塑性変形が１００μｍ以上の長さで存在

Ｅ：塑性変形あり

（切断端面形状の評価基準）

Ａ：極めて良好

Ｂ：良好

Ｃ：軽微な突出部あり

Ｄ：軽微な突出部が複数個所で存在

Ｅ：突出部あり

[0203] 表２に示すように、刃先の先端半径がいずれの場合であっても、被加工材の切断端面において、１％以上めっき被覆部分の板厚割合が４０％以上であった。板厚に対する先端半径の比が３．１％以上の場合、１％以上めっき被覆部分の板厚割合が７０％以上であった。刃先の先端半径R_1、R_2が０．０１ｍｍ、すなわち板厚に対する先端半径の比が０．３％の場合には、刃先は塑性変形したが、被加工材の切断端面は良好であり、切断も容易であった。刃先の先端半径R_1、R_2を０．０２ｍｍ、すなわち板厚に対する先端半径の比を０．６％とした場合、刃先の塑性変形は許容される程度に小さくなり、切断端面も良好であった。さらに刃先の先端半径R_1、R_2を大きくすると、０．０５ｍｍ～０．３ｍｍの間、すなわち板厚に対する先端半径の比が１．６％～９．４％の場合には、刃先は塑性変形せず、刃先の損傷はほとんど認められなくなった。また、切断端面も良好であった。

[0204] なお、刃先の先端半径R_1、R_2を大きくすれば刃先の損傷は抑制された。その一方で、刃先の先端半径R_1、R_2が１．６ｍｍ、すなわち板厚に対する先端半径の比が５０．０％の場合、被加工材の切断端面に突出部が生じるようになったが、被加工材の切断端面にはめっきが十分に被覆されていた。また、板厚に対する先端半径の比が３４．４％以下の場合に、突出部が存在することによる端面形状の劣化は抑制された。

[0205] 以上の結果より、刃先の先端半径の大きさ（板厚に対する先端半径の比）によらず被加工材の切断端面において十分にめっき被覆がなされることが示された。さらに、工具の損傷の抑制、被加工材の切断端面の形状及び切断の容易性の観点からは、板厚に対する刃部の先端半径R_1、R_2の比が０．５％以上３５．０％以下とすることが好ましく、より好ましくは板厚に対する刃部の先端半径R_1、R_2の比を１．５％以上１０．０％以下とすればよいことが示された。

[0206] （Ｄ．被加工材の引張強度と切断状態との関係）

引張強度が２７０ＭＰａ、４６０ＭＰａ、５８５ＭＰａ、１０２０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を被加工材として、図１に示した本発明の切断工具を用

いて切断加工したときの切断状態について調べた。被加工材の板厚はいずれも３．２ｍｍであった。なお、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板は、上述の実施例Ｃで使用した鋼板とは別の材料である。被加工材の切断加工は、刃先の先端角度θ_1、θ_2はともに６０°とし、刃先の先端半径R_1、R_2を変化させて、それぞれ２回ずつ実施した。表３にその結果を示す。

[0207] [表3]

表３

引張強度[MPa]	２７０	４６０	５８５	１０２０
$R_1=R_2=0.02$mm（板厚割合 0.6%）	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ
$R_1=R_2=0.1$mm（板厚割合3.1%）	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ	ＡＡ
$R_1=R_2=0.5$mm（板厚割合15.6%）	ＡＣ	ＢＣ	ＡＣ	ＡＣ
$R_1=R_2=1.05$mm（板厚割合32.8%）	ＣＣ	ＣＣ	ＣＣ	ＣＣ
$R_1=R_2=1.1$mm（板厚割合34.4%）	ＣＤ	ＣＣ	ＣＣ	ＣＣ
$R_1=R_2=1.6$mm（板厚割合50.0%）	ＥＥ	ＥＥ	ＥＥ	ＥＣ

（切断端面形状の評価基準）

Ａ：極めて良好

Ｂ：良好

Ｃ：軽微な突出部あり

Ｄ：軽微な突出部が複数個所で存在

Ｅ：突出部あり

[0208] 試験の結果、いずれの引張強度の被加工材の切断端面においても、１％以上めっき被覆部分の板厚割合は５０％以上であった。また、表３より、引張強度が２７０ＭＰａ以上の亜鉛系めっき鋼板について、刃先の先端半径R_1、R_2が０．５ｍｍ以下の場合には、切断可能であり、かつ、良好な切断端面を得ることができた。また、引張強度が２７０ＭＰａ以上の亜鉛系めっき鋼板については、刃先の先端半径R_1、R_2が０．５ｍｍよりも大きくなっても切

断加工することが可能であった。

[0209] （Ｅ．上下の刃部の形状）

図１に示した切断工具において、先端半径$Ｒ_1$と先端半径$Ｒ_2$とが異なる第１の刃部と第２の刃部とを使用して被加工材を切断したときの、被加工材の切断端面の形状を調べた。上記Ａの検証と同様、表面処理が施された被加工材としてめっき金属材を取り上げ、切断工具により切断したときのめっき金属材の切断端面におけるめっきの被覆状態を観察した。図２８に、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真を示す。

[0210] 実施例Ｅ１では、ダイの刃先の先端半径$Ｒ_1$は０．５ｍｍであり、パンチの刃先の先端半径$Ｒ_2$は０．０５ｍｍであり、先端半径比$Ｒ_1$／$Ｒ_2$は１０であった。実施例Ｅ２では、ダイの刃先の先端半径$Ｒ_1$は０．０５ｍｍであり、パンチの刃先の先端半径$Ｒ_2$は０．５ｍｍであり、先端半径比$Ｒ_1$／$Ｒ_2$は０．１であった。また、図２８には、先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$をともに０．０５ｍｍとした場合に得られためっき金属材の切断端面を参考例１として示し、先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$をともに０．５ｍｍとした場合に得られためっき金属材の切断端面を参考例２として示す。

[0211] 図２８に示すように、実施例Ｅ１、Ｅ２のめっき金属材の切断端面は、参考例１、２のめっき金属材の切断端面に比べて、側面視した形状は左右で異なるが、ダレ、傾斜面及び破断面で形成されていた。また、実施例Ｅ１、Ｅ２の破断面比率は、参考例１、２と比較すると大きくなっていたが、１％以上めっき被覆部分の板厚割合は５０％以上を保持していた。このように、上下の刃部の先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$が異なる場合であっても、本発明の切断工具１００を用いてめっき金属材を切断することにより、切断端面を広範囲にめっきによって被覆することが可能となる。

[0212] なお、ここでは上下の刃部の先端半径$Ｒ_1$、$Ｒ_2$が異なる場合について検証したが、上下の刃部の先端角度θ_1、θ_2が異なる場合も、本発明の切断工具１００を用いてめっき金属材を切断することにより、切断端面を広範囲にめ

っきによって被覆することができる。

[0213] （Ｆ．複数の切断工程による切断）

図１に示した切断工具において、２回の切断工程により被加工材を切断したときの、被加工材の切断端面の形状を調べた。上記Ａの検証と同様、表面処理が施された被加工材としてめっき金属材を取り上げ、切断工具により切断したときのめっき金属材の切断端面におけるめっきの被覆状態を観察した。図２９に、切断工具により切断されためっき金属材の切断端面の正面写真及び側面断面写真を示す。

[0214] 実施例Ｆ１は、１回目の切断工程では、刃先の先端半径R_1、R_2が０．０５ｍｍのダイ及びパンチを用いてめっき金属材を途中まで切断し、２回目の切断工程では、刃先の先端半径R_1、R_2が０．５ｍｍのダイ及びパンチを用いてめっき金属材を完全に切断した。実施例Ｆ２は、１回目の切断工程では、刃先の先端半径R_1、R_2が０．５ｍｍのダイ及びパンチを用いてめっき金属材を途中まで切断し、２回目の切断工程では、刃先の先端半径R_1、R_2が０．０５ｍｍのダイ及びパンチを用いてめっき金属材を完全に切断した。また、図２９には、図２８と同一の参考例１、２を示している。

[0215] 図２９に示すように、実施例Ｆ１、Ｆ２のめっき金属材の切断端面は、いずれも、切断端面は、ダレ、傾斜面及び破断面で形成されており、傾斜面の割合が大きかった。傾斜面にはめっきが残存しており、金属材表面から板厚中央に向かうにつれて傾斜面を覆うめっきの量は減少していた。また、実施例Ｆ１、Ｆ２のめっき金属材の切断端面は、参考例１、２のめっき金属材の切断端面と比較すると、２回目の切断工程にて使用した切断工具の刃先の先端半径R_1、R_2の影響を受けることがわかる。例えば、実施例Ｆ１の切断端面には参考例２のような突出部が形成されたが、切断起点部分において、めっきが切断端面の他の部分よりも多く残存していることが見られた。また、実施例Ｆ２の切断端面は参考例１に近く、バリが少なく良好な端面形状であり、めっきの追従性も良好であった。

[0216] このように、複数の切断工程によって、本発明の切断工具１００を用いて

めっき金属材を切断することにより、切断端面を広範囲にめっきによって被覆することが可能となる。特に、２回目の切断工程での刃部の先端半径R_1、R_2を、１回目の切断工程での刃部の先端半径R_1、R_2よりも小さくすることで、切断端面にめっきが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得ることができることがわかる。また、２回目の切断工程での刃部の先端角度θ_1、θ_2を、１回目の切断工程での刃部の先端角度θ_1、θ_2よりも小さくすることによっても、切断端面にめっきが被覆する部分を増加させることができ、かつ、良好な端面形状を得ることができる。

[0217] また、複数回の切断において、切断の途中で刃先の先端角度または先端半径を小さくしたときの破断面比率について調べた。被加工材は、上記同様、板厚３．２ｍｍ、引張強度４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。その結果を表４に示す。なお、先端半径R_1、R_2は同一とし（$R=R_1=R_2$）、先端角度θ_1、θ_2も同一とした（$\theta=\theta_1=\theta_2$）。

[0218] [表4]

表４

No.	１回目Ｒ [mm]	２回目Ｒ [mm]	１回目θ [°]	２回目θ [°]	破断面比率 [%]
1	0.05	0.05	60	60	0.21
2	0.5	0.5			0.25
3	0.05	0.5			0.29
4	0.5	0.05			0.17
5	0.05	0.05	45	45	0.25
6			60	60	0.21
7			45	60	0.25
8			60	45	0.20

[0219] 表４のＮｏ．１～４では、先端角度θを固定し、先端半径Ｒを変化させた。その結果、Ｎｏ．４のように１回目の切断時の先端半径Ｒよりも２回目の切断時の先端半径Ｒを小さくすることで、破断面比率が小さくなり、めっき被覆範囲が増加することがわかった。また、表４のＮｏ．５～８では、先端半径Ｒを固定し、先端角度θを変化させた。その結果、Ｎｏ．８のように１回目の切断時の先端角度θよりも２回目の切断時の先端角度θを小さくする

ことで、破断面比率が小さくなり、めっき被覆範囲が増加することがわかった。

[0220] （Ｇ．非対称な刃先を有する切断工具による切断）

表面処理が施された被加工材としてめっき金属材を取り上げ、切断工具により切断したときのめっき金属材の切断端面の形状を観察した。

[0221] 実施例Ｇ１では、図１０に示した左右の角度が異なった刃部をそれぞれ有するダイ及びパンチを用いて、めっき金属材を切断した。ダイ及びパンチの形状は同一であり、めっき金属材に対して対称に配置されていた。刃先の先端角度θ_1、θ_2は７５°であり、先端角度は法線にて４５°（$=\theta_{1a}=\theta_{2a}$）と３０°（$=\theta_{1b}=\theta_{2b}$）とに二分される形状とした。

[0222] 実施例Ｇ２では、図１１に示した左右の先端半径が異なった刃部をそれぞれ有するダイ及びパンチを用いて、めっき金属材を切断した。ダイ及びパンチの形状は同一であり、めっき金属材に対して対称に配置されていた。ダイ及びパンチの刃先の先端半径は、それぞれ、法線に対して一方は０．５ｍｍ（$=R_{1a}=R_{2a}$）、他方は０．０５ｍｍ（$=R_{1b}=R_{2b}$）であった。

[0223] なお、参考例として、めっき金属材を、刃部が法線に対して左右対称の形状を有する切断工具によって切断した。ダイ及びパンチの形状は同一であり、めっき金属材に対して対称に配置されていた。刃先の先端角度θ_1、θ_2は６０°であり、先端角度を法線にて二分すると左右の角度はそれぞれ３０°（$=\theta_{1a}=\theta_{2a}=\theta_{1b}=\theta_{2b}$）であった。

[0224] 図３０に、実施例Ｇ１、Ｇ２及び参考例の切断方法によりめっき金属材を切断したときの、めっき金属材の切断端面の形状を示す。図３０では、切断されためっき金属材のうち、刃部を法線にて二分したときに角度または先端半径が大きい側にて切断された側の切断端面について側面視したときの形状を模式的に示している。なお、参考図については切断されためっき金属材のいずれの切断端面も同様の形状を有していたため、一方の片の切断端面の形状を示している。なお、参考例並びに実施例Ｇ１及びＧ２において、いずれも切断端面の傾斜部において、めっき層が端面上に形成されていたことが確

認された。

[0225] 図１０に示すように、刃部が法線に対して左右対称の形状を有する参考例では、切断端面にばりが生じていた。一方、実施例Ｇ１、Ｇ２では、刃部が法線に対して左右非対称の形状であることから、角度または先端半径が大きい側に変形が集中して亀裂が安定して進展する。その結果、図３０に示すように、参考例のようなばりは生じなかった。このように、ダイ及びパンチの刃部を非対称な形状とすることで、被加工材を切断する際の亀裂の進展方向を制御することができることがわかった。

[0226] また、実施例Ｇ１、Ｇ２について、閉領域を切断した後の切断端面を確認したところ、切断端面は、図４に示したように、ダレ、傾斜面及び破断面で形成されており、傾斜面の割合が大きかった。傾斜面にはめっきが残存しており、金属材表面から板厚中央に向かうにつれて傾斜面を覆うめっきの量は減少していた。このように、図１０あるいは図１１に示した切断工具を用いてめっき金属材を切断することで、切断端面を広範囲にめっきによって被覆することも確認された。

[0227] また、図１０に示した切断工具を使用する場合において、先端角度θ_{1a}、θ_{1b}を相違させたときの、被加工材を切断する際に生じる亀裂の進展方向について調べた。被加工材として、板厚３．２ｍｍ、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。被加工材の切断加工は、刃先の先端半径R_1、R_2はともに０．０５ｍｍとし、刃先の先端角度θ_{2a}は先端角度θ_{1a}と同一とし、先端角度θ_{2b}は先端角度θ_{1b}と同一とした。そして、先端角度θ_{1a}、θ_{1b}を変化させて、それぞれ切断を２０回ずつ実施し、生じた亀裂の進展方向を確認した。表５にその結果を示す。

[0228]

[表5]

表５

$\theta_{1a}+\theta_{1b}$ [°]	θ_{1a} [°]	θ_{1b} [°]	$\theta_{1a}-\theta_{1b}$ [°]	θ_{1a}側に亀裂が進展する割合	θ_{1b}側に亀裂が進展する割合
90	45	45	0	５０％	５０％
90	47.5	42.5	5	７０％	３０％
90	50	40	10	８０％	２０％
90	52.5	37.5	15	８０％	２０％
90	55	35	20	８０％	２０％
90	57.5	32.5	25	８５％	１５％
90	60	30	30	９５％	５％
90	62.5	27.5	35	９５％	５％
90	65	25	40	９５％	５％
90	67.5	22.5	45	９５％	５％

[0229] 表５より、（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）を５°以上４５°以下としたとき、角度の大きいθ_{1a}側へ亀裂が進展していることがわかる。また、先端角度θ_{1b}を先端角度θ_{1a}よりも大きくすれば、角度の大きいθ_{1b}側へ亀裂が進展する。このように、先端角度θ_{1a}、θ_{1b}を異なる角度とすることで、切断時の亀裂の進展方向を制御することができる。先端角度θ_{2a}、θ_{2b}についても同様であり、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）を５°以上４５°以下とすることで、角度の大きい側へ亀裂を進展させることができる。

[0230] さらに、図１１に示した切断工具を使用する場合において、先端半径R_{1a}、R_{1b}を相違させたときの、被加工材を切断する際に生じる亀裂の進展方向について調べた。被加工材として、板厚３．２ｍｍ、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。被加工材の切断加工は、刃先の先端角度θ_1、θ_2はともに６０°とし、刃先の先端半径R_{2a}は先端半径R_{1a}と同一とし、先端半径R_{2b}は先端半径R_{1b}と同一とした。そして、先端半径R_{1a}、R_{1b}を変化させて、それぞれ切断を２０回ずつ実施し、生じた亀裂の進展方向を確認した。表６にその結果を示す。

[0231]

[表6]

表６

R_{1a} [mm]	R_{1b} [mm]	R_{1a}／R_{1b} [-]	R_{1a}側に亀裂が進展する割合	R_{1b}側に亀裂が進展する割合
0.05	0.05	1.0	５０％	５０％
0.055	0.05	1.1	４０％	６０％
0.075	0.05	1.5	３０％	７０％
0.15	0.05	3.0	２５％	７５％
0.5	0.05	10	２０％	８０％
1.5	0.05	30	１５％	８５％
5.0	0.05	100	５％	９５％

[0232] 表６より、先端半径の比R_{1a}／R_{1b}を１．１以上１００以下としたとき、先端半径の小さいR_{1b}側へ亀裂が進展していることがわかる。また、先端半径R_{1a}を先端半径R_{1b}よりも小さくすれば、先端半径の小さいR_{1a}側へ亀裂が進展する。このように、先端半径R_{1a}、R_{1b}を異なる角度とすることで、切断時の亀裂の進展方向を制御することができる。先端半径R_{2a}、R_{2b}についても同様であり、先端半径の比R_{2a}／R_{2b}またはR_{2b}／R_{2a}を１．１以上１００以下でとすることで、先端半径の小さい側へ亀裂を進展させることができる。

[0233] （Ｈ．刃先の先端形状）

刃先の先端半径の形状と、切断された被加工材の破断面比率との関係を調べた。被加工材として、板厚３．２ｍｍ、引張強度が４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板を用いた。被加工材の切断加工に用いた切断工具は、刃先の先端角度θ_1、θ_2はともに６０°とし、刃先の先端半径R_1、R_2は０．０５ｍｍとした。ただし、比較例Ｈ１、Ｈ２の刃先は、図３１に示すように先端が平坦となっており、平坦部分と楔形状の傾斜部分との交点の半径を０．０５ｍｍとした。平坦部分の幅ＲＷは、比較例Ｈ１が０．２ｍｍであり、比較例Ｈ２が０．０２ｍｍであった。実施例については刃先の先端に平坦部分はなく、平坦部分の幅ＲＷは０ｍｍであった。表７に、各切断工具を用いて切断された被加工材の破断面比率を示す。

[0234]

[表7]

表７

ケース	破断面比率［%］	平坦部分の幅ＲＷ［㎜］
比較例Ｈ１	３４	０．２
比較例Ｈ２	２９	０．０２
実施例	２２	０

[0235] 表７より、刃先を平坦とした場合（比較例Ｈ１、Ｈ２）、刃先が曲率を有する場合（実施例）と比較して破断面が増加し、めっきの被覆量が減少した。これは、刃先が平坦である場合、被加工材が平坦部分で切断される際に材料の流動が抑制され、切断時により多くのひずみが生じる。その結果、被加工材の破断が早まるとともに、めっきが分断されたため、めっきの被覆量が減少したものと考えられる。

[0236] （Ｉ．閉領域の切断）

被加工材から閉領域を切断する方法について、被加工材が切断できるか否かを検証した。本検証では、表面処理が施された被加工材としてめっき金属材を取り上げ、平板のめっき金属材から円形の閉領域を切断した。めっき金属材は引張強度４６０ＭＰａの亜鉛系めっき鋼板であり、板厚は３．２ｍｍであった。

[0237] 実施例では、上記第２の実施形態の切断方法のうち、まず、図１４に示した切断工具を用いて、めっき金属材から最終的に切断したい位置よりも内部の閉領域を切断して中間材を形成し、その後、図１５に示した切断工具を用いて、最終的な切断位置にて中間材を切断した。一方、比較例では、中間材の形成は行わずに、図１５に示した切断工具を用いて、平板のめっき金属材を最終的な切断位置で切断した。図１５に示した切断工具のダイ及びパンチは、刃先での直径が１０ｍｍであり、刃部の先端角度は６０°であった。

[0238] 図３２に、実施例及び比較例の切断方法によりめっき金属材を切断したときの、めっき金属材に加わる損傷の大きさを示した解析結果と、めっき金属材の切断可否とを示す。また、参考例として、めっき金属材を直線状に切断

したときのめっき金属材に加わる損傷の大きさを示した解析結果と、めっき金属材の切断可否とを示す。損傷は、一般化されたＣｏｃｋｃｒｏｆｔ－Ｌａｔｈａｍの式によって算出した損傷値を用いて表した（非特許文献１参照）。図３２の解析結果は、めっき金属材に加わる損傷の大きさを濃淡で示しており、白い部分ほど損傷が大きく、破断しやすいことを示している。

[0239] 参考例に示すように、めっき金属材を直線状に切断した場合には、切断工具の刃先近傍でめっき金属材には大きな損傷が加わることがわかる。参考例では、ダイとパンチとが相対的に押し込まれるに伴い、めっき金属材が工具から離れる方向に移動することができるため、めっき金属材に大きな損傷を加えることができる。このため、めっき金属材を確実に切断することができた。

[0240] 次に、比較例では、切断工具の刃先近傍でめっき金属材にはほとんど損傷が加わらないことがわかる。比較例では、最終的な切断位置での閉領域の切断前に貫通孔が形成されないため、ダイとパンチとが相対的に押し込まれた際に、めっき金属材が工具から離れる方向に移動することができない。このため、めっき金属材にクラックを発生させるほどの損傷を加えることができず、めっき金属材は切断されなかった。

[0241] 一方、実施例では、切断工具の刃先近傍でめっき金属材には大きな損傷が加わることがわかる。実施例では、最終的な切断位置での閉領域の切断前に貫通孔が形成されているため、ダイとパンチとが相対的に押し込まれた際に、めっき金属材が工具から離れる方向に移動することができる。このため、めっき金属材に大きな損傷を加えることができ、めっき金属材を確実に切断することができた。

[0242] また、実施例について、閉領域を切断した後の切断端面を確認したところ、切断端面は、図４に示したように、ダレ、傾斜面及び破断面で形成されており、傾斜面の割合が大きかった。傾斜面にはめっきが残存しており、金属材表面から板厚中央に向かうにつれて傾斜面を覆うめっきの量は減少していた。このように、図１５に示した切断工具を用いてめっき金属材を切断する

ことで、切断端面を広範囲にめっきによって被覆することも確認された。

[0243] また、図３２に示した比較例及び実施例にて形成された試験片について、疲労特性を調べた。試験片７０は、図３３に示すように、９０ｍｍ×３０ｍｍの板状のめっき金属材に対して、中央に直径１０ｍｍの貫通孔７１が形成され、４つのコーナー部に直径７ｍｍの貫通孔７３が形成されている。かかる試験片７０に対して、応力比を－１、周波数を２５Ｈｚとして、疲労試験を室温大気中にて実施した。ここでは、10^7回の疲労寿命を達成する負荷応力を疲労限と定義した。図３４及び下記表８に疲労試験結果を示す。

[0244] [表8]

表８

ＴＳ［ＭＰａ］		４６０	６１６	７９０	１０１０	１２１０
破断面比率［%］	比較例	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85
	実施例	0.20	0.30	0.35	0.38	0.40
疲労限［Ｍｐａ］	比較例	224	300	397	498	600
	実施例	268	360	476	598	720

[0245] 図３４及び表８より、試験片の引張強度によらず、実施例の試験片の疲労寿命は比較例の試験片よりも疲労寿命が長いことがわかる。また、図３２に示した比較例及び実施例にて形成された試験片について、表面研削によりめっきを除去し、同様の試験を行った。その結果、表８と同等の結果が得られた。このことから、実施例の切断方法により切断することで、鋼板の被膜の有無にかかわらず、疲労寿命の改善効果が得られることが分かる。

[0246] （Ｊ．めっき鋼板の検証）

下記表９に示すめっき鋼板である被覆材Ａ～Ｈ及び鋼板Ｉについて、上記関係式（３）～（５）に基づく加工品の形状と５０日暴露試験の実施結果との関係を調べた。その結果を表１０に示す。なお、上記式（３）の評価に関しては、式（３）を満たす場合を「Ｘ」、式（３）を満たさない場合を「Ｙ」とした。また、耐食性の評価は、海浜の日向環境に試料の切断端面（評価面）が上方を向くように設置し、５０日間曝露した後の評価面の状態に基づき行った。評価面の状態は、評価面の全面積に対する赤錆が発生した面積の

割合（赤錆発生面積率）に基づき、以下のように分類した。

Ａ（優）：赤錆発生面積率３０％未満

Ｂ（良）：赤錆発生面積率３０％以上６０％未満

Ｃ（可）：赤錆発生面積率６０％以上７５％未満

Ｄ（不可）：赤錆発生面積率７５％以上９０％未満

Ｅ（不可）：赤錆発生面積率９０％以上

[0247] [表9]

表９

複層材	めっき種	備考
Ａ	Ｚｎ	JIS　G3301もしくはG3302に規定される溶融Znめっき鋼板
Ｂ	Ｚｎ－Ｆｅ	-
Ｃ	55%Al-Zn-1.6%Si	JIS　G3321に規定される溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板
Ｄ	Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Si	JIS　G3323に規定される溶融Zn-Al-Mg合金めっき鋼板
Ｅ	Al-10%Si	JIS　G3314に規定される溶融Alめっき鋼板
Ｆ	Ｃｒ	-
Ｇ	Ｎｉ	-
Ｈ	Ｓｎ	-
Ｉ	なし	JIS　G3141に規定される冷延鋼板

[0248]

[表10]

表１０

No.		被覆材	めっき付着量 [両面：g/m^2]	板厚 [mm]	上下刃の形状	先端R	(T_1+T_2)<T	T_3/板厚T	暴露50日後の赤錆面積率	備考
1	実施例J1	A	900	3.2	同	0.50	X	0.28	A	
2	実施例J2	A	900	3.2	同	0.05	X	0.19	A	
3	比較例J1	A	900	3.2	－	－	Y	0.78	D	
4	実施例J3	A	900	4.5	同	0.50	X	0.30	A	
5	実施例J4	A	900	4.5	同	0.05	X	0.28	A	
6	比較例J2	A	900	4.5	－	－	Y	0.63	D	
7	実施例J5	A	450	6.0	同	0.50	X	0.32	B	
8	実施例J6	A	450	6.0	同	0.05	X	0.30	B	
9	比較例J3	A	450	6.0	－	－	Y	0.65	D	
10	実施例J7	A	900	6.0	同	0.50	X	0.29	A	
11	実施例J8	A	900	6.0	同	0.05	X	0.31	A	
12	比較例J4	A	900	6.0	－	－	Y	0.66	D	
13	実施例J9	A	900	9.0	同	0.50	X	0.47	B	
14	実施例J10	A	900	9.0	同	0.05	X	0.40	B	
15	比較例J5	A	900	9.0	－	－	Y	0.69	D	
16	実施例J11	B	90	0.2	同	0.50	X	0.42	C	
17	実施例J12	B	90	0.2	同	0.05	X	0.43	C	
18	比較例J6	B	90	0.2	－	－	Y	0.63	D	
19	実施例J13	B	90	0.8	同	0.50	X	0.26	B	
20	実施例J14	B	90	0.8	同	0.05	X	0.21	B	
21	比較例J7	B	90	0.8	－	－	Y	0.79	D	
22	実施例J15	C	150	1.6	同	0.50	X	0.29	A	
23	実施例J16	C	150	1.6	同	0.05	X	0.18	A	
24	比較例J8	C	150	1.6	－	－	Y	0.81	D	
25	実施例J17	D	90	3.2	同	0.50	X	0.20	B	
26	実施例J18	D	90	3.2	同	0.05	X	0.18	B	
27	比較例J9	D	90	3.2	－	－	Y	0.77	D	
28	実施例J19	D	180	3.2	同	0.50	X	0.18	A	
29	実施例J20	D	180	3.2	同	0.05	X	0.19	A	
30	比較例J10	D	180	3.2	－	－	Y	0.76	D	
31	実施例J21	D	270	3.2	同	0.50	X	0.08	A	
32	実施例J22	D	270	3.2	同	0.05	X	0.19	A	
33	比較例J11	D	270	3.2	－	－	Y	0.74	D	
34	比較例J12	D	270	3.2	－	－	X	0.52	D	特許文献7
35	比較例J13	D	270	3.2	－	－	X	0.60	D	特許文献7
36	実施例J23	D	450	4.5	同	0.50	X	0.30	A	
37	実施例J24	D	450	4.5	同	0.05	X	0.25	A	
38	比較例J14	D	450	4.5	－	－	Y	0.64	D	
39	実施例J25	D	450	6.0	同	0.50	X	0.35	A	
40	実施例J26	D	450	6.0	同	0.05	X	0.31	A	
41	比較例J15	D	450	6.0	－	－	Y	0.70	D	
42	実施例J27	E	120	2.3	同	0.50	X	0.25	B	
43	実施例J28	E	120	2.3	同	0.05	X	0.23	B	
44	比較例J16	E	120	2.3	－	－	Y	0.78	E	
45	実施例J29	F	150	2.3	同	0.50	X	0.32	B	
46	実施例J30	F	150	2.3	同	0.05	X	0.30	B	
47	比較例J17	F	150	2.3	－	－	Y	0.72	E	
48	実施例J31	G	180	2.3	同	0.50	X	0.32	B	
49	実施例J32	G	180	2.3	同	0.05	X	0.29	B	
50	比較例J18	G	180	2.3	－	－	Y	0.71	E	
51	実施例J33	H	250	2.3	同	0.50	X	0.34	C	
52	実施例J34	H	250	2.3	同	0.05	X	0.28	C	
53	比較例J19	H	250	2.3	－	－	Y	0.72	E	
54	比較例J20	I	0	2.3	同	0.50	X	0.31	E	
55	比較例J21	I	0	2.3	同	0.05	X	0.33	E	
56	比較例J22	I	0	2.3	－	－	Y	0.73	E	

[0249] 表１０より、実施例Ｊ１～Ｊ３４は、上記式（３）の関係を満たす結果、５０日暴露試験後の評価面の赤錆発生面積率はいずれも７５％未満となった。なお、実施例Ｊ１１、Ｊ１２については、他の実施例の切断加工品に比べて板厚が薄い。このため、切断加工時にめっき鋼板が強固に抑えられていないと、刃部が当たるタイミングがずれてゆがみが生じやすい。しかし、５０日暴露試験後の評価面の赤錆発生面積率は７５％未満にとどまっている。また、実施例Ｊ１～Ｊ３４の切断加工品は、上記関係式（４）、（５）を満たしていることから、安定した切断端面の耐食性を発現できていたと推察される。

[0250] 一方、比較例Ｊ１～Ｊ１１、Ｊ１４～Ｊ１９は、上記式（３）～（５）の関係を満たさないため、５０日暴露試験後の評価面の赤錆発生面積率はいずれも７５％以上となった。また、比較例Ｊ１２、Ｊ１３については、特許文献７の手法に基づきせん断した場合のせん断加工品の評価を行った。この場合も、上記式（５）の関係性を満たさないため、５０日暴露試験後の評価面の赤錆発生面積率はいずれも７５％以上となった。比較例Ｊ２０～Ｊ２２は、めっき層のない冷延鋼板のせん断加工品である。このため、比較例Ｊ２０、Ｊ２１については切断端面の形状は実施例と同様であるが、Ｊ２０～Ｊ２２のいずれも耐食性がないことから、５０日暴露試験後の評価面の赤錆発生面積率はいずれも７５％以上となった。

[0251] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0252] 例えば上記実施形態では、被加工材はめっき鋼板であったが、本発明はかかる例に限定されない。被加工材は、母材の表面を被覆材により被覆して形成されているものであればよい。例えば、鋼板等の金属材を母材とし、Ｚｎ

、ＡＩもしくはそれらの合金からなる材料、酸化物被膜、塗装材、樹脂材等を被覆材としてもよい。付帯的には、被加工材は、母材である金属材に対して表面を塗装した塗装鋼板であってもよく、鋼板にフィルムをラミネートしたフィルムラミネート鋼板であってもよい。あるいは、切断したものを、母材と被覆材とからなるクラッド材から製造することも可能である。クラッド材としては、例えば、Ｃｕ板を母材、Ｎｉ板を被覆材としたＮｉクラッド銅材等がある。

[0253] なお、被加工材は１層のみに限定されるものではなく、複数層被覆されていてもよい。例えば、上述のめっき鋼板の表面に、化成処理、塗装、ラミネート等の処理がされていてもよい。

[0254] また、本発明の切断方法によれば、プラスチック等の樹脂材を母材として、Ｃｕ、Ｃｒ、Ａｇ、Ａｕ、Ｐｔ等の金属材を被覆材とした被加工材の切断したものも、同様に形成することができる。

[0255] 金属が被覆されたプラスチック等の樹脂材を切断すると、端面の電気伝導性が失われる。また、樹脂の露出する比率が高い場合は帯電しやすくなるため、火花の発生等が懸念される。そこで、上述の切断方法により、このような樹脂材の切断することにより、切断端面の電気伝導性を向上させ、帯電を防止することが可能となる。

[0256] また、クラッド材の場合は、被加工材との組み合わせ、用途によって切断されたときに求められる目的は異なる。しかし、上述の切断方法によって被加工材を切断することで、切断端面の母材の耐食性、耐薬品性等を改善し得る。また、切断端面の一部あるいは全体の電気伝導性、熱伝導性、磁性等を、従来の切断法に比較して改善し得る。

[0257] 塗膜、ラミネートの場合は、上述の切断方法によって被加工材を切断することで、母材の耐食性はもちろん、塗膜－フィルム下の膨れの抑制、母材が露出しないことによる外観の改善、切断端面の一部あるいは全体の絶縁性の改善を実現し得る。

[0258] このように、上述の切断方法によって被加工材を切断することで、平面に

おいて被覆材が有する機能を、切断端面にも持たせることが可能となる。なお、被覆材が有する機能は上述の例に限定されるものではなく、被覆材の用途に応じてその機能を発現し得る。換言すれば、本実施形態に係る切断方法により、被加工材の切断において、被加工材の有する性能が切断後に低下することを抑制することができる。これは、表面処理が施された被加工材の切断のみならず、裸材の切断においても同様である。例えば、本実施形態に係る切断方法を用いることで、被覆材の有無によらず、切断された被加工材の疲労寿命の低下を抑制することができる。

[0259] なお、以下の構成も本発明の技術的範囲に含まれる。

（Ａ１） ダイとパンチとを備える切断工具を用いて、表面処理が施された被加工材を切断する切断方法であって、

前記被加工材を前記ダイと前記パンチとの間に配置することと、

前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込み、前記被加工材を切断することと、

を含む、切断方法。

（Ａ２） 前記ダイまたは前記パンチの少なくともいずれかに一方に、前記ダイと前記パンチとの間に配置されるブランクホルダが設けられ、

前記ブランクホルダによって前記被加工材を保持した状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込む、上記（Ａ１）に記載の切断方法。

（Ａ３） 前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下である、上記（Ａ１）または（Ａ２）に記載の切断方法。

（Ａ４） 前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、３０°以上９０°以下である、上記（Ａ３）に記載の切断方法。

（Ａ５） 前記第１の刃部の先端角度θ_1と前記第２の刃部の先端角度θ_2との比であるθ_1/θ_2またはθ_2/θ_1は、４未満である、上記（Ａ３）または（Ａ４）に記載の切断方法。

（Ａ６）　前記第１の刃部の先端角度θ_1と前記第２の刃部の先端角度θ_2との比であるθ_1/θ_2またはθ_2/θ_1は、２未満である、上記（Ａ５）に記載の切断方法。

（Ａ７）　前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の０．５％以上３５．０％以下である、上記（Ａ１）～（Ａ６）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ８）　前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の３．０％以上１０．０％以下である、上記（Ａ７）に記載の切断方法。

（Ａ９）　前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2との比であるR_1/R_2またはR_2/R_1は、１００未満である、上記（Ａ７）または（Ａ８）に記載の切断方法。

（Ａ１０）　前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2との比であるR_1/R_2またはR_2/R_1は、１０未満である、上記（Ａ９）に記載の切断方法。

（Ａ１１）　前記ダイと前記パンチとは、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とを一致させて対向される、上記（Ａ１）～（Ａ１０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ１２）　前記ダイの前記第１の刃部と前記パンチの前記第２の刃部とを対向させたとき、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とのずれ量を板厚の５０％以下とする、上記（Ａ１）～（Ａ１０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ１３）　前記ダイの前記第１の刃部及び前記パンチの前記第２の刃部は、同一形状であり、前記被加工材に対して対称に配置される、上記（Ａ１）～（Ａ１２）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ１４）　前記被加工材の切断は、複数の切断工程で行われる、上記（Ａ１）～（Ａ１３）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ１５）　前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工

程の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記被加工材を切断する、上記（Ａ１４）に記載の切断方法。

（Ａ１６）　前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記被加工材を切断する、上記（Ａ１４）または（Ａ１５）に記載の切断方法。

（Ａ１７）　前記複数の切断工程のうち、１回目の切断工程における前記パンチのストロークＳは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（ａ１）を満たす、上記（Ａ１４）～（Ａ１６）のいずれか１項に記載の切断方法。

$$(R_1+R_2) \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\} \quad \cdots (a1)$$

（Ａ１８）　前記１回目の切断工程における前記パンチのストロークＳは、下記式（ａ２）を満たす、上記（Ａ１７）に記載の切断方法。

$$(R_1+R_2)\times 2 \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\times 2\} \quad \cdots (a2)$$

（Ａ１９）　前記被加工材の削り幅は、前記被加工材の一方の端部と当該被

加工材の切断位置との距離であり、

前記被加工材の削り幅Ｄは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（ａ３）を満たす、上記（Ａ１）～（Ａ１８）のいずれか１項に記載の切断方法。

$R \leqq D \leqq 5t$　　・・・（ａ３）

$R = Min(R_1, R_2)$

（Ａ２０）　前記被加工材の削り幅Ｄは、下記式（ａ４）を満たす、上記（Ａ１９）に記載の切断方法。

$3R \leqq D \leqq t$　　・・・（ａ４）

（Ａ２１）　前記被加工材は、引張強度２７０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ａ１）～（Ａ２０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ２２）　前記被加工材は、引張強度５９０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ａ２１）に記載の切断方法。

（Ａ２３）　前記被加工材は、めっき金属板である、上記（Ａ１）～（Ａ２２）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ａ２４）　被加工材を載置可能であり、楔形状の第１の刃部を有するダイと、

前記第１の刃部に対向して設けられる楔形状の第２の刃部を有し、前記ダイに対向し、前記ダイ側に相対的に移動可能に設けられるパンチと、

を備える、切断工具。

（Ａ２５）　前記ダイと前記パンチとの間に前記被加工材を配置させた状態で、前記パンチが前記ダイ側に相対的に押し込まれることにより前記被加工材を切断する、上記（Ａ２４）に記載の切断工具。

（Ｂ１）　ダイとパンチとを備える切断工具を用いて、表面処理が施された被加工材を切断する切断方法であって、

前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とは、それぞれ、刃先における法線に対して非対称な形状を有し、

前記被加工材を前記ダイと前記パンチとの間に配置することと、

前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込み、前記被加工材を切断することと、

を含む、切断方法。

（Ｂ２）　前記ダイまたは前記パンチの少なくともいずれかに一方に、前記ダイと前記パンチとの間に配置されるブランクホルダが設けられ、

前記ブランクホルダによって前記被加工材を保持した状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込む、上記（Ｂ１）に記載の切断方法。

（Ｂ３）　前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下である、上記（Ｂ１）または（Ｂ２）に記載の切断方法。

（Ｂ４）　前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、３０°以上９０°以下である、上記（Ｂ３）に記載の切断方法。

（Ｂ５）　前記第１の刃部の先端角度θ_1は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{1a}、θ_{1b}に分割され、

前記第２の刃部の先端角度θ_2は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{2a}、θ_{2b}に分割され、

角度θ_{1a}と角度θ_{1b}との角度差である（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、５°以上４５°以下である、上記（Ｂ３）または（Ｂ４）に記載の切断方法。

（Ｂ６）　角度θ_{1a}と角度θ_{1b}との角度差である（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、１０°以上３０°以下である、上記（Ｂ５）に記載の切断方法。

（Ｂ７）　前記第１の刃部の先端半径R_1を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第１の刃部の各先端半径R_{1a}、R_{1b}の平均値とし

、

前記第２の刃部の先端半径Ｒ$_2$を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第２の刃部の各先端半径Ｒ$_{2a}$、Ｒ$_{2b}$の平均値としたとき、

前記先端半径Ｒ$_1$、Ｒ$_2$は、それぞれ、板厚の０．５％以上３５．０％以下である、上記（Ｂ１）～（Ｂ６）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ８）　前記先端半径Ｒ$_1$、Ｒ$_2$は、それぞれ、板厚の３．０％以上１０．０％以下である、上記（Ｂ７）に記載の切断方法。

（Ｂ９）　前記第１の刃部の先端半径Ｒ$_1$を分割した２つの先端半径の比Ｒ$_{1a}$／Ｒ$_{1b}$またはＲ$_{1b}$／Ｒ$_{1a}$、及び、前記第２の刃部の先端半径Ｒ$_2$を分割した２つの先端半径の比Ｒ$_{2a}$／Ｒ$_{2b}$またはＲ$_{2b}$／Ｒ$_{2a}$は、１．１以上１００以下である、上記（Ｂ７）または（Ｂ８）に記載の切断方法。

（Ｂ１０）　前記第１の刃部の先端半径Ｒ$_1$を分割した２つの先端半径の比Ｒ$_{1a}$／Ｒ$_{1b}$またはＲ$_{1b}$／Ｒ$_{1a}$、及び、前記第２の刃部の先端半径Ｒ$_2$を分割した２つの先端半径の比Ｒ$_{2a}$／Ｒ$_{2b}$またはＲ$_{2b}$／Ｒ$_{2a}$は、５以上２０以下である、上記（Ｂ９）に記載の切断方法。

（Ｂ１１）　前記ダイと前記パンチとは、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とを一致させて対向して配置される、上記（Ｂ１）～（Ｂ１０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ１２）　前記ダイの前記第１の刃部と前記パンチの前記第２の刃部とを対向させたとき、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とのずれ量を板厚の５０％以下とする、上記（Ｂ１）～（Ｂ１０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ１３）　前記ダイの前記第１の刃部及び前記パンチの前記第２の刃部は、同一形状であり、前記被加工材に対して対称に配置される、上記（Ｂ１）～（Ｂ１２）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ１４）　前記被加工材の切断は、複数の切断工程で行われる、上記（Ｂ１）～（Ｂ１３）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ１５）　前記被加工材の削り幅は、前記被加工材の一方の端部と当該被

加工材の切断位置との距離であり、

前記被加工材の削り幅Ｄは、

前記第１の刃部の先端半径$Ｒ_{1}$を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第１の刃部の各先端半径$Ｒ_{1a}$、$Ｒ_{1b}$の平均値とし、

前記第２の刃部の先端半径$Ｒ_{2}$を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第２の刃部の各先端半径$Ｒ_{2a}$、$Ｒ_{2b}$の平均値とし、

前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（ｂ１）を満たす、上記（Ｂ１）～（Ｂ１４）のいずれか１項に記載の切断方法。

$Ｒ \leqq Ｄ \leqq ５ｔ$　　・・・（ｂ１）

$Ｒ＝Ｍｉｎ（Ｒ_{1a}，Ｒ_{1b}，Ｒ_{2a}，Ｒ_{2b}）$

（Ｂ１６）　前記被加工材の削り幅Ｄは、下記式（ｂ２）を満たす、上記（Ｂ１５）に記載の切断方法。

$３Ｒ \leqq Ｄ \leqq ｔ$　　・・・（ｂ２）

（Ｂ１７）　前記被加工材は、引張強度２７０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ｂ１）～（Ｂ１６）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ１８）　前記被加工材は、引張強度５９０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ｂ１７）に記載の切断方法。

（Ｂ１９）　前記被加工材は、めっき金属板である、上記（Ｂ１）～（Ｂ１８）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｂ２０）　被加工材を載置可能であり、楔形状の第１の刃部を有するダイと、

前記第１の刃部に対向して設けられる楔形状の第２の刃部を有し、前記ダイに対向し、前記ダイ側に相対的に移動可能に設けられるパンチと、

を備え、

前記第１の刃部と前記第２の刃部とは、それぞれ、刃先における法線に対して非対称な形状を有する、切断工具。

（Ｂ２１）　前記ダイと前記パンチとの間に前記被加工材を配置させた状態で、前記パンチが前記ダイ側に相対的に押し込まれることにより前記被加工

材を切断する、上記（Ｂ２０）に記載の切断工具。

（Ｃ１）　表面処理が施された被加工材を切断する切断方法であって、

前記被加工材から、最終形状領域と当該最終形状領域の縁部に沿って設けられた余剰領域とを有する中間材を形成することと、

前記最終形状領域の縁部に対応して刃部が閉形状に形成されたダイとパンチとを備える切断工具を用いて、前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込み、前記中間材を切断することと、

を含む、切断方法。

（Ｃ２）　前記ダイと前記パンチとは、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とを一致させて対向される、上記（Ｃ１）に記載の切断方法。

（Ｃ３）　前記ダイの前記第１の刃部と前記パンチの前記第２の刃部とを対向させたとき、前記第１の刃部の先端位置と前記第２の刃部の先端位置とのずれ量を板厚の５０％以下とする、上記（Ｃ１）に記載の切断方法。

（Ｃ４）　前記中間材の切断は、複数の切断工程で行われる、上記（Ｃ１）～（Ｃ３）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ５）　前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記中間材を切断する、上記（Ｃ４）に記載の切断方法。

（Ｃ６）　前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工程

の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記中間材を切断する、上記（Ｃ４）または（Ｃ５）に記載の切断方法。

（Ｃ７）　前記複数の切断工程のうち、１回目の切断工程における前記パンチのストロークＳは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（ｃ１）を満たす、上記（Ｃ４）～（Ｃ６）のいずれか１項に記載の切断方法。

$$(R_1+R_2) \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\} \quad \cdots (c1)$$

（Ｃ８）　前記１回目の切断工程における前記パンチのストロークＳは、下記式（ｃ２）を満たす、上記（Ｃ７）に記載の切断方法。

$$(R_1+R_2)\times 2 \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\times 2\} \quad \cdots (c2)$$

（Ｃ９）　前記中間材の切断において、

前記中間材の削り幅は、前記中間材の一方の端部と前記最終形状領域の縁部である当該中間材の切断位置との距離であり、

前記中間材の削り幅Ｄは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（ｃ３）を満たす、上記（Ｃ１）～（Ｃ８）のいずれか１項に記載の切断方法。

$$R \leqq D \leqq 5t \quad \cdots (c3)$$

$$R = \mathrm{Min}(R_1, R_2)$$

（Ｃ１０）　前記中間材の削り幅Ｄは、下記式（ｃ４）を満たす、上記（Ｃ９）に記載の切断方法。

$$3R \leqq D \leqq t \quad \cdots (c4)$$

（Ｃ１１）　前記中間材の形成は、打ち抜き加工、穴抜き加工、またはレーザ切断により行われる、上記（Ｃ１）～（Ｃ１０）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ１２）　前記中間材の切断時に当該中間材が破断しなかった場合に、前記中間材から前記余剰領域を切り落とすことをさらに含む、上記（Ｃ１）～（Ｃ１１）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ１３）　前記中間材を形成する工程において、前記被加工材から閉領域を除いて２つに分離された部分のうち、前記閉領域が除かれ貫通孔が形成された部分を前記中間材とする、上記（Ｃ１）～（Ｃ１２）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ１４）　前記中間材を形成する工程において、前記被加工材から閉領域を除いて２つに分離された部分のうち、前記被加工材から抜き出された前記閉領域の部分を前記中間材とする、上記（Ｃ１）～（Ｃ１２）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ１５）　前記被加工材は、引張強度２７０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ｃ１）～（Ｃ１４）のいずれか１項に記載の切断方法。

（Ｃ１６）　前記被加工材は、引張強度５９０ＭＰａ以上の材料である、上記（Ｃ１５）に記載の切断方法。

（Ｃ１７）　前記被加工材は、めっき金属板である、上記（Ｃ１）～（Ｃ１６）のいずれか１項に記載の切断方法。

符号の説明

[0260]

３	切断加工品
３ａ	切断端面
５	被加工材（めっき鋼板）
５ａ	金属材（鋼板）
５ｂ	被膜層（めっき）
５０、１００	切断工具
５１、１１０	ダイ

１１１、１２１　基部

１１３　第１の刃部

５２、１２０　パンチ

１２３　第２の刃部

１３０　ブランクホルダ

１３１、１３２、１３３、１３４、１４０　パッド

請求の範囲

[請求項1] ダイとパンチとを備える切断工具を用いて被加工材を切断する切断方法であって、

前記被加工材を前記ダイと前記パンチとの間に配置することと、

前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込み、前記被加工材を切断することと、

を含み、

前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、１０°以上１２０°以下であり、

前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の０．５％以上３５．０％以下である、切断方法。

[請求項2] 前記被加工材は、母材の表面を被覆材により被覆してなる複層材である、請求項１に記載の切断方法。

[請求項3] 前記第１の刃部の先端角度θ_1及び前記第２の刃部の先端角度θ_2は、３０°以上９０°以下である、請求項１または２に記載の切断方法。

[請求項4] 前記第１の刃部の先端半径R_1及び前記第２の刃部の先端半径R_2は、板厚の１．５％以上１０．０％以下である、請求項１～３のいずれか１項に記載の切断方法。

[請求項5] 前記被加工材の切断は、複数の切断工程で行われる、請求項１～４のいずれか１項に記載の切断方法。

[請求項6] 前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端角度θ_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端角度θ_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記被加工材を切断する、請求項５に記載の切断方法。

[請求項7] 前記複数の切断工程は、第１の切断工程と、前記第１の切断工程の後に行われる第２の切断工程とを含み、

前記第２の切断工程では、

前記第２の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1を、前記第１の切断工程での前記第１の刃部の先端半径R_1よりも小さくすること、

または、

前記第２の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2を、前記第１の切断工程での前記第２の刃部の先端半径R_2よりも小さくすること、

のうち、少なくともいずれか一方を行い、前記被加工材を切断する、請求項５または６に記載の切断方法。

[請求項8] 前記複数の切断工程のうち、１回目の切断工程における前記パンチのストロークＳは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（Ａ）を満たす、請求項５～７のいずれか１項に記載の切断方法。

$$(R_1+R_2) \leqq S \leqq \{t-(R_1+R_2)\} \quad \cdots (A)$$

[請求項9] 前記被加工材の削り幅は、前記被加工材の一方の端部と当該被加工材の切断位置との距離であり、

前記被加工材の削り幅Ｄは、前記第１の刃部の先端半径をR_1、前記第２の刃部の先端半径をR_2、前記被加工材の板厚をｔと定義したとき、下記式（Ｂ）を満たす、請求項１～８のいずれか１項に記載の

切断方法。

$R \leqq D \leqq 3t$ ・・・（B）

$R = Min(R_1, R_2)$

[請求項10] 前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とは、それぞれ、刃先における法線に対して非対称な形状を有する、請求項１～９のいずれか１項に記載の切断方法。

[請求項11] 前記第１の刃部の先端角度θ_1は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{1a}、θ_{1b}に分割され、

前記第２の刃部の先端角度θ_2は、当該刃部の刃先における法線により２つの角度θ_{2a}、θ_{2b}に分割され、

角度θ_{1a}と角度θ_{1b}との角度差である（$\theta_{1a}-\theta_{1b}$）または（$\theta_{1b}-\theta_{1a}$）、及び、角度θ_{2a}と角度θ_{2b}との角度差である（$\theta_{2a}-\theta_{2b}$）または（$\theta_{2b}-\theta_{2a}$）は、５°以上４５°以下である、請求項１０に記載の切断方法。

[請求項12] 前記第１の刃部の先端半径R_1を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第１の刃部の各先端半径R_{1a}、R_{1b}の平均値とし、

前記第２の刃部の先端半径R_2を、当該刃部の刃先における法線により２つに分割された前記第２の刃部の各先端半径R_{2a}、R_{2b}の平均値としたとき、

前記先端半径R_1、R_2は、それぞれ、板厚の０．５％以上３５．０％以下である、請求項１０または１１に記載の切断方法。

[請求項13] 前記第１の刃部の先端半径R_1を分割した２つの先端半径の比R_{1a}/R_{1b}またはR_{1b}/R_{1a}、及び、前記第２の刃部の先端半径R_2を分割した２つの先端半径の比R_{2a}/R_{2b}またはR_{2b}/R_{2a}は、１．１以上１００以下である、請求項１２に記載の切断方法。

[請求項14] 前記被加工材から、最終形状領域と当該最終形状領域の縁部に沿って設けられた余剰領域とを有する中間材を形成することと、

前記最終形状領域の縁部に対応して刃部が閉形状に形成されたダイとパンチとを備える切断工具を用いて、前記ダイの楔形状の第１の刃部と前記パンチの楔形状の第２の刃部とを対向させた状態で、前記パンチを前記ダイ側に相対的に押し込み、前記中間材を切断することと、

を含む、請求項１～９のいずれか１項に記載の切断方法。

[請求項15] 被加工材を切断加工して形成された切断加工品であって、

前記切断加工品の切断端面は、

板厚方向に第１の表面から中央に向かって傾斜する第１の傾斜面と、

板厚方向に第２の表面から中央に向かって傾斜する第２の傾斜面と、

前記第１の傾斜面と前記第２の傾斜面との間に形成される破断面と、

からなり、

前記切断端面を正面から見たときの傾斜面の厚さは、下記関係式（Ｃ）を満たす、切断加工品。

$$（T_1＋T_2）＜T \quad ・・・（C）$$

$$T_1＝A_1\cos\theta_1、T_2＝A_2\cos\theta_2$$

ここで、T_1は前記切断端面を正面から見たときの前記第１の傾斜面の厚さ、T_2は前記切断端面を正面から見たときの前記第２の傾斜面の厚さ、A_1は前記切断端面を側面から見たときの前記第１の傾斜面の長さ、A_2は前記切断端面を側面から見たときの前記第２の傾斜面の長さ、θ_1は前記第１の傾斜面の傾斜角度、θ_2は前記第２の傾斜面の傾斜角度、Ｔは前記被加工材の板厚である。

[請求項16] 前記切断端面を正面から見たときの前記破断面の厚さT_3は、下記関係式（Ｄ）を満たす、請求項１５に記載の切断加工品。

$$0＜T_3≦0．5T \quad ・・・（D）$$

[請求項17] 前記被加工材は、母材の表面を被覆材により被覆してなる複層材であり、

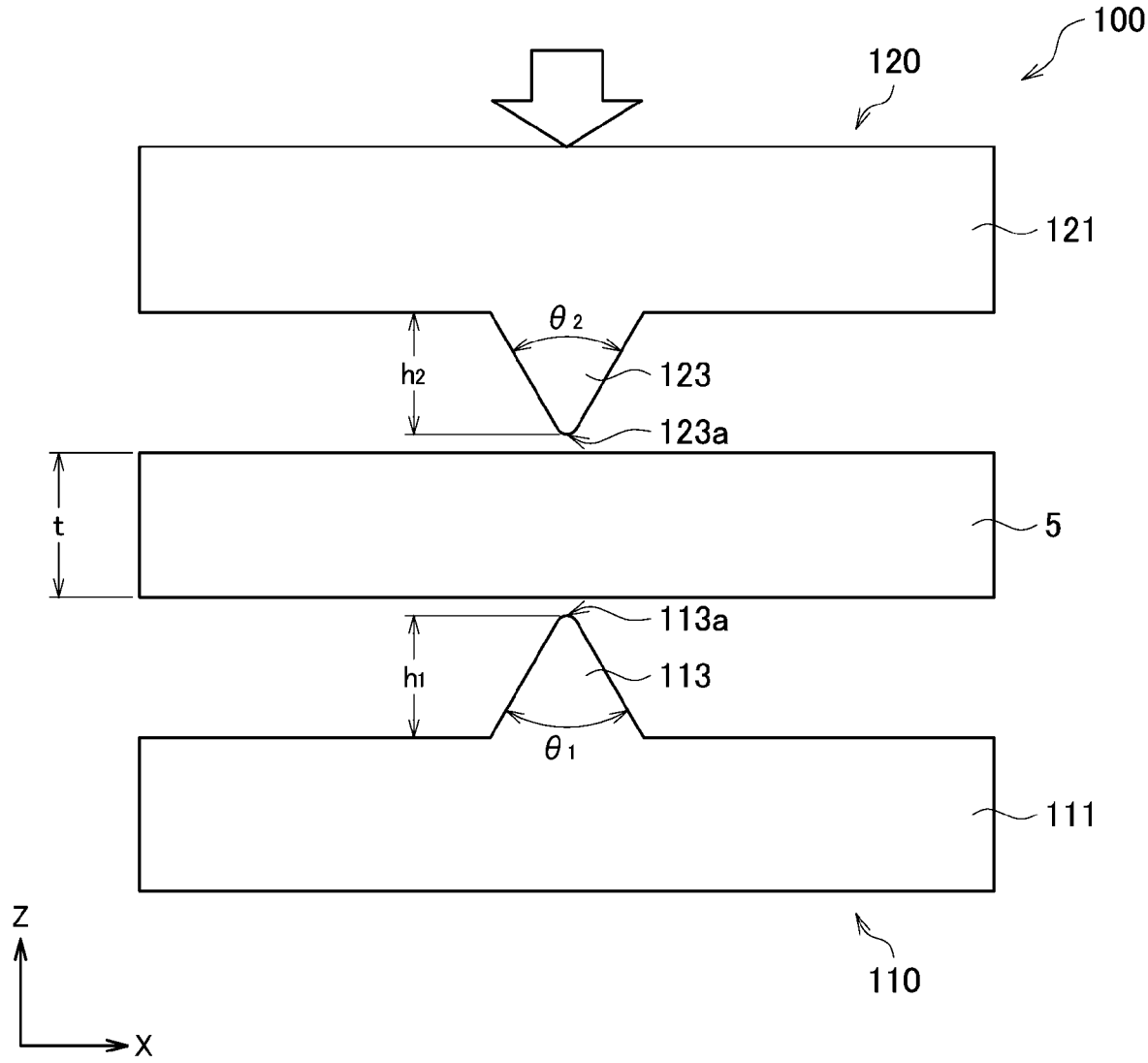
前記第１の傾斜面及び前記第２の傾斜面は、少なくとも一部が前記母材の前記表面を覆う前記被覆材により被覆されている、請求項１５または１６に記載の切断加工品。

[請求項18] 前記第１の傾斜面は、少なくとも一部が前記母材の前記第１の表面を覆う被覆材により被覆され、

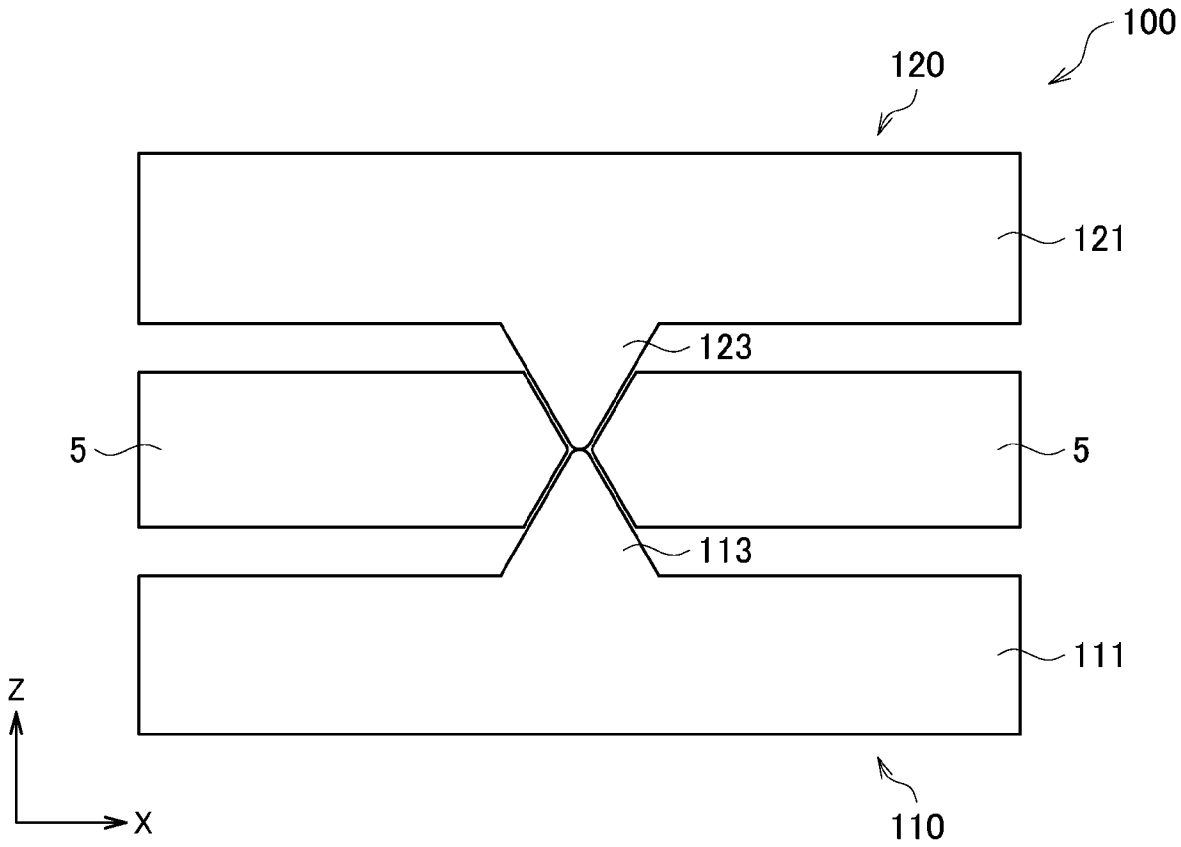
前記第２の傾斜面は、少なくとも一部が前記母材の前記第２の表面を覆う被覆材により被覆されている、請求項１７に記載の切断加工品。

[請求項19] 前記母材の板厚ｔは、０．２ｍｍ以上１０ｍｍ以下である、請求項１７または１８に記載の切断加工品。

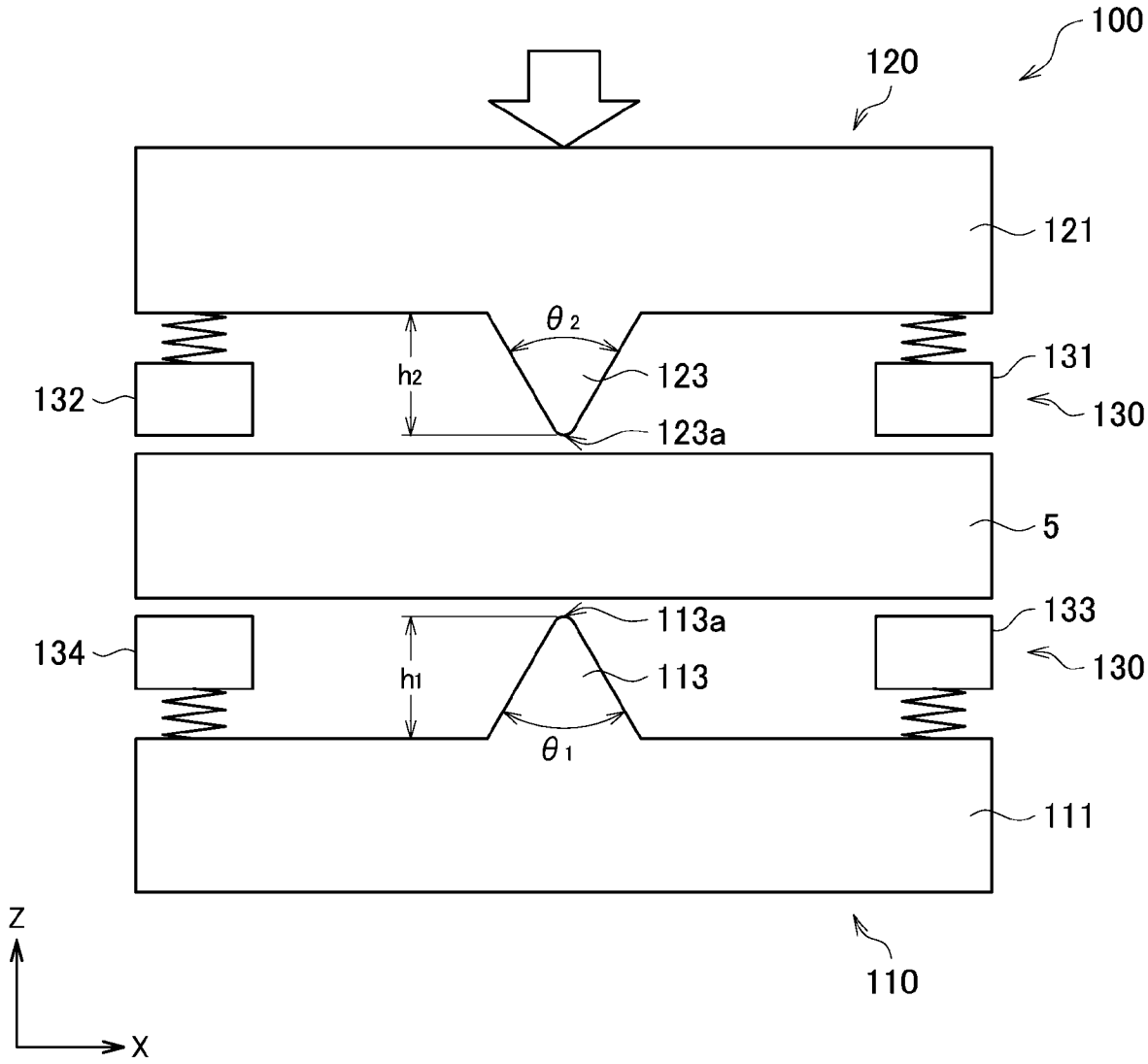
[図1]



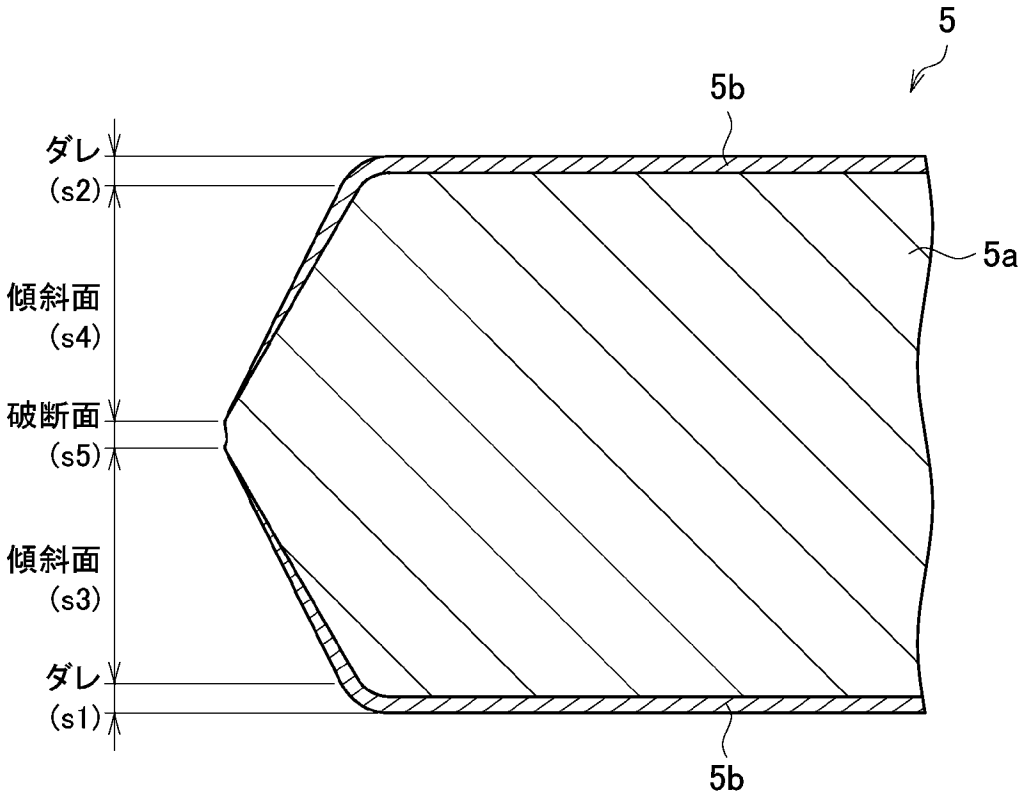
[図2]



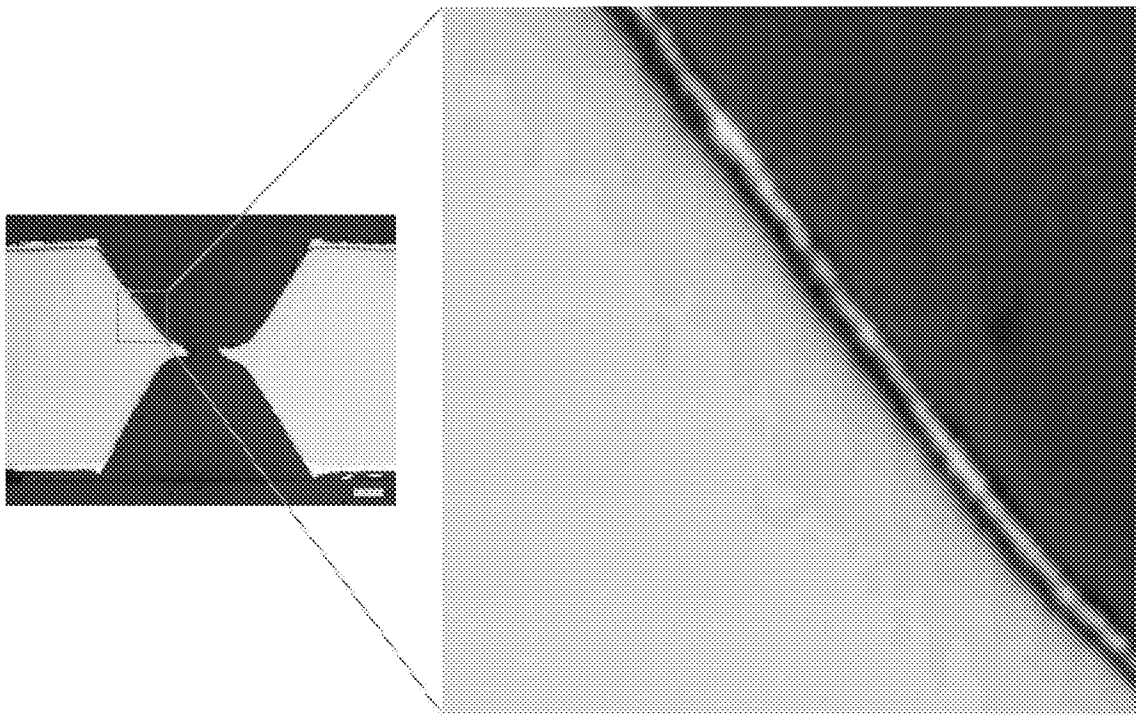
[図3]


100
120
121
θ2
h2
123
123a
131
132
130
5
113a
133
134
h1
113
130
θ1
111
Z
X
110

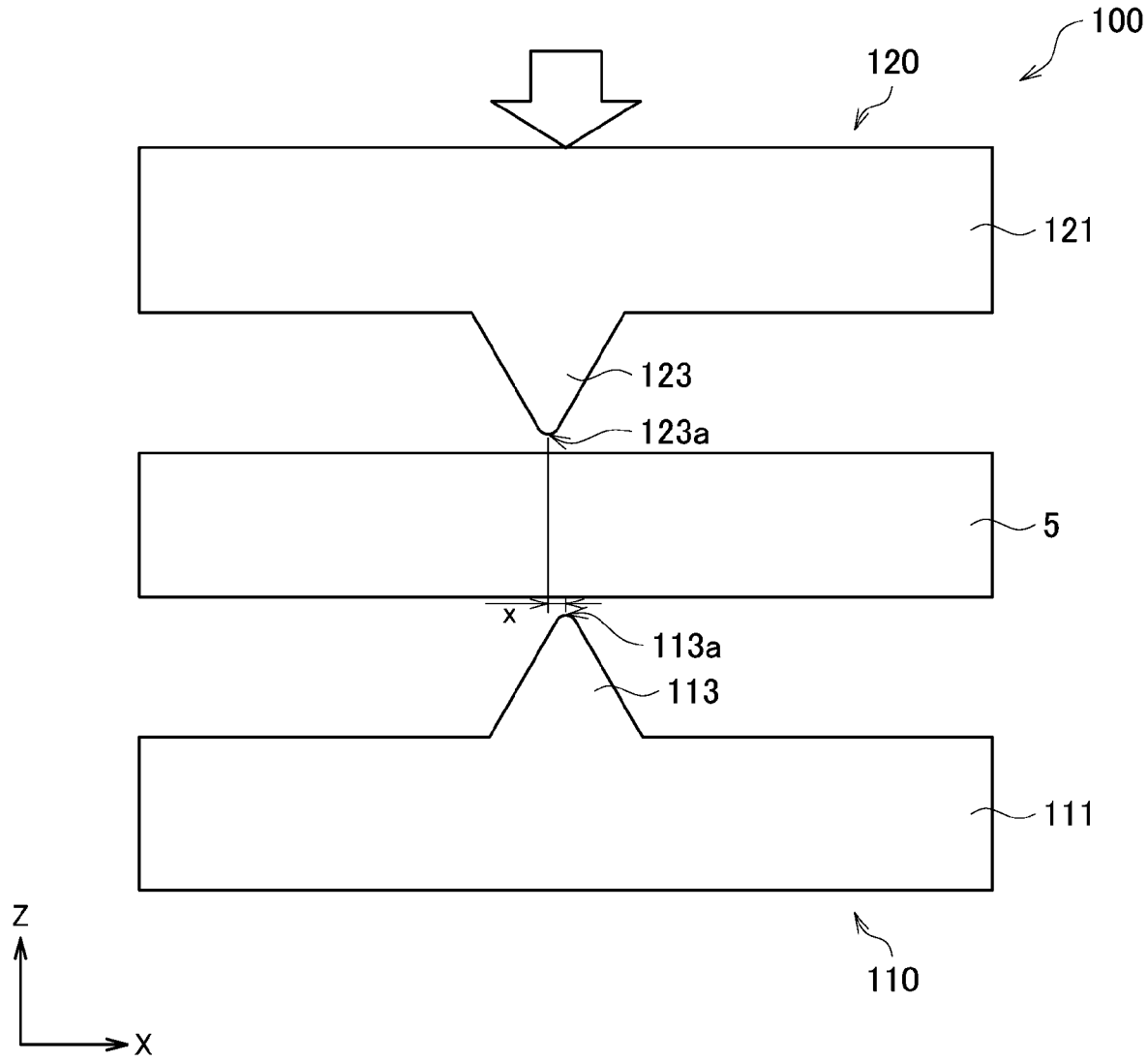
[図4]



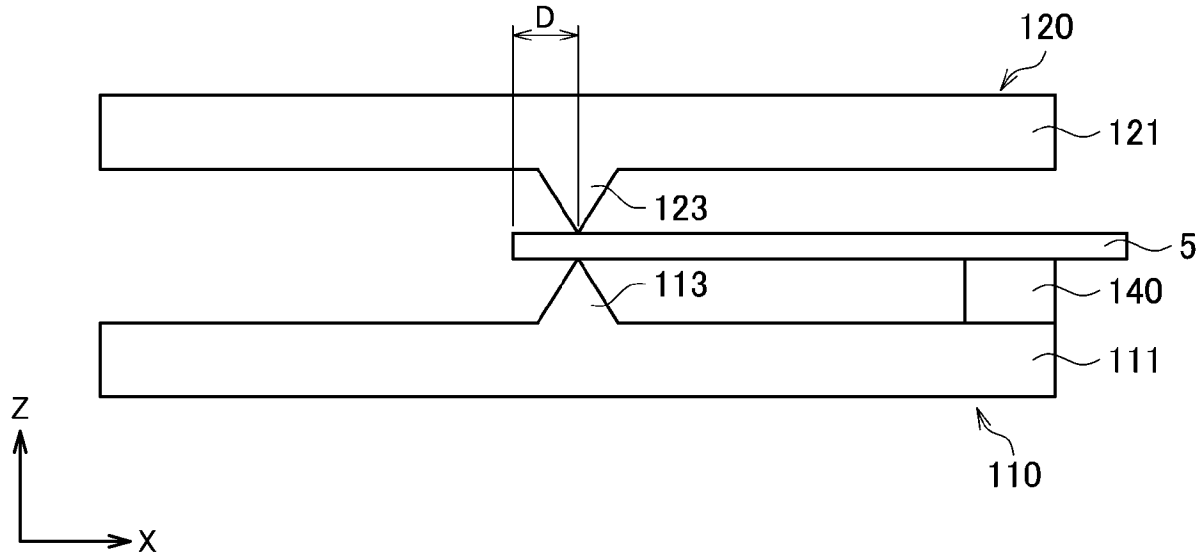
[図5]



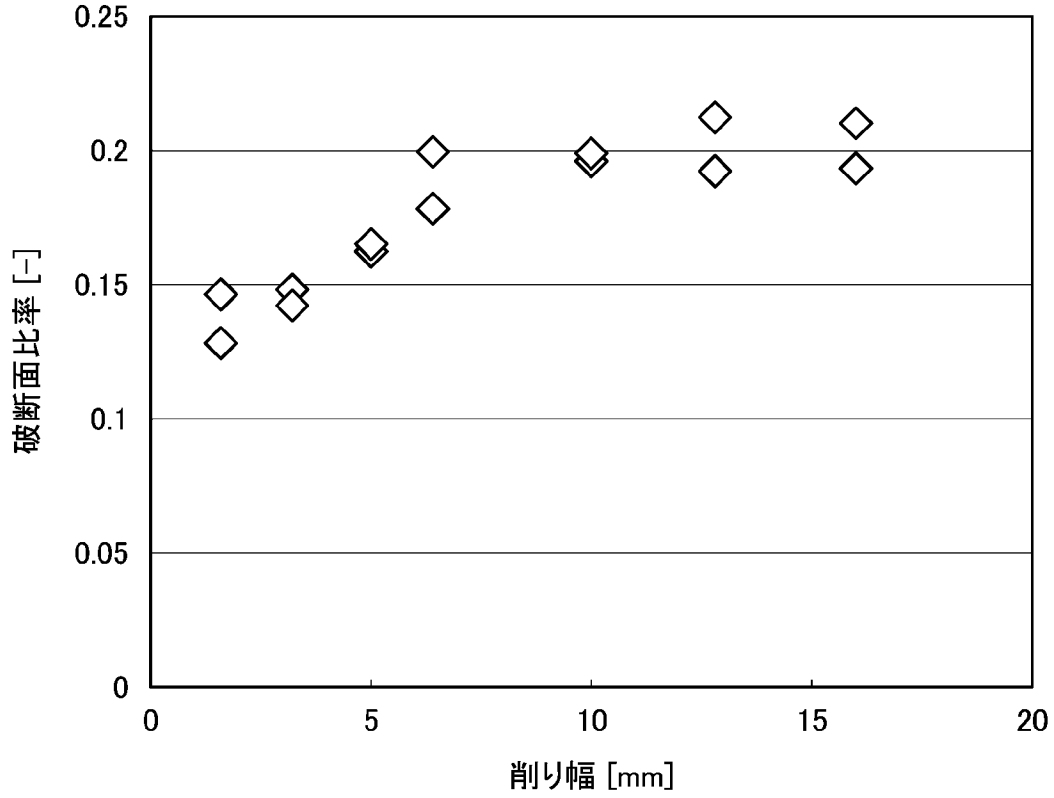
[図6]


100
120
121
123
123a
5
x
113a
113
111
110
Z
X

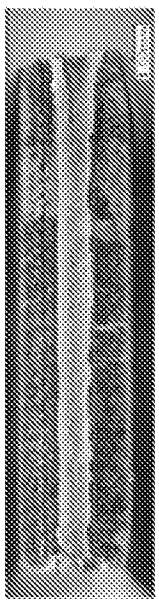
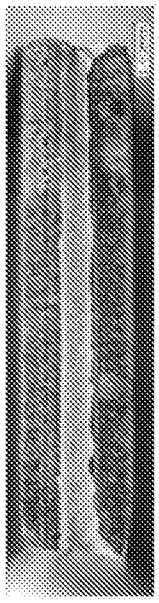
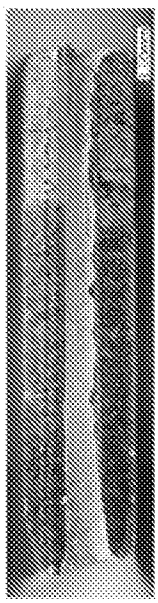
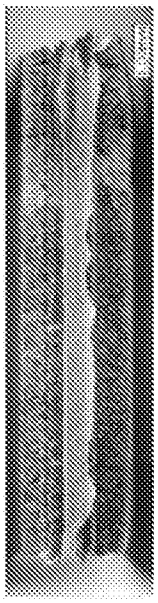
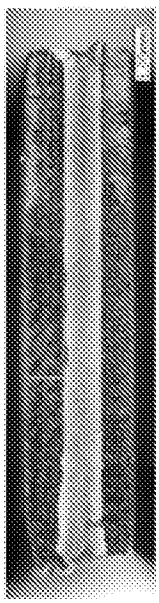
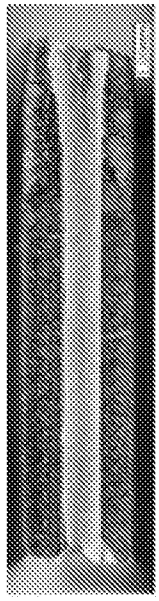
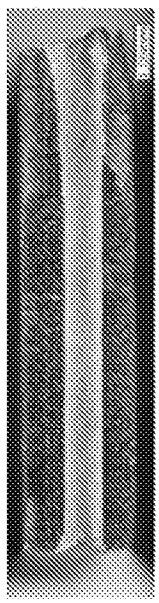
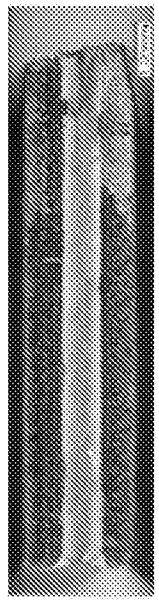
[図7]


D
120
121
123
5
113
140
111
110
Z
X

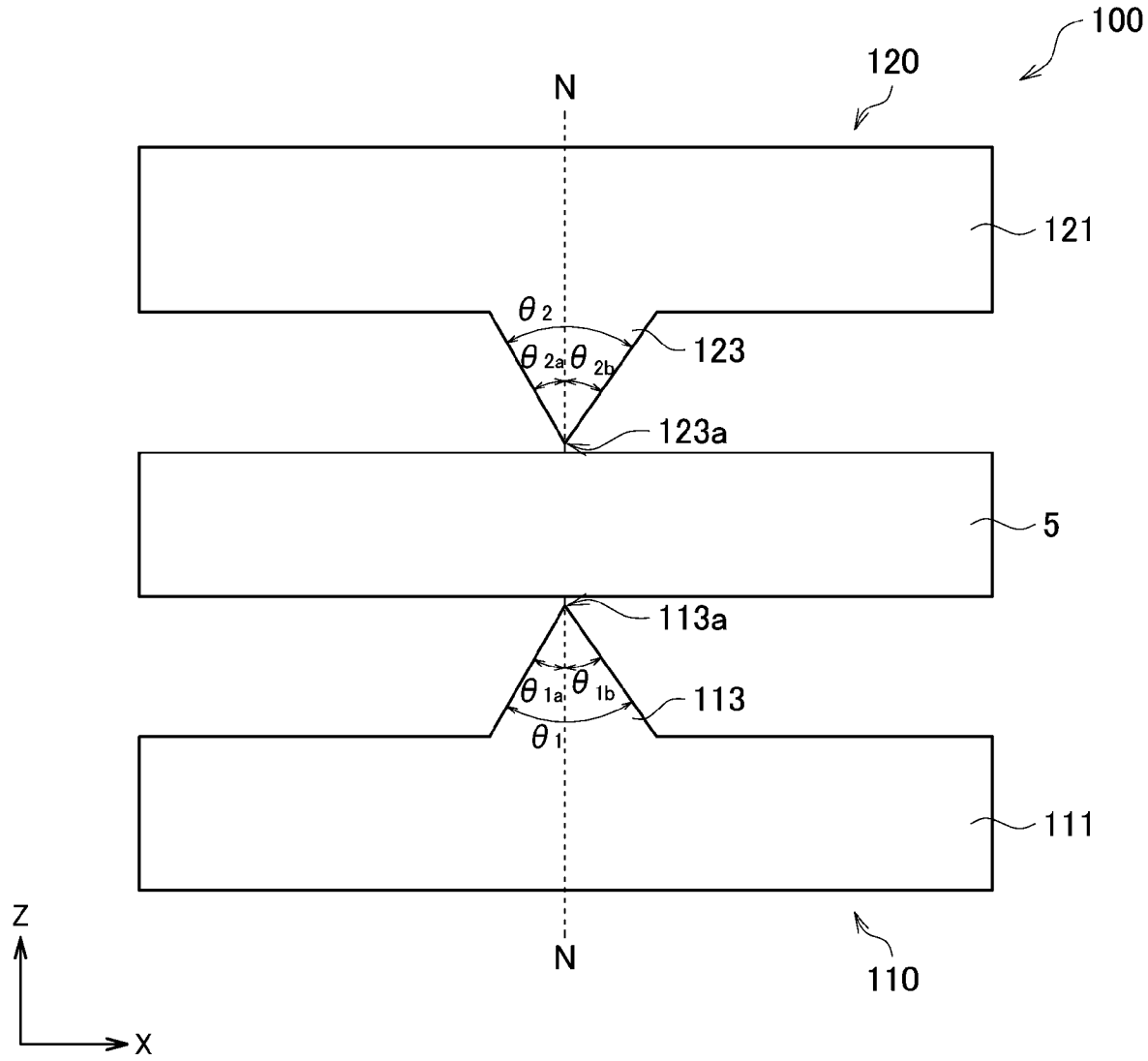
[図8]



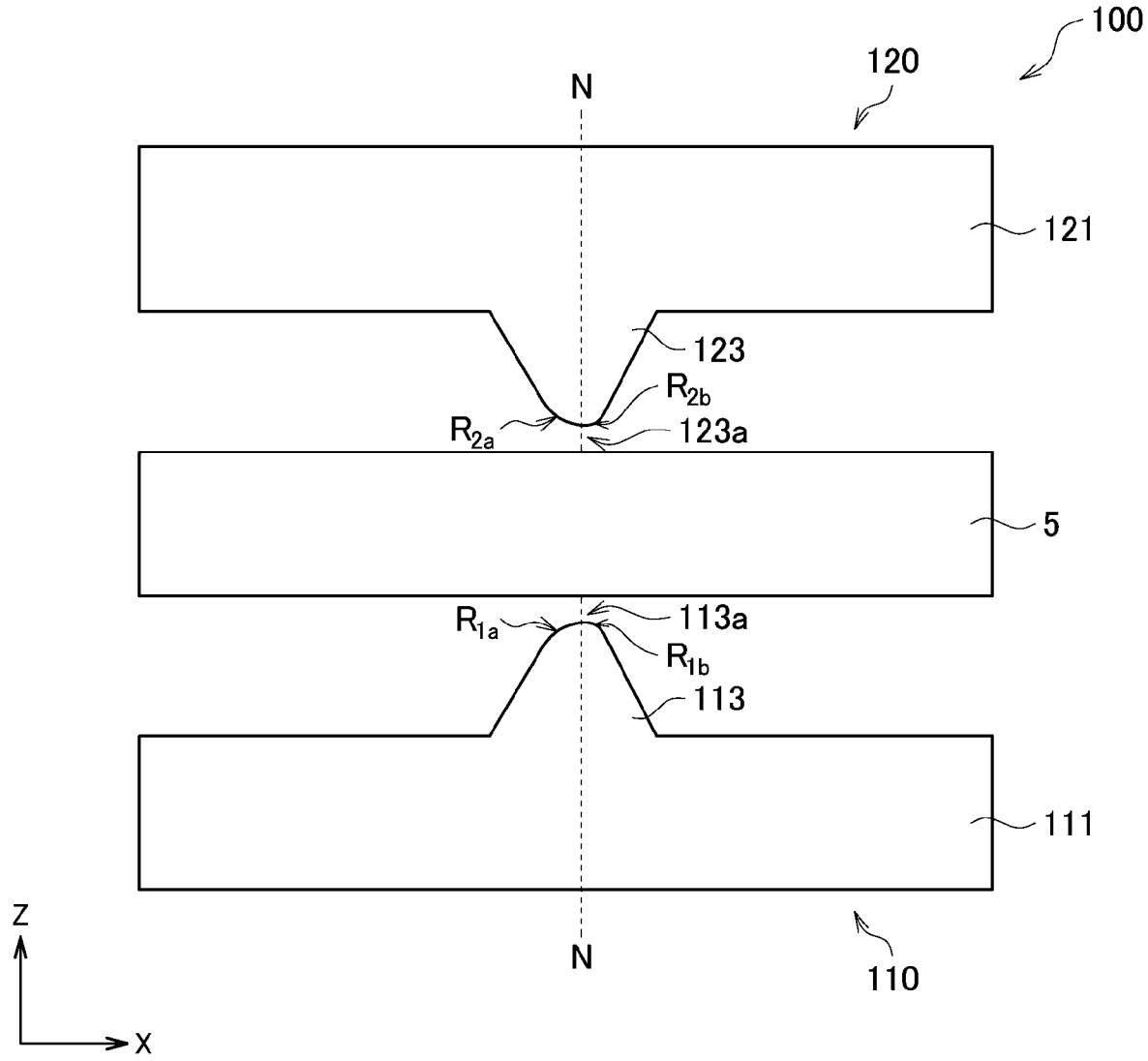
[図9]

削り幅D	切断端面（左）	切断端面（右）
1.6mm		
3.2mm		
6.4mm		
12.8mm		

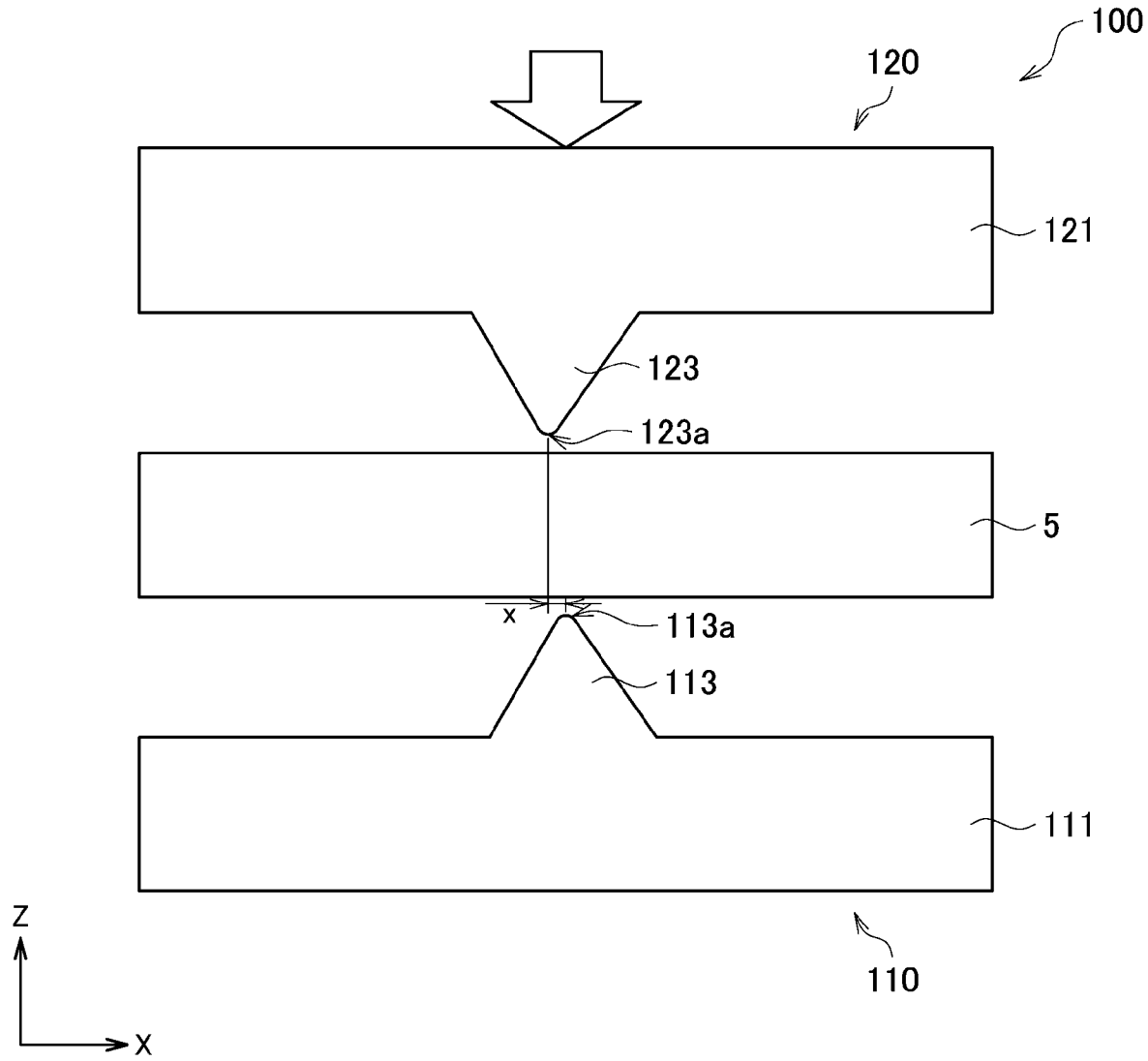
[図10]


100
120
N
121
θ2
θ2a
θ2b
123
123a
5
113a
θ1a
θ1b
113
θ1
111
N
110
Z
X

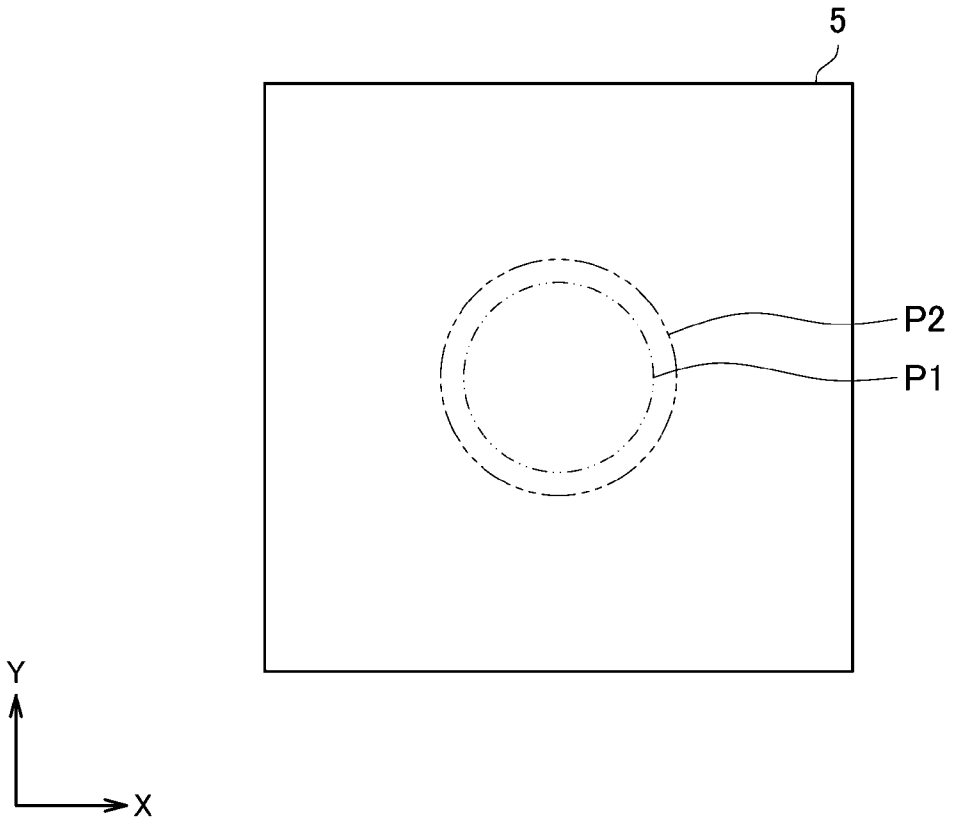
[図11]



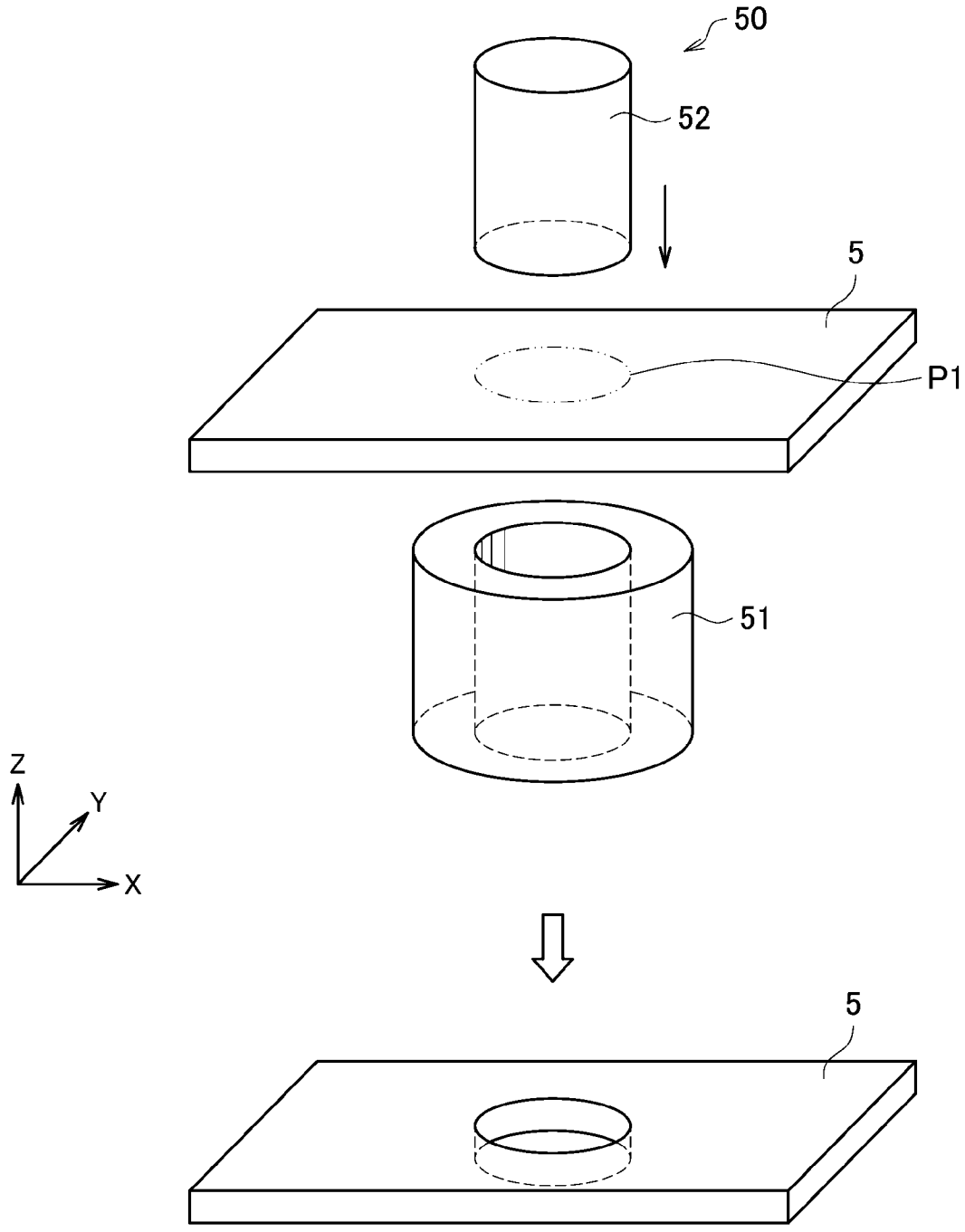
[図12]



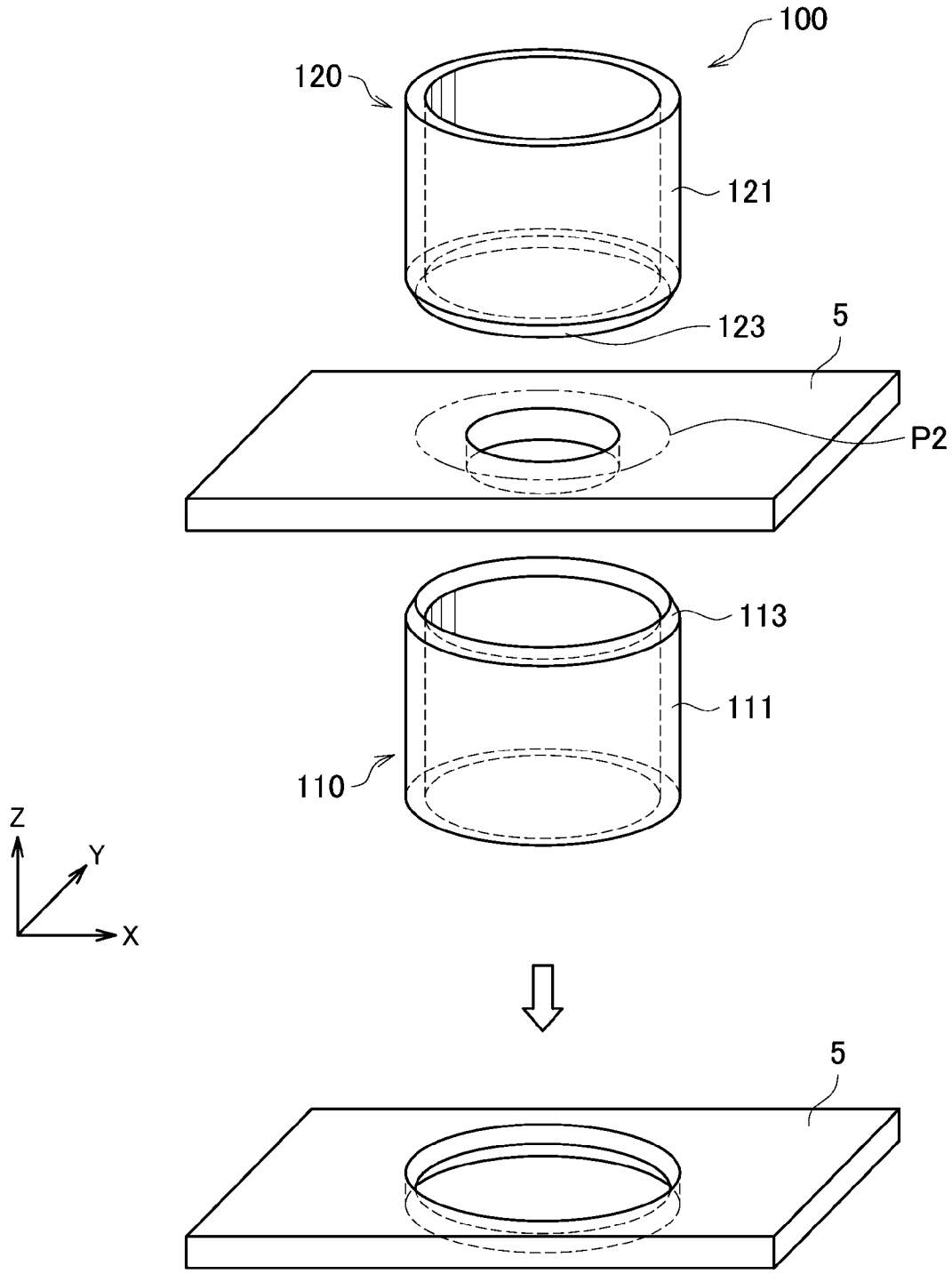
[図13]



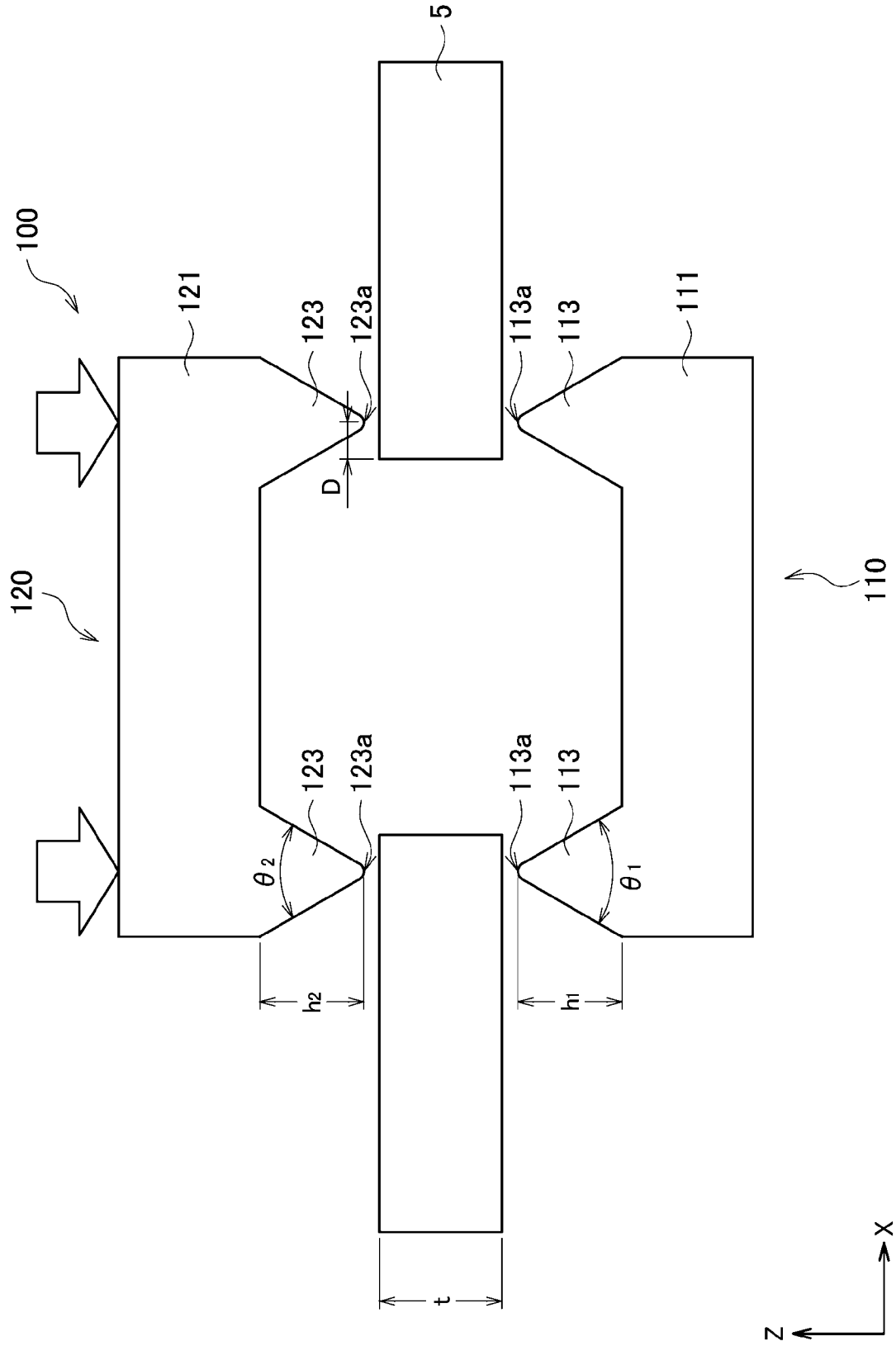
[図14]



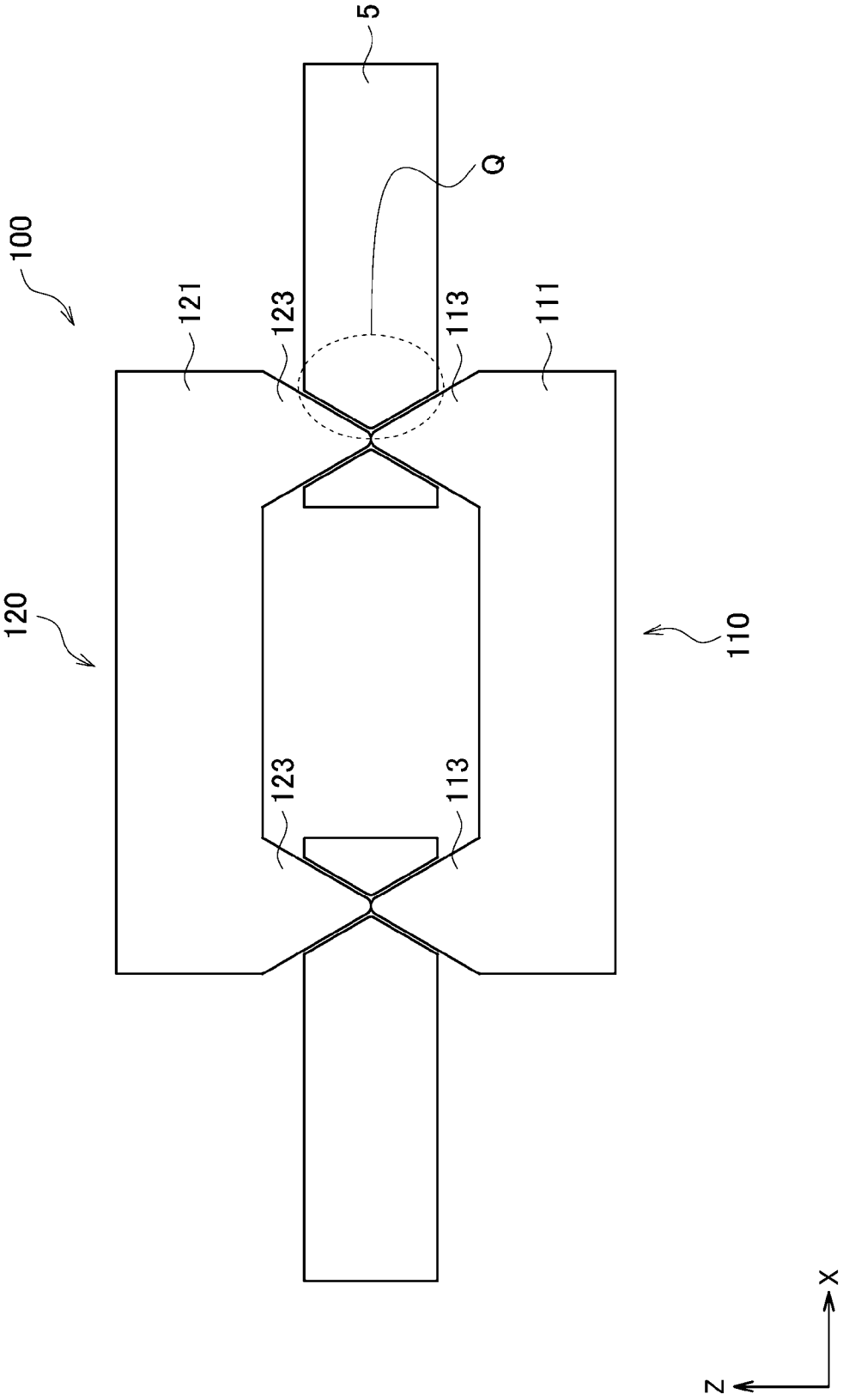
[図15]



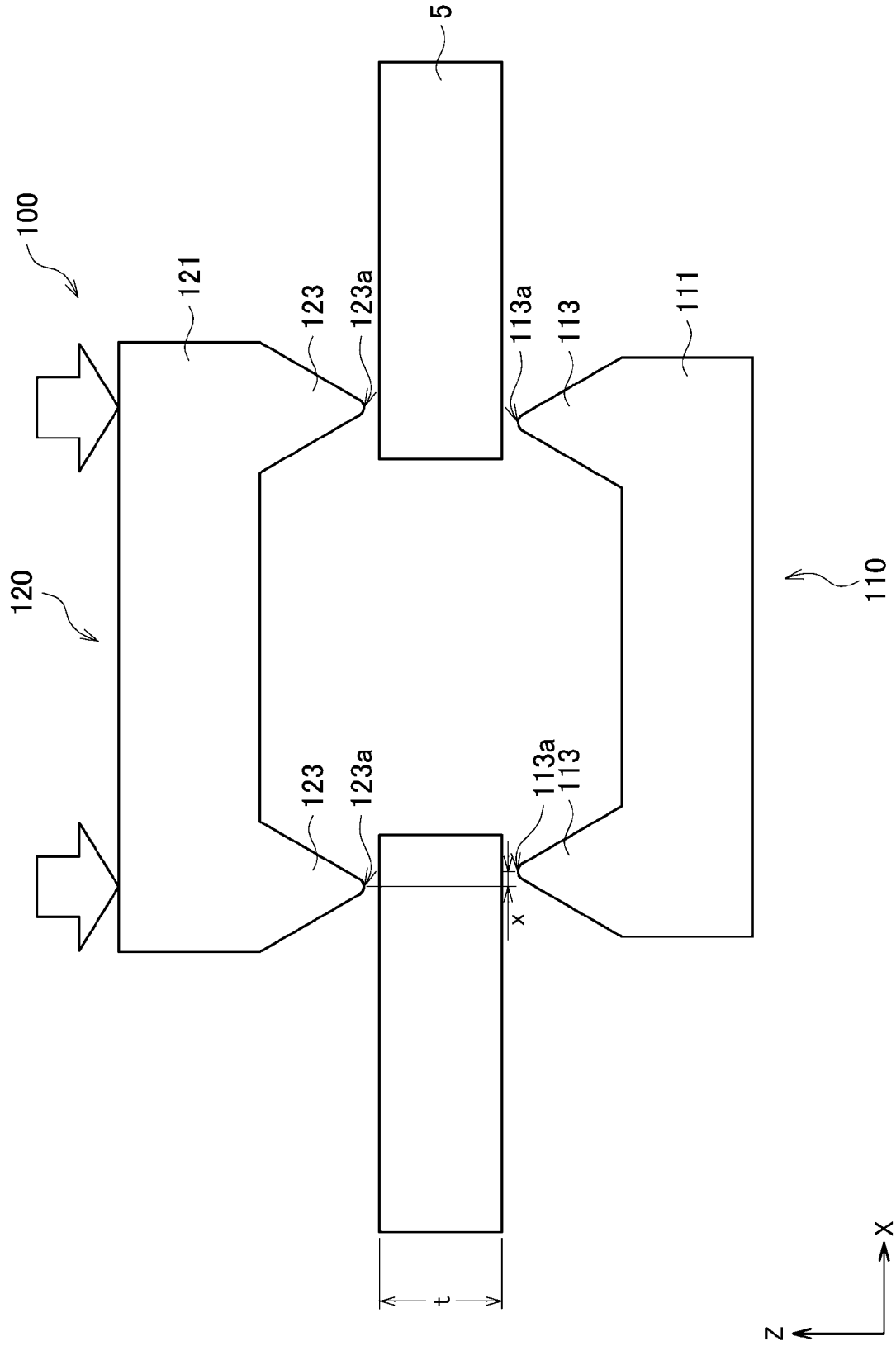
[図16]


5
100
121
123
123a
113a
113
111
D
120
110
123
123a
113a
113
θ2
θ1
h2
h1
t
X
Z

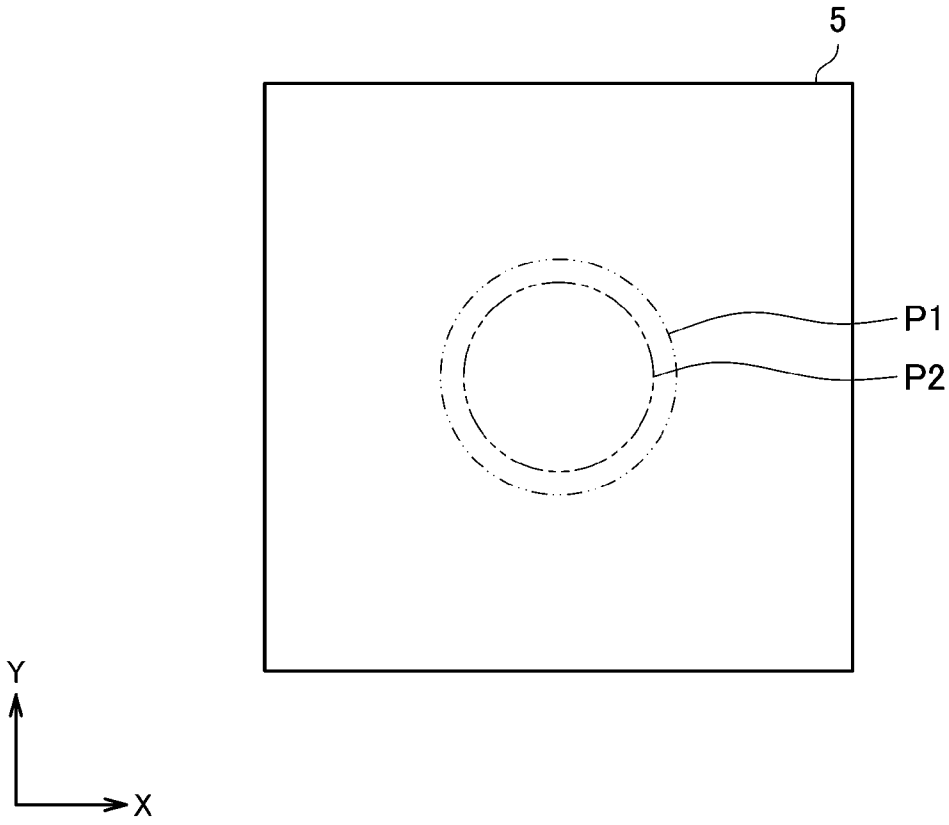
[図17]



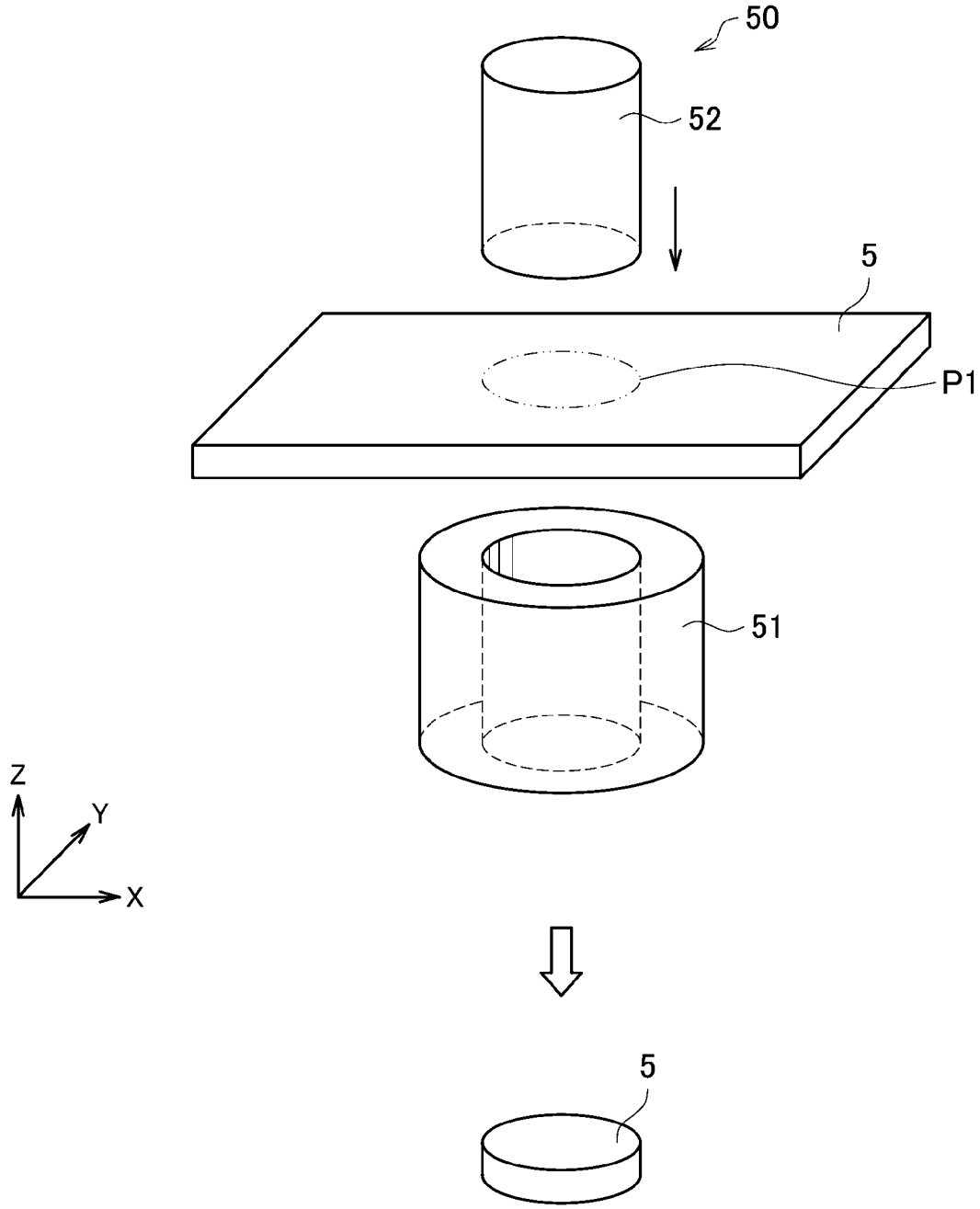
[図18]



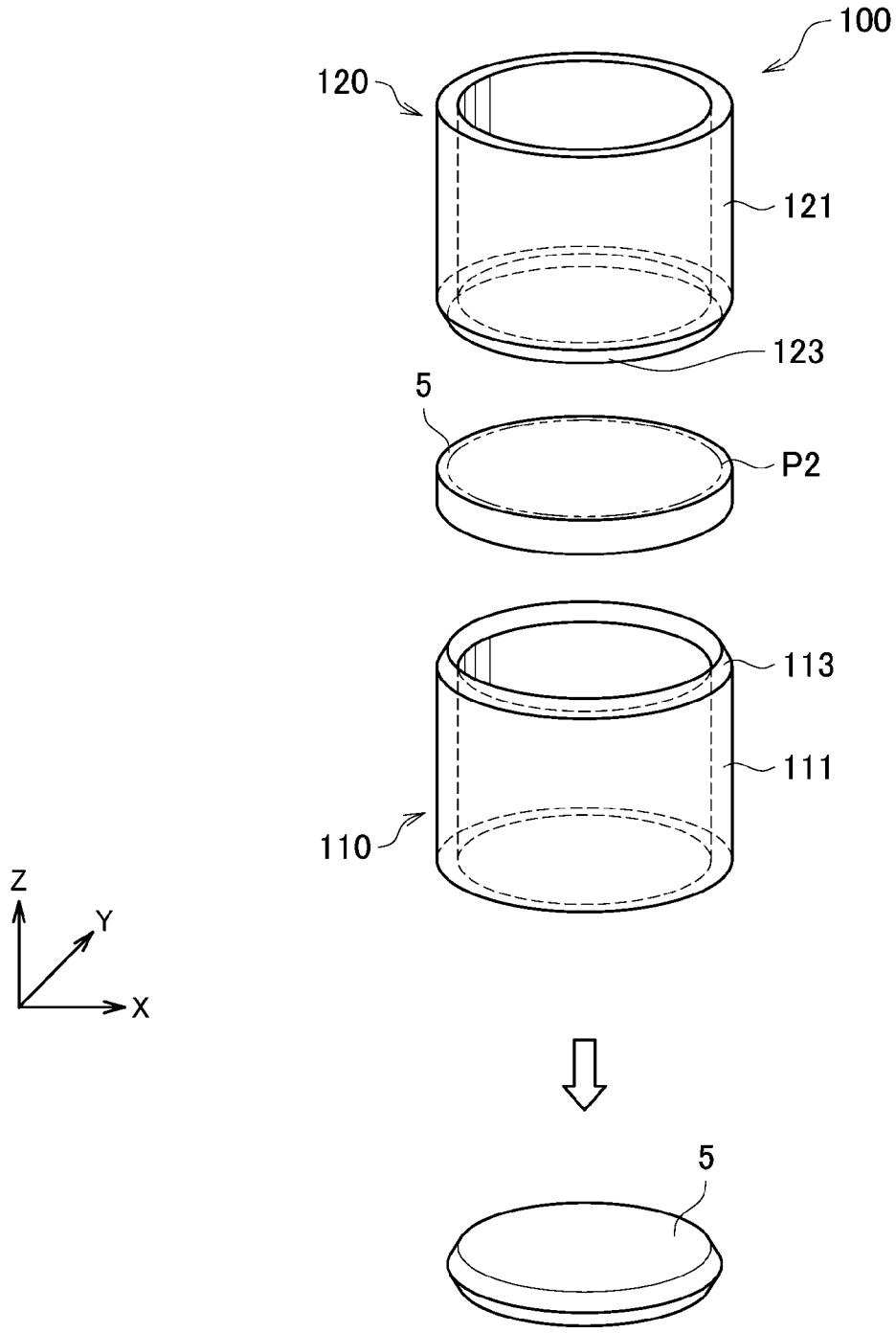
[図19]



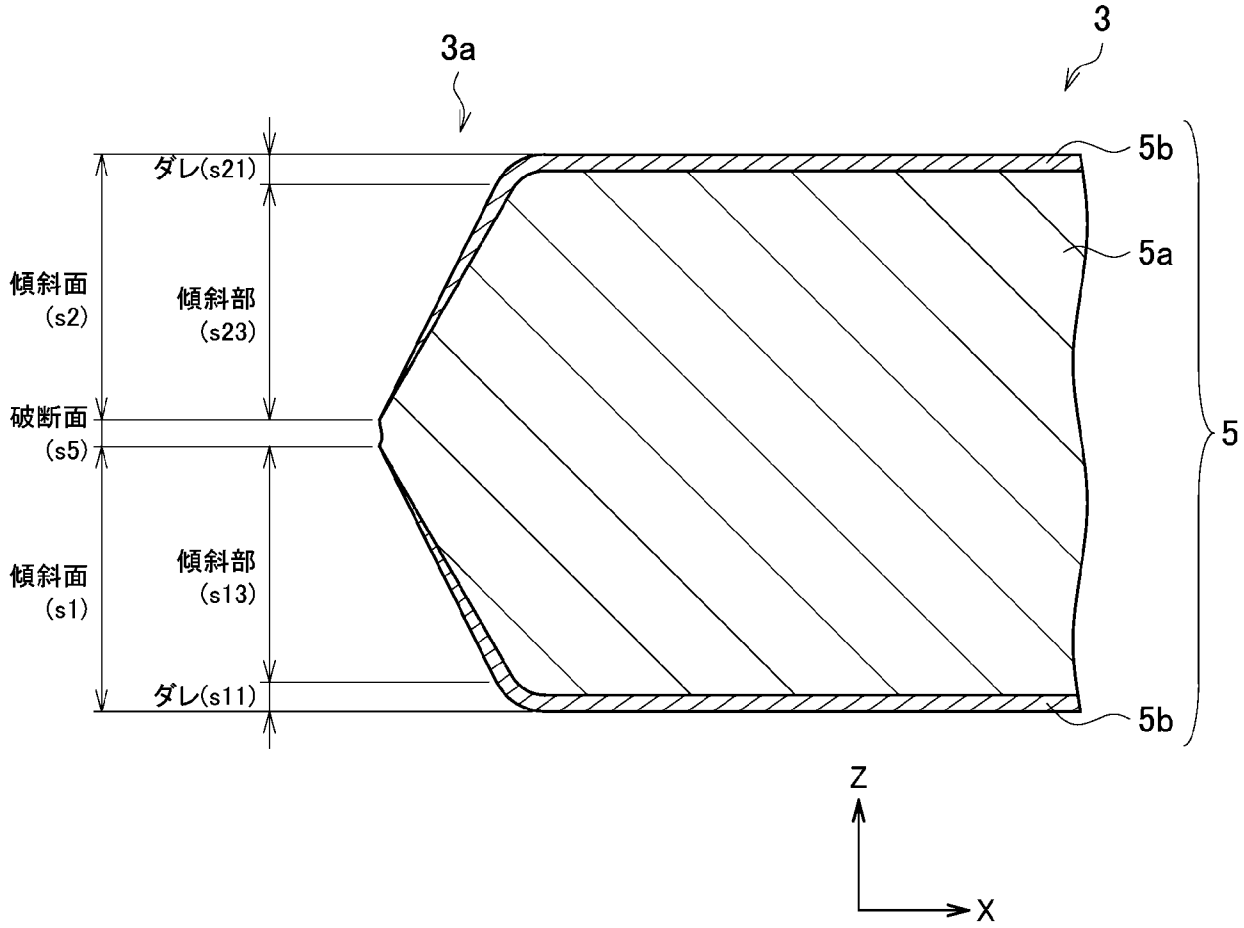
[図20]



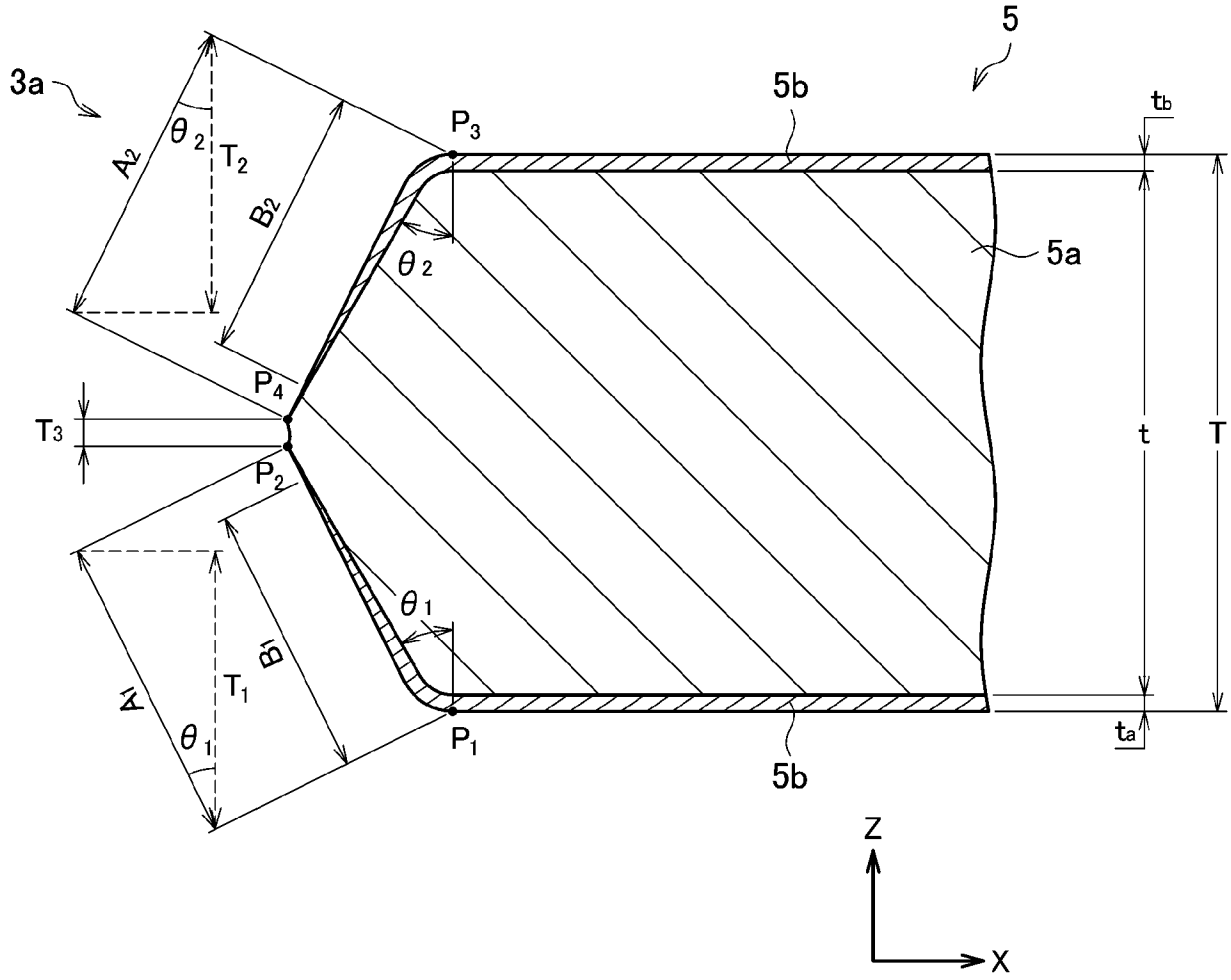
[図21]



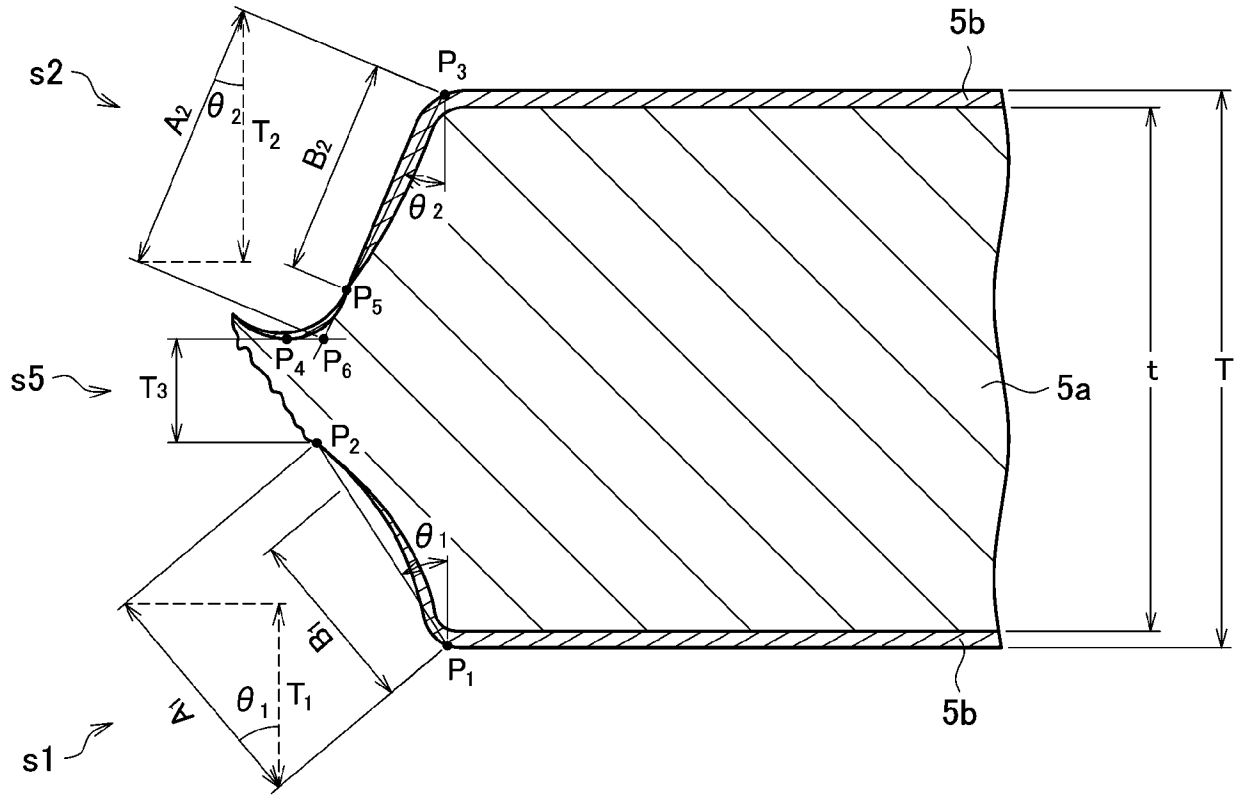
[図22]



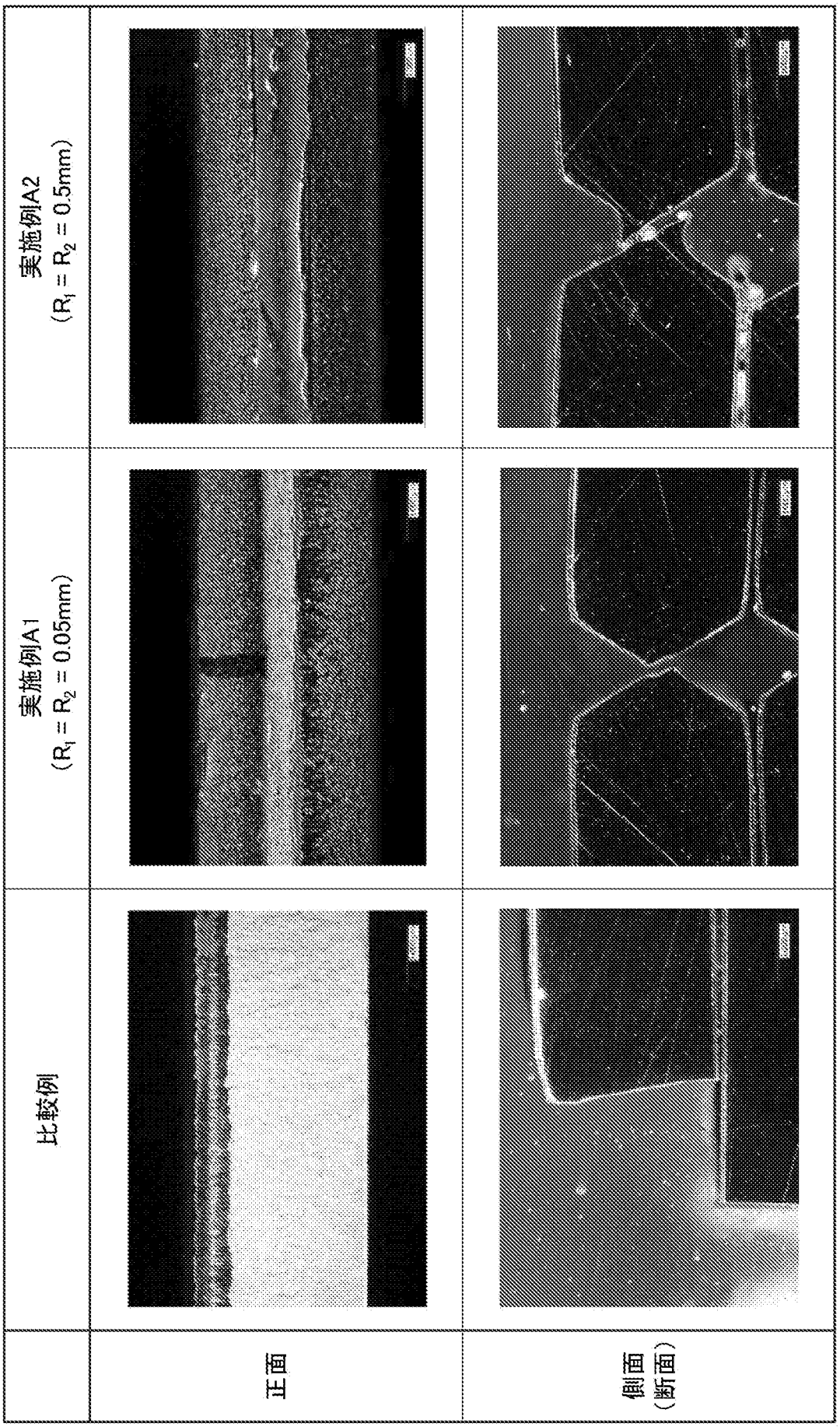
[図23]


5
3a
5b
tb
A2
θ2
T2
B2
P3
5a
P4
T3
t
T
P2
θ1
B1
A1
T1
P1
ta
5b
Z
X

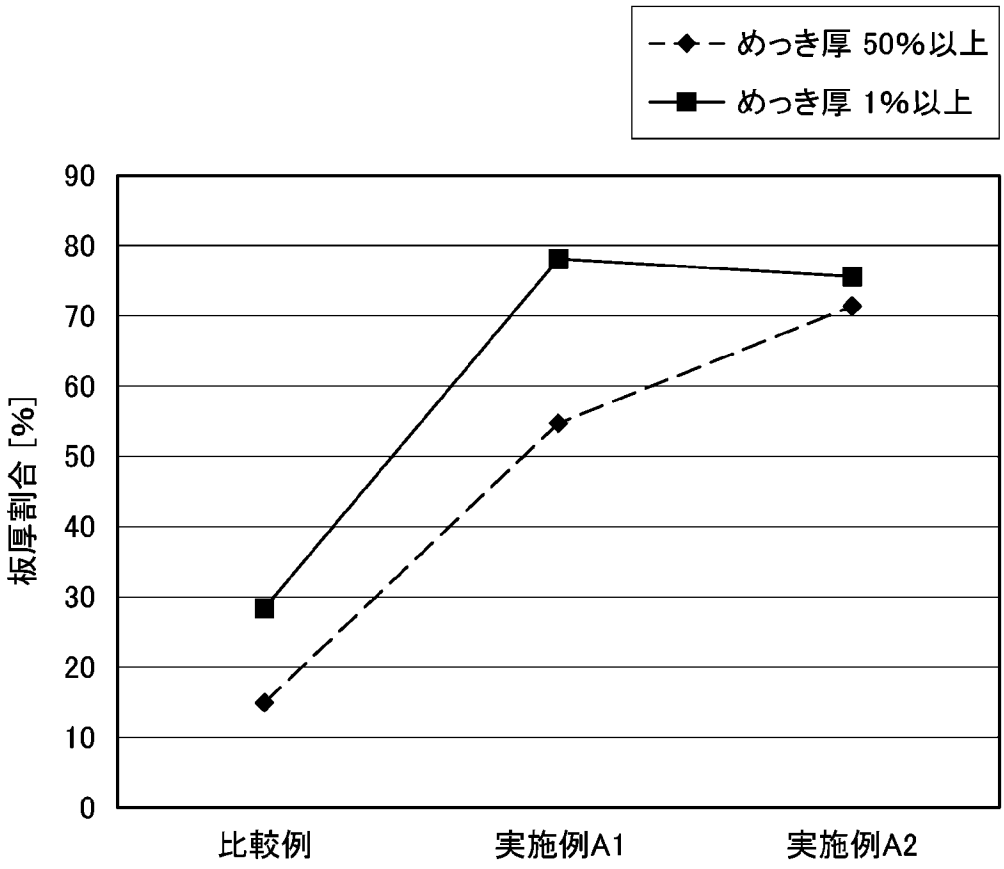
[図24]


s2
5b
A2
θ2
T2
B2
P3
θ2
P5
P4
P6
s5
T3
5a
t
T
P2
θ1
B1
A1
θ1
T1
P1
s1
5b

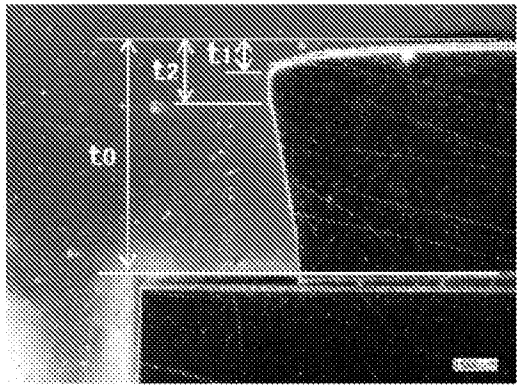
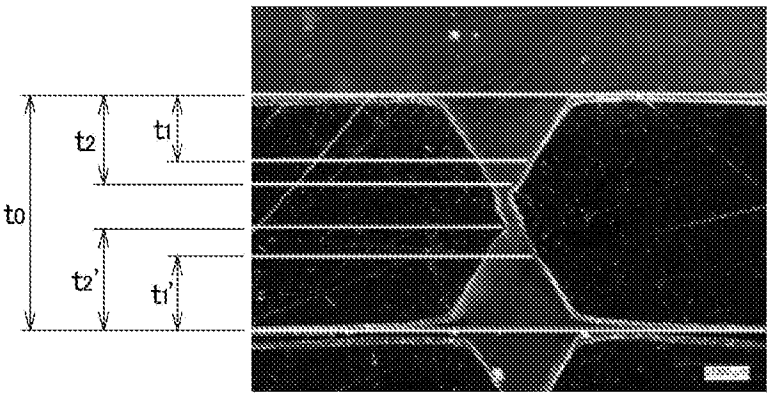
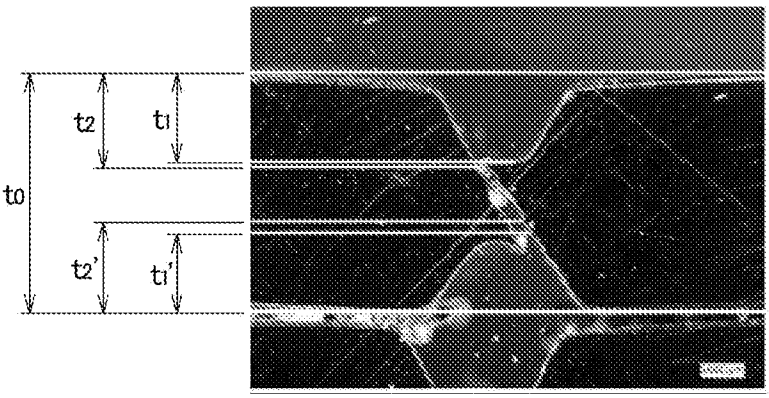
[図25]



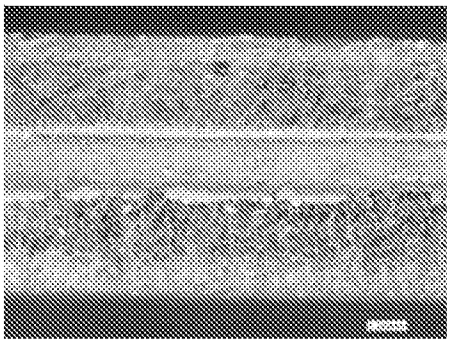
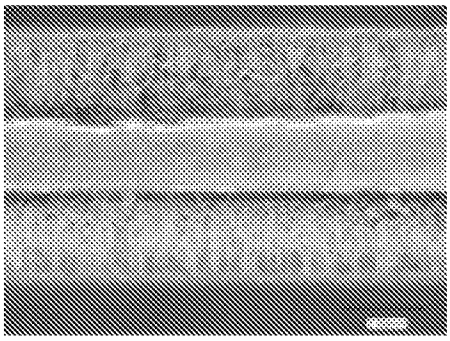
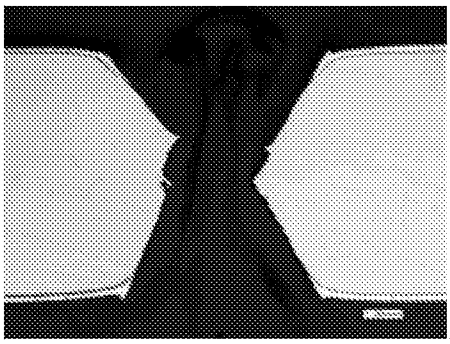
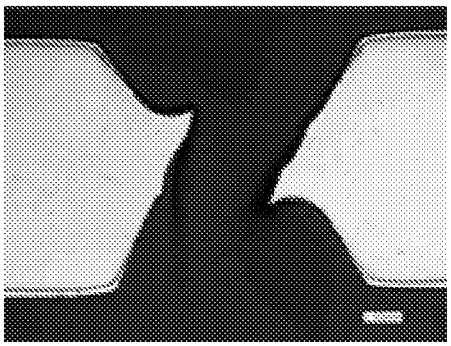
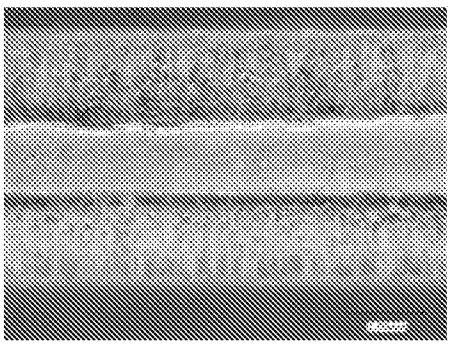
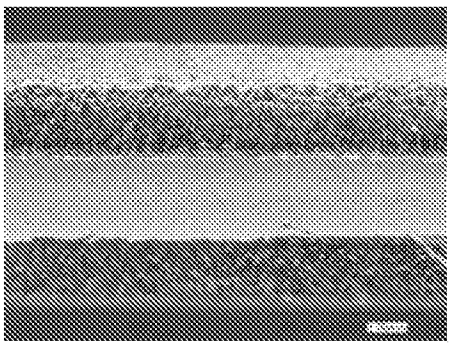
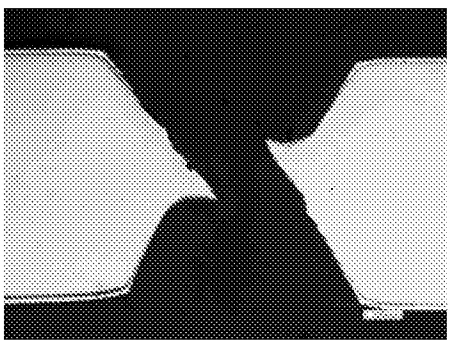
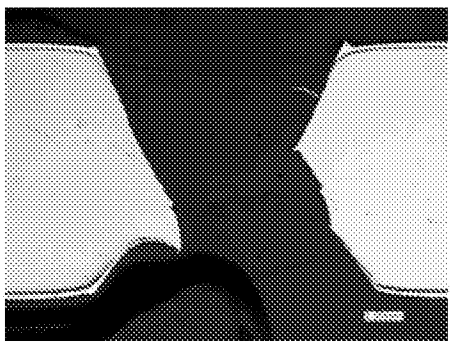
[図26]


めっき厚 50%以上
めっき厚 1%以上
板厚割合 [%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
比較例
実施例A1
実施例A2

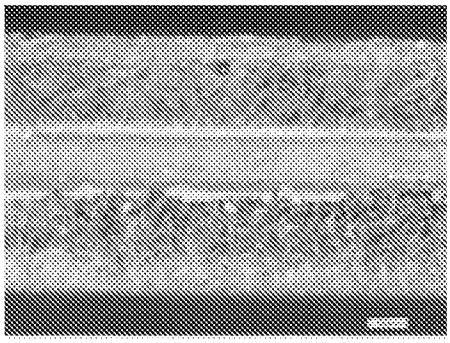
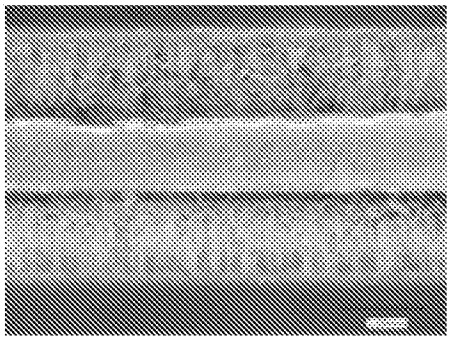
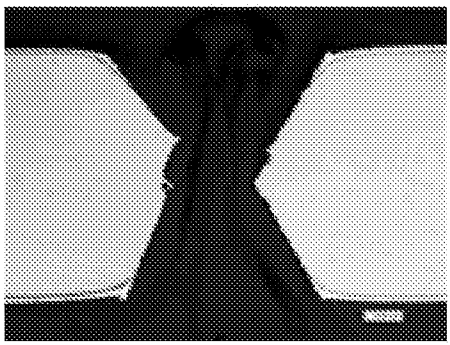
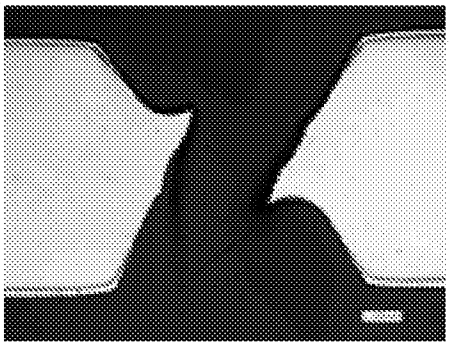
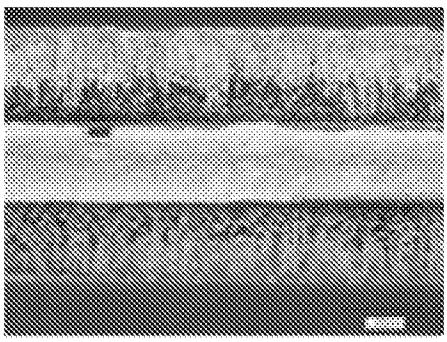
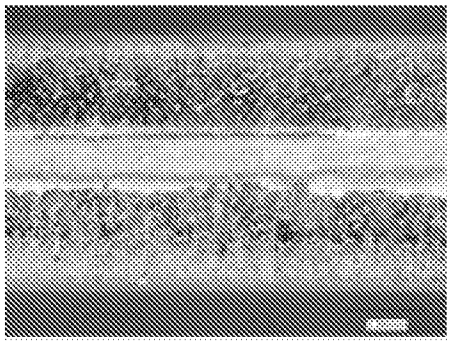
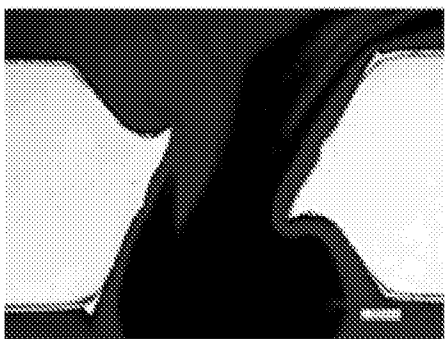
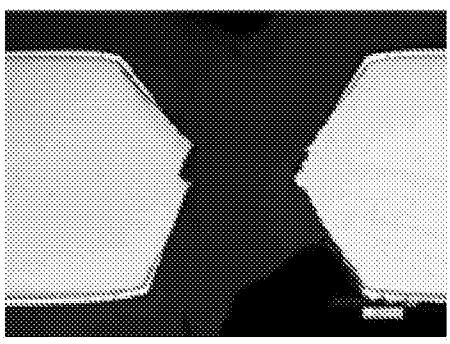
[図27]

	側面 （断面）
比較例	
実施例A1 （$R_1 = R_2 = 0.05$mm）	
実施例A2 （$R_1 = R_2 = 0.5$mm）	

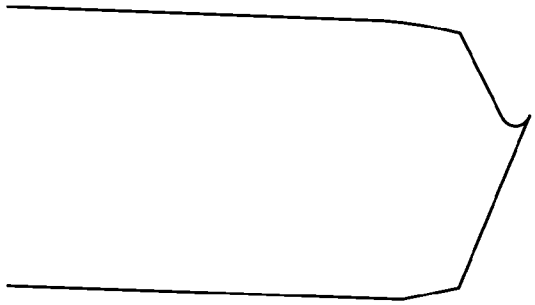
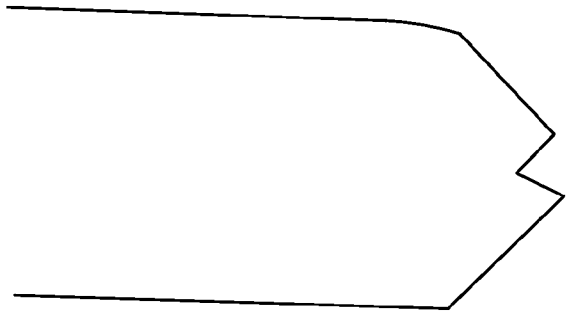
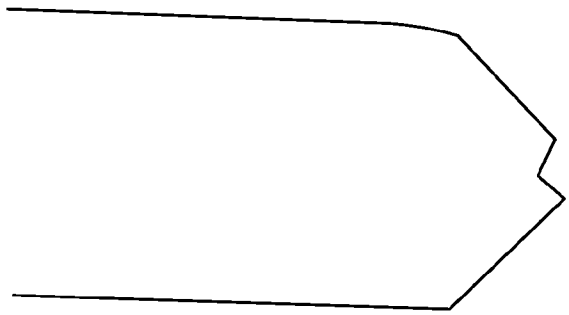
[図28]

	参考例1 (R_1 = R_2 = 0.05mm)	参考例2 (R_1 = R_2 = 0.5mm)
正面		
側面 （断面）		
	実施例E1 (R_1 = 0.5mm, R_2 = 0.05mm)	実施例E2 (R_1 = 0.05mm, R_2 = 0.5mm)
正面		
側面 （断面）		

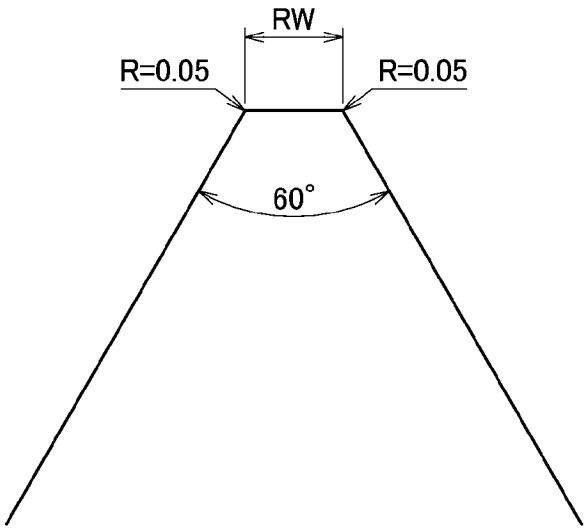
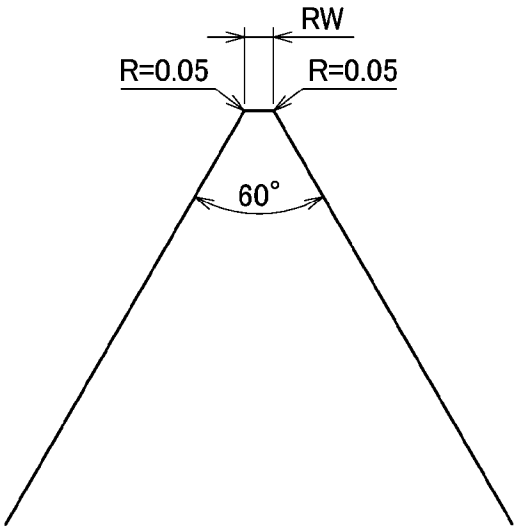
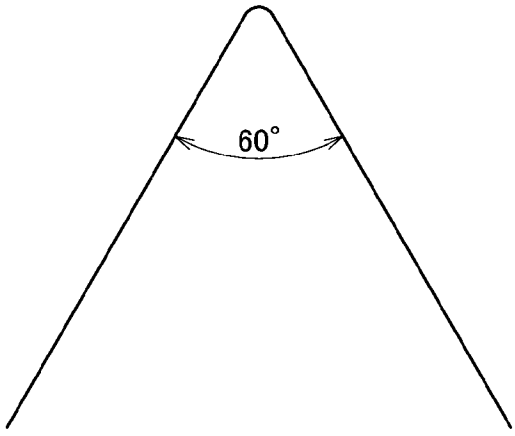
[図29]

	参考例1 ($R_1 = R_2 = 0.05mm$)	参考例2 ($R_1 = R_2 = 0.5mm$)
正面		
側面 （断面）		
	実施例F1 （1回目：$R_1 = R_2 = 0.05mm$ 2回目：$R_1 = R_2 = 0.5mm$）	実施例F2 （1回目：$R_1 = R_2 = 0.5mm$ 2回目：$R_1 = R_2 = 0.05mm$）
正面		
側面 （断面）		

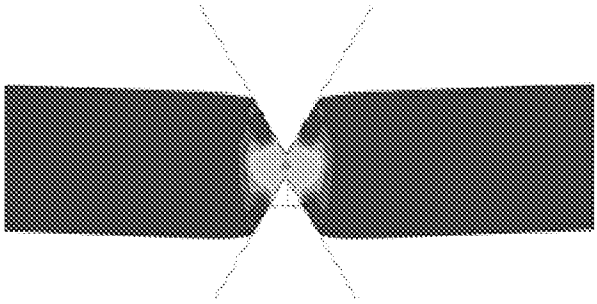
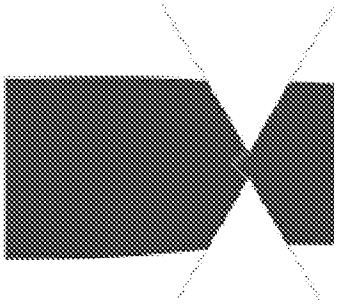
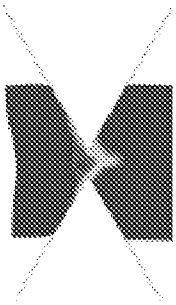
[図30]

ケース	刃先の形状	切断端面形状
参考例	左右対称 $\begin{pmatrix}\theta_{1a}=\theta_{2a}=30^\circ\\ \theta_{1b}=\theta_{2b}=30^\circ\end{pmatrix}$	
実施例G1	左右非対称 $\begin{pmatrix}\theta_{1a}=\theta_{2a}=45^\circ\\ \theta_{1b}=\theta_{2b}=30^\circ\end{pmatrix}$	
実施例G2	左右非対称 $\begin{pmatrix}R_{1a}=R_{2a}=0.5\text{mm}\\ R_{1b}=R_{2b}=0.05\text{mm}\end{pmatrix}$	

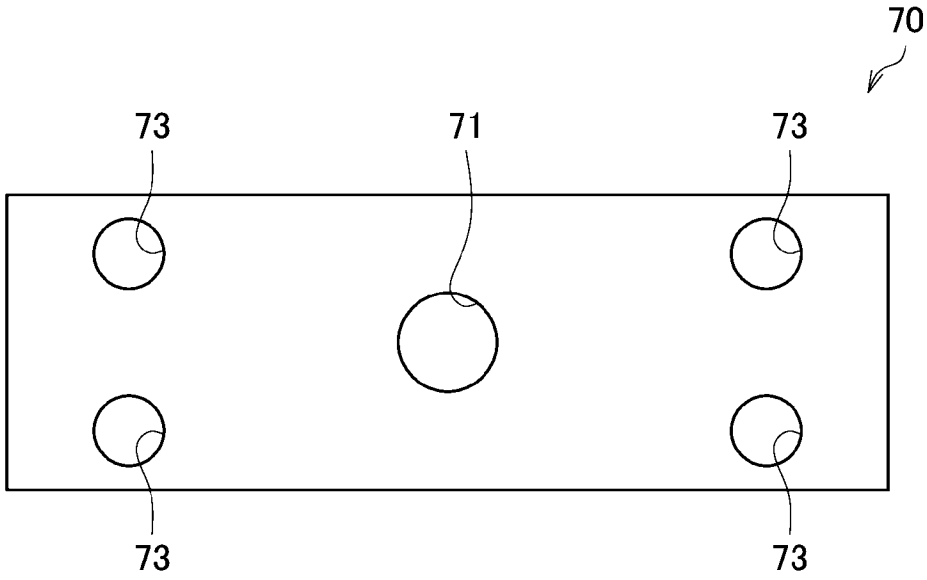
[図31]

ケース	RW[mm]	刃先形状
比較例H1	0.2	
比較例H2	0.02	
実施例	0	

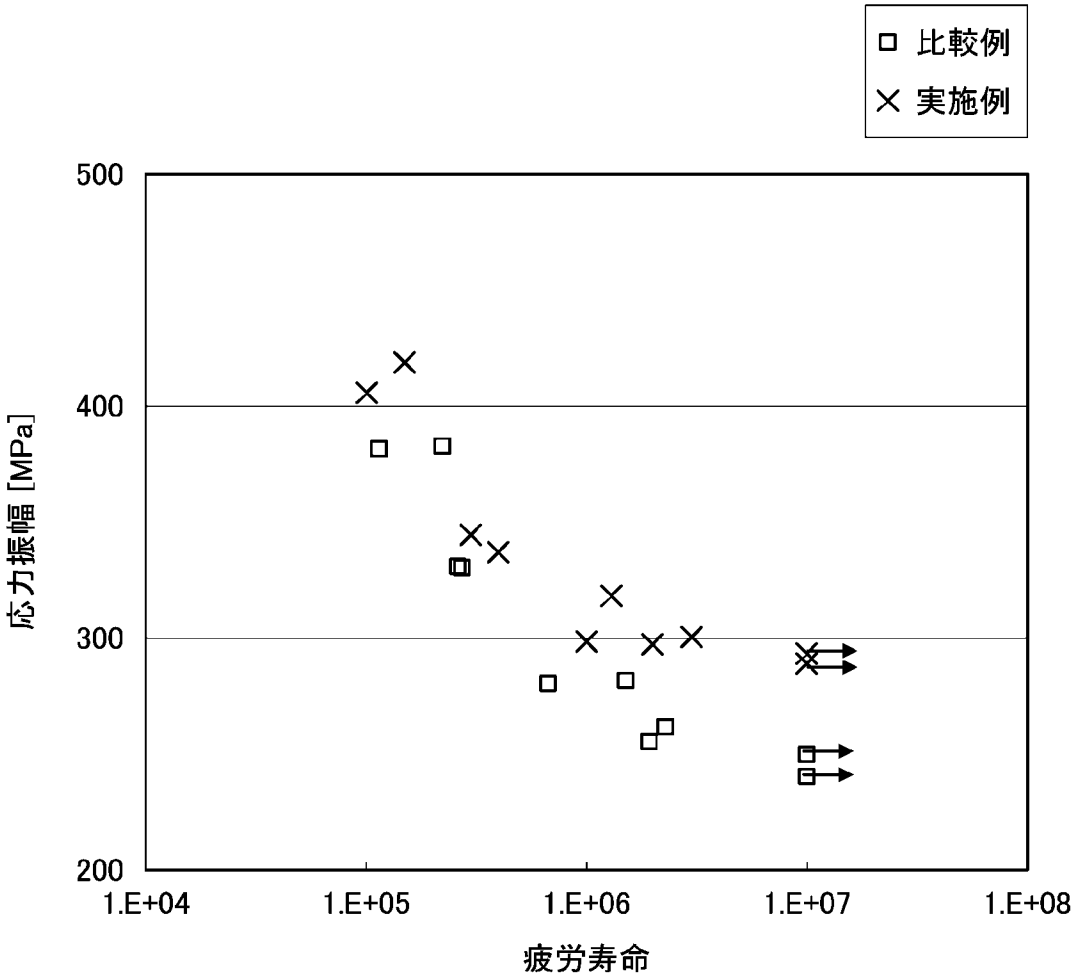
[図32]

ケース	切断形状	事前切断	解析結果	切断可否
参考例	直線	—		○
比較例	円形	なし		×
実施例	円形	あり		○

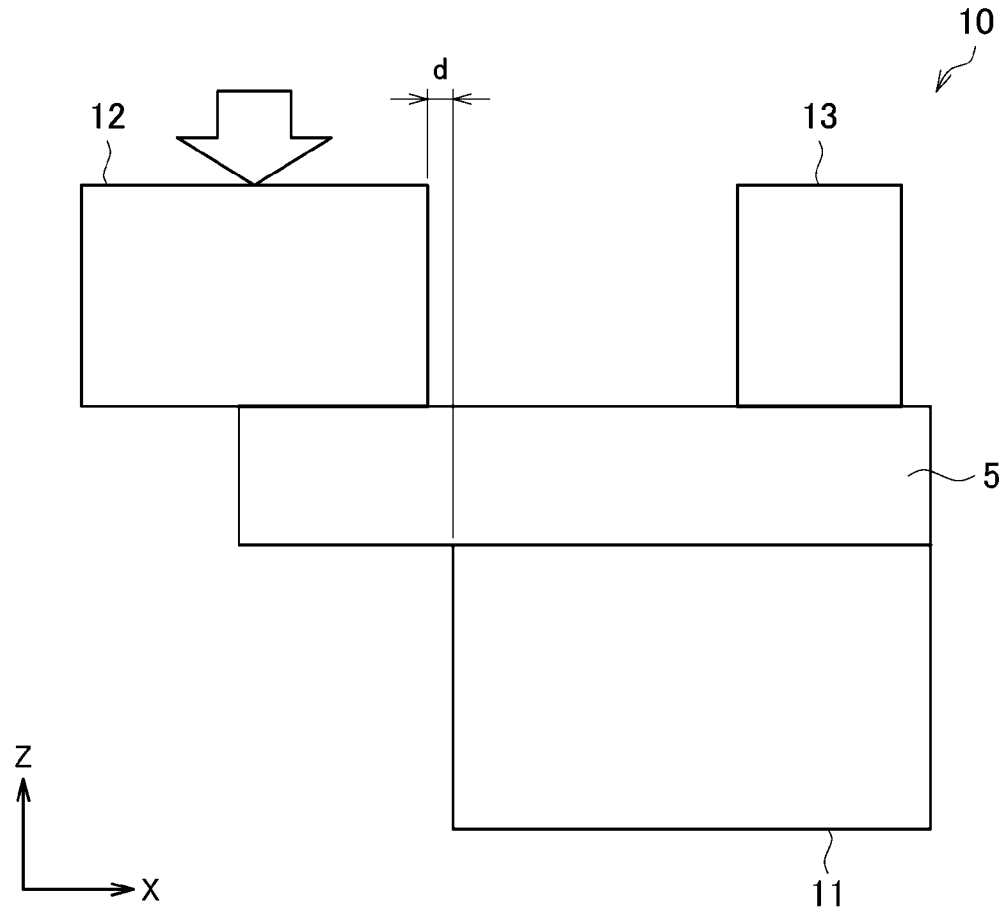
[図33]



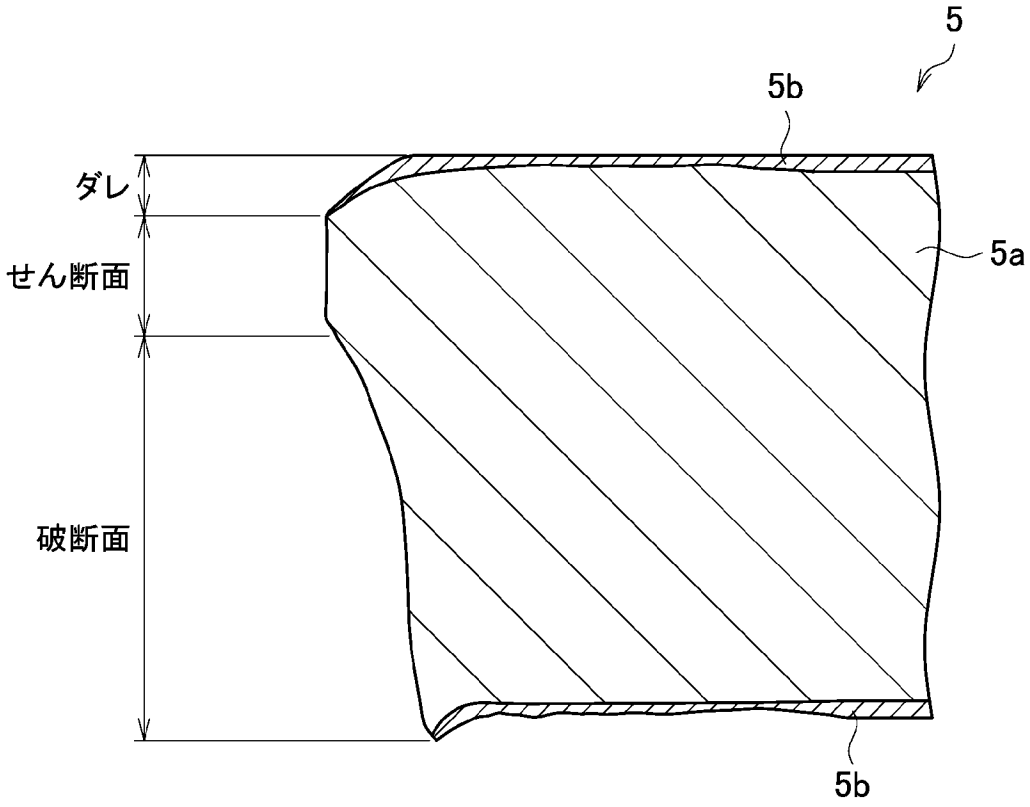
[図34]



[図35]



[図36]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/000526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B21D28/02(2006.01)i, B21D28/14(2006.01)i, B21D28/24(2006.01)i, B21D28/26(2006.01)i, B21D28/34(2006.01)i, B23D15/06(2006.01)i, B23D35/00(2006.01)i
FI: B21D28/24 Z, B21D28/14 Z, B21D28/26, B21D28/34 C, B21D28/34 D, B23D15/06 Z, B21D28/34 K, B23D35/00 A, B21D28/02 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. B21D28/02, B21D28/14, B21D28/24, B21D28/26, B21D28/34, B23D15/06, B23D35/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2004-34183 A (DENKI SHIZAI KK) 05 February 2004, paragraphs [0011]-[0033], [0040], [0041], fig. 3, entire text	15-19 1-14
Y A	JP 2000-108077 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 18 April 2000, paragraphs [0004], [0010], [0011], fig. 1-3, paragraphs [0001]-[0013], fig. 1-3	1-4, 10 5-9, 15-19
Y A	WO 2017/057466 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 06 April 2017, paragraphs [0038], [0081], entire text	1-4, 10 5-9, 11-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09.03.2020	24.03.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/000526

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 60-232812 A (KOBE STEEL, LTD.) 19 November 1985, page 3, upper left column, line 1 to page 4, upper left column, line 5, entire text	1-4, 10 5-9, 11-19
A	JP 2004-358560 A (CANON INC.) 24 December 2004, paragraphs [0031]-[0101], fig. 11	1-19
A	JP 2014-065045 A (YAMADA, Eiko) 17 April 2014, paragraphs [0019]-[0034], fig. 2	1-19
E, X E, A	JP 2020-032437 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 05 March 2020, paragraphs [0029]-[0097], fig. 1, 2, paragraphs [0029]-[0097], fig. 1, 2	15-19 1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/000526

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2004-34183 A	05.02.2004	(Family: none)	
JP 2000-108077 A	18.04.2000	(Family: none)	
WO 2017/057466 A1	06.04.2017	US 2018/0272408 A1 paragraphs [0061], [0107] EP 3357598 A1 KR 10-2018-0049003 A CN 108136474 A MX 2018003516 A BR 112018006046 A2 RU 2690384 C1	
JP 60-232812 A	19.11.1985	(Family: none)	
JP 2004-358560 A	24.12.2004	US 2004/0238663 A1 paragraphs [0047]-[0136], fig. 11	
JP 2014-065045 A	17.04.2014	(Family: none)	
JP 2020-032437 A	05.03.2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/000526

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B21D 28/02(2006.01)i; B21D 28/14(2006.01)i; B21D 28/24(2006.01)i; B21D 28/26(2006.01)i; B21D 28/34(2006.01)i; B23D 15/06(2006.01)i; B23D 35/00(2006.01)i
FI: B21D28/24 Z; B21D28/14 Z; B21D28/26; B21D28/34 C; B21D28/34 D; B23D15/06 Z; B21D28/34 K; B23D35/00 A; B21D28/02 Z

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B21D28/02; B21D28/14; B21D28/24; B21D28/26; B21D28/34; B23D15/06; B23D35/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2004-34183 A (電機資材株式会社) 05.02.2004 (2004-02-05) 段落［００１１］－［００３３］、［００４０］－［００４１］、図３	15-19
A	全文	1-14
Y	JP 2000-108077 A (松下電器産業株式会社) 18.04.2000 (2000-04-18) 段落［０００４］、［００１０］－［００１１］、図１－図３	1-4,10
A	段落［０００１］－［００１３］、図１－図３	5-9, 15-19
Y	WO 2017/057466 A1 (新日鐵住金株式会社) 06.04.2017 (2017-04-06) 段落［００３８］、［００８１］	1-4,10
A	全文	5-9,11-19
Y	JP 60-232812 A (株式会社神戸製鋼所) 19.11.1985 (1985-11-19) 第３頁左上欄第１行－第４頁左上欄第５行	1-4,10
A	全文	5-9,11-19
A	JP 2004-358560 A (キヤノン株式会社) 24.12.2004 (2004-12-24) 段落［００３１］－［０１０１］、図１１	1-19

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
09.03.2020	24.03.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
藤田　和英 3P 1775

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2014-065045 A (山田　榮子) 17.04.2014 (2014-04-17) 段落［００１９］－［００３４］、図２	1-19
E, X	JP 2020-032437 A (日本製鉄株式会社) 05.03.2020 (2020-03-05) 段落［００２９］－［００９７］、図１－２	15-19
E, A	段落［００２９］－［００９７］、図１－２	1-14

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/000526

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2004-34183 A	05.02.2004	（ファミリーなし）	
JP 2000-108077 A	18.04.2000	（ファミリーなし）	
WO 2017/057466 A1	06.04.2017	US 2018/0272408 A1 段落［００６１］、［０１０７］ EP 3357598 A1 KR 10-2018-0049003 A CN 108136474 A MX 2018003516 A BR 112018006046 A2 RU 2690384 C1	
JP 60-232812 A	19.11.1985	（ファミリーなし）	
JP 2004-358560 A	24.12.2004	US 2004/0238663 A1 段落［００４７］－［０１３６］、図１１	
JP 2014-065045 A	17.04.2014	（ファミリーなし）	
JP 2020-032437 A	05.03.2020	（ファミリーなし）	