

(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
2012 年 1 月 19 日(19.01.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/008307 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/064934
- (22) 国際出願日: 2011 年 6 月 29 日(29.06.2011)
- (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 2010-157499 2010 年 7 月 12 日(12.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本軽金属株式会社 (NIPPON LIGHT METAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1408628 東京都品川区東品川 2 丁目 2 番 2 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堀 久司 (HORI Hisashi) [JP/JP]; 〒4213291 静岡県静岡市清水区蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP). 瀬尾 伸城 (SEO Nobushiro) [JP/JP]; 〒4213291 静

岡県静岡市清水区蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP).

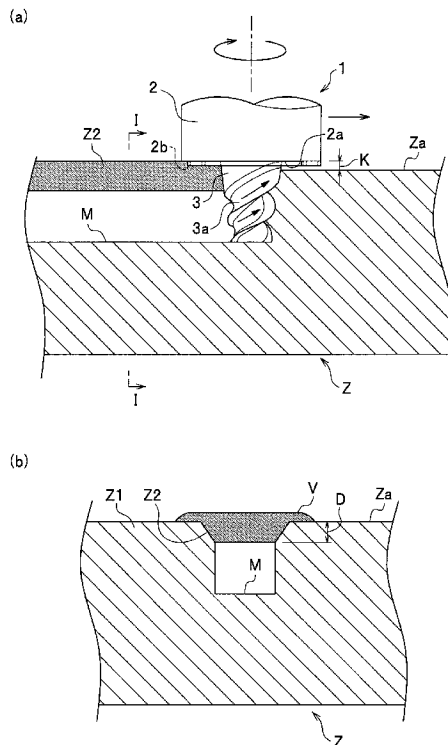
- (74) 代理人: 磯野 道造 (ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町 2 丁目 7 番 4 号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: ROTATING TOOL FOR FORMING VOIDS AND VOID-FORMATION METHOD

(54) 発明の名称: 空隙形成用回転ツール及び空隙形成方法

[図2]



(57) Abstract: Disclosed are a rotating tool for forming voids and a void-formation method whereby, when friction stirring is used to form a void inside a metallic member, said void is more resistant to collapse and the formation of surface defects is inhibited. Said rotating tool (1), which is moved relative to a metallic member (Z) while being rotated and forms a void (M) inside said metallic member (Z), is characterized by having a shoulder part (2) and a stirring pin (3) that is suspended vertically from said shoulder part (2). The rotating tool is further characterized in that a helical groove (3a) is engraved in the outer surface of the stirring pin (3) and the outside diameter of the shoulder part is 1.4-2.2 times the outside diameter of the tip of the stirring pin.

(57) 要約: 摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に、空隙が潰れにくくなり、かつ、表面欠陥ができにくくなる空隙形成用回転ツール及び空隙形成方法を提供する。回転させつつ金属部材 (Z) に対して相対的に移動させて、この金属部材 (Z) の内部に空隙 (M) を形成する空隙形成用回転ツール (1) であって、ショルダー部 (2) とこのショルダー部 (2) から垂下する攪拌ピン (3) とを有し、攪拌ピン (3) の外周面には螺旋溝 (3a) が刻設されており、前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が 1.4 以上 2.2 以下であることを特徴とする。



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 空隙形成用回転ツール及び空隙形成方法

技術分野

[0001] 本発明は、摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する空隙形成用回転ツール及びこれを用いた空隙形成方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、ショルダー部とこのショルダー部の底面に垂下された攪拌ピンとを備えた空隙形成用回転ツールが記載されている。この攪拌ピンの外周面には、ネジ溝が刻設されている。金属部材の内部に空隙を形成する際には、ネジ溝の後退方向に回転させた空隙形成用回転ツールを平板状の金属部材の表面に押し込み、一定の高さを保った状態で金属部材に対して相対的に移動させる。これにより、塑性流動化された金属がネジ溝の螺旋誘導によってショルダー部の底面付近に掻き出されるとともに、掻き出された金属の一部がショルダー部の底面で押えられる。したがって、空隙の上部が摩擦攪拌によって塑性化された金属部材によって覆われるため、金属部材の内部にトンネル状の空隙を形成することができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-47961号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、空隙形成用回転ツールの構成によっては、空隙が潰れてしまったり、空隙と金属部材の表面とに連通する孔（以下、「表面欠陥」とも言う）ができたりする可能性があった。

[0005] このような観点から、本発明は、摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に、空隙が潰れにくく、かつ、表面欠陥ができにくい空隙形成用回転ツール及び空隙形成方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0006] このような課題を解決する本発明は、摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に使用される空隙形成用回転ツールであって、ショルダー部とこのショルダー部から垂下する攪拌ピンとを有し、前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が1.4以上2.2以下であることを特徴とする。
- [0007] かかる構成によれば、塑性流動化された金属を好適に掻き出すとともに、掻き出された金属をショルダー部の底面で押さえることができるため、空隙が潰れにくく、かつ、金属部材に表面欠陥ができにくい。前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が1.4未満であると、掻き出された金属がショルダー部の底面で押えられないため、表面欠陥ができやすい。一方、前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が2.2より大きいとショルダー部から金属が掻き出されにくくなるため、金属部材内の空隙が潰れやすい。また、摩擦攪拌装置の主軸モータにかかる負荷が大きくなる。
- [0008] また、前記攪拌ピンの軸方向を法線とする基準面に対する前記螺旋溝の角度が20度以上40度以下であることが好ましい。かかる構成によれば空隙がより潰れにくい。前記基準面に対する前記螺旋溝の角度が20度未満であると、角度が浅いためショルダー部から金属が掻き出されにくくなる。また、前記基準面に対する螺旋溝の角度が40度より大きいと、攪拌ピンに対する螺旋溝長さが短くなるので、ショルダー部から金属が掻き出されにくくなる。したがって、いずれの場合も空隙が潰れる可能性がある。
- [0009] また、前記螺旋溝は、前記攪拌ピンを一周以上巻き回されていることが好ましい。螺旋溝の巻回が一周未満であると、空隙のいずれか一方の側壁に塑性流動化された金属が残存し、空隙が潰れる可能性があるが、かかる構成によれば、金属がバランスよく塑性流動化されるため、空隙が潰れるのを回避できる。
- [0010] また、前記攪拌ピンは、前記螺旋溝が形成された螺旋溝部と前記螺旋溝が

形成されていない平坦面部とを備えており、前記螺旋溝部は、前記攪拌ピンの先端から刻設されていることが好ましい。かかる構成によれば、金属部材の深い位置に空隙を形成することができる。

[0011] また、前記ショルダー部の底面に突条が突設されており、前記突条は、前記攪拌ピンの周囲に渦巻き状に形成されていることが好ましい。かかる構成によれば、形成される空隙が比較的整った形状となる。

[0012] また、前記突条には、前記ショルダー部の底面の半径方向に切り欠かれた切欠き部が形成されていることが好ましい。かかる構成によれば、攪拌ピンの基端の周囲に塑性流動化された金属が集まりやすく、かつ、切欠き部から金属が掻き出されやすくなる。これにより、比較的大きな空隙を形成することができる。

[0013] 前記攪拌ピンは、先端から基端まで一定の外径からなることが好ましい。かかる構成によれば、空隙の幅を一定にすることができる。

[0014] また、空隙形成用回転ツールを用いて金属部材の内部に空隙を形成する空隙形成方法であって、前記空隙形成用回転ツールは、ショルダー部とこのショルダー部から垂下する攪拌ピンとを有し、前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が1.4以上2.2以下であり、前記空隙形成用回転ツールを回転させつつ、前記金属部材に対して相対的に移動させる際に、摩擦攪拌によって流動化された金属が、前記螺旋溝によって前記金属部材の表面に掻き上げられる方向に前記空隙形成用回転ツールを回転させることを特徴とする。

[0015] かかる方法によれば、塑性流動化された金属を好適に掻き出すとともに、掻き出された金属をショルダー部の底面で押さえることができるため、空隙が潰れにくく、かつ、金属部材に表面欠陥ができにくい。前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が1.4未満であると、掻き出された金属がショルダー部の底面で押さえられないため表面欠陥ができやすい。一方、前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が2.2より大きいとショルダー部から塑性流動化された金属が掻き出さ

れにくくなるため、金属部材内の空隙が潰れやすい。また、摩擦攪拌装置の主軸モータにかかる負荷が大きくなる。

[0016] また、前記金属部材の表面と前記ショルダ一部分の底面との距離を0～3.0mmに設定することが好ましい。

[0017] かかる方法によれば、比較的大きな空隙を形成することができる。金属部材の表面よりも下にショルダ一部分の底面を押し込むと、塑性流動化された金属がより掻き出されにくくなるため空隙が潰れやすい。一方、金属部材の表面とショルダ一部分の底面との距離を3.0mmより大きくすると、掻き出された金属がショルダ一部分の底面で押さえられないため金属部材に表面欠陥ができやすい。なお、ここでの金属部材の「表面」とは摩擦攪拌する前における金属部材の表面のことを言う。

発明の効果

[0018] 本発明に係る空隙形成用回転ツール及び空隙形成方法によれば、摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に、空隙が潰れにくくなり、かつ、金属部材に表面欠陥ができにくくなる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本実施形態に係る空隙形成用回転ツールを示す図であって、(a)は側面図、(b)は底面図を示す。

[図2]本実施形態に係る空隙形成方法を示す図であって、(a)は側断面図、(b)は(a)のI-I縦断面図を示す。

[図3] (a)は第一変形例を示す側面図であり、(b)は第二変形例を示すショルダ一部分の底面図である。

[図4]第三変形例を示す側面図である。

[図5]螺旋溝角度試験で用いた空隙形成用回転ツールであって、(a)はツールNO. S1、(b)はツールNO. S2、(c)はツールNO. S3の側面図及び底面図を示す。

[図6]螺旋溝角度試験の試験結果を示す金属部材の平面図であって、(a)はツールNO. S1の結果、(b)はツールNO. S2の結果、(c)はツール

NO. S 3の結果を示す。

[図7] (a) は、図6の(a)のII-II断面図、(b)は図6の(b)のII-II断面図、(c)は図6の(c)のII-II断面図である。

[図8]螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図9]螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係を移動速度別に示すグラフである。

[図10]螺旋溝角度試験における空隙面積と移動速度との関係を隙間別に示すグラフである。

[図11]ショルダー部外径試験で用いた空隙形成用回転ツールであって、(a)はツールNO. T 1、(b)はツールNO. T 2、(c)はツールNO. T 3の側面図及び底面図を示す。

[図12]ショルダー部外径試験の試験結果を示す金属部材の平面図であって、(a)はツールNO. T 1の結果、(b)はツールNO. T 2の結果、(c)はツールNO. T 3の結果を示す。

[図13] (a) は図12の(a)のIII-III断面図、(b)は図12の(b)のIII-III断面図、(c)は図12の(c)のIII-III断面図である。

[図14]ショルダー部外径試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図15]ショルダー部外径試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図16]ショルダー部外径試験における空隙面積とショルダー部の外径との関係を隙間別に示すグラフである。

[図17]ショルダー部外径試験における空隙面積とショルダー部の外径との関係を隙間別に示すグラフである。

[図18]突条試験で用いた空隙形成用回転ツールであって、(a)はツールNO. S 3-1、(b)はツールNO. S 3-2、(c)はツールNO. S 3-3の側面図及び底面図を示す。

[図19]突条試験の試験結果を示す金属部材の断面図であって、(a)はツールNO. S 3-1の結果、(b)はツールNO. S 3-2の結果、(c)はツールNO. S 3-3の結果を示す。

[図20]突条試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図21]攪拌ピン外径試験で用いた空隙形成用回転ツールであって、(a)はツールNO. U 1、(b)はツールNO. U 2、(c)はツールNO. U 3、(d)はツールNO. U 4の側面図及び底面図を示す。

[図22]攪拌ピン外径試験の試験結果を示す断面図であって、(a)はツールNO. U 1の結果、(b)はツールNO. U 2の結果、(c)はツールNO. U 3の結果、(d)はツールNO. U 4の結果を示す。

[図23]攪拌ピン外径試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図24]攪拌ピン外径試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。

[図25]攪拌ピン外径試験における空隙面積と攪拌ピンの外径との関係を隙間別に示すグラフである。

[図26]空隙深さ試験で用いた空隙形成用回転ツールであって、(a)はツールNO. T 2、(b)はツールNO. T 2-1、(c)はツールNO. T 2-2の側面図及び底面図を示す。

[図27]空隙深さ試験の試験結果を示す断面図であって、(a)及び(b)はツールNO. T 2の結果、(c)及び(d)はツールNO. T 2-1の結果を示す。

[図28]空隙深さ試験の試験結果を示す断面図であって、(a)及び(b)はツールNO. T 2-2の結果を示す。

[図29]空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係を隙間別に表したグラフである。

[図30]空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係を隙間別に

表したグラフである。

[図31]空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係を螺旋溝部の高さ別に表したグラフである。

[図32]空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係を螺旋溝部の高さ別に表したグラフである。

[図33]実施例における各ツールと形成された空隙の状況とを現した表である。

[図34]実施例における各ツールと形成された空隙の状況とを現した表である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1に示すように、本実施形態に係る空隙形成用回転ツール1は、ショルダー部2と、攪拌ピン3とを有する。空隙形成用回転ツール1は、例えば工具鋼等で形成されている。空隙形成用回転ツール1は、金属部材内で回転させつつ移動させることにより、金属部材の内部にトンネル状の空隙を形成するツールである。このツールで形成されたトンネル状の空隙に気体や液体等の流体を流すことで、例えば金属部材を冷却板として利用することができる。

[0021] ショルダー部2は、円柱状を呈し、図示しない摩擦攪拌装置に接続される。ショルダー部2の底面2aには、突条2bが形成されている。突条2bは、図1の(b)に示すように、攪拌ピン3の周囲に渦巻き状に形成されている。突条2bの断面形状は特に制限されないが、本実施形態では矩形になっている。突条2bの巻き数は特に制限されないが、本実施形態では約1周半以上巻き回されている。突条2bを備えることにより、摩擦攪拌の際に塑性流動化された金属（母材）が攪拌ピン3の基端側の周囲に流動されやすくなる。

[0022] 突条2bの開始位置（攪拌ピン3の基端から突条2bの開始位置までの距離P1）や、突条2bのスクロールピッチ（突条2b間距離P2）は、特に制限されるものではなく適宜設定すればよい。また、突条2bは、設けなく

てもよい。

[0023] 攪拌ピン 3 は、ショルダー部 2 と同心であってショルダー部 2 の底面 2 a に垂下されている。また、攪拌ピン 3 は、本実施形態では先細りになっている。攪拌ピン 3 の長さは、特に制限されるものではなく適宜設定すればよい。

[0024] 本実施形態では、ショルダー部 2 の外径 X_1 と攪拌ピン 3 の先端の外径 Y_2 とを $X_1 / Y_2 = 1.4 \sim 2.2$ となるように設定している。このようにすると摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に、空隙が潰れにくく、かつ、金属部材に表面欠陥がでにくい。また、摩擦攪拌装置に与える負荷を軽減することができる。根拠については後記する。

[0025] 攪拌ピン 3 の外周面には、攪拌ピン 3 の先端から基端まで螺旋溝 3 a が形成されている。螺旋溝 3 a は、本実施形態では、ボールエンドミルで溝加工して形成されている。螺旋溝 3 a の断面形状は特に制限されないが、本実施形態では半円になっている。螺旋溝 3 a は、本実施形態では上方から下方にたどったときに右回りに形成されている（右ネジ）。

[0026] 攪拌ピン 3 の軸方向を法線とする基準面に対する螺旋溝 3 a の角度（リード角） α は、 $20 \sim 40$ 度の間で適宜設定されるのが好ましい。螺旋溝 3 a の角度 α が 20 度未満であると、角度が浅すぎてショルダー部 2 から塑性流動化された金属が掻き出されにくい。一方、螺旋溝 3 a の角度 α が 40 度より大きいと、攪拌ピン 3 に対する螺旋溝 3 a の長さが短くなるので、ショルダー部 2 から塑性流動化された金属が掻き出されにくくなる。したがって、いずれの場合も空隙が潰れる傾向がある。

[0027] 螺旋溝 3 a の軸方向に対する巻回数は、特に制限されないが、少なくとも一周以上巻き回されていることが好ましい。一周以上巻き回されていると、空隙を大きく形成することができる。螺旋溝 3 a の巻回数が一周未満であると、攪拌ピン 3 に対する螺旋溝 3 a の位置に偏りが生じるため、形成された空隙のいずれか一方の側壁に塑性流動化された金属が残存する可能性がある。

なお、螺旋溝 3 a は、本実施形態では、前記したように構成したが、上方から下方にたどったときに左回りに形成してもよい（左ネジ）。

[0028] 次に、本実施形態に係る空隙形成方法について説明する。図 2 に示すように、本実施形態では、平板状の金属部材 Z を加工する場合を例示する。金属部材 Z の素材は特に制限されないが、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等摩擦攪拌可能な金属から選択すればよい。

[0029] 金属部材 Z の上方で空隙形成用回転ツール 1 を回転させて、金属部材 Z の表面 Z a に攪拌ピン 3 を押入し、一定の高さに保った状態で金属部材 Z に対して相対的に空隙形成用回転ツール 1 を移動させる。空隙形成用回転ツール 1 の回転速度は、特に制限されないが、例えば 700～1300 rpm の間で設定する。また、空隙形成用回転ツール 1 の移動速度は、例えば 200～400 mm/min の間で設定する。ショルダー部 2 の底面 2 a と金属部材 Z の表面 Z a とは当接させつつ移動させてもよいし、隙間をあけて移動させてもよい。ショルダー部 2 の底面 2 a と金属部材 Z の表面 Z a との隙間（距離）K は、例えば 0～3.0 mm の間で適宜設定すればよい。

[0030] 図 2 の（a）に示すように、本実施形態では、上方から下方に向かうにしたがって右回りに螺旋溝 3 a が形成されているため、空隙形成方法では、上方から見て右回りに空隙形成用回転ツール 1 を回転させる。つまり、螺旋溝 3 a によって塑性流動化された金属が金属部材 Z の表面 Z a に掻き上げられる方向に空隙形成用回転ツール 1 を回転させつつ移動させる。

[0031] ちなみに、螺旋溝 3 a を上方から下方に向かうにしたがって左回りに形成した場合は、塑性流動化された金属が金属部材 Z の表面 Z a に巻き上げられる方向、つまり左回りに空隙形成用回転ツール 1 を回転させる。

[0032] 空隙形成方法では、空隙形成用回転ツール 1 によって金属部材 Z が摩擦攪拌され、螺旋溝 3 a によって上方への塑性流動が生じる。これにより、流動化した金属が螺旋溝 3 a に導かれて金属部材 Z の表面 Z a 側に掻き出される。掻き出された金属は、底面 2 a と接触しつつ、空隙形成用回転ツール 1 の

押圧力によって押さえ込まれる。空隙形成用回転ツール 1 が通り過ぎた跡には、金属が掻き出されることによって形成されたトンネル状の空隙 M が形成されるとともに、空隙 M の上に塑性化領域 Z 2 が形成される。

[0033] ここで、図 2 の (b) に示すように、摩擦攪拌後の金属部材 Z は、本体部 Z 1 と、本体部 Z 1 の内部に形成された空隙 M と、空隙 M の上部を覆う塑性化領域 Z 2 と、で構成される。塑性化領域 Z 2 は、摩擦攪拌によって金属が塑性流動化された後、硬化して形成された部位である。塑性化領域 Z 2 は、本実施形態では断面視逆錐台形状を呈し、空隙 M の上方を覆うように形成される。塑性化領域 Z 2 は、攪拌ピン 3 によって摩擦攪拌された金属が、ショルダー部 2 の底面 2 a によって押さえられることにより形成される。摩擦攪拌された金属のうち、ショルダー部 2 の底面 2 a から溢れ出た金属はバリ V となって表面 Z a に露出する。バリ V は、切削するなどして除去することが好ましい。

[0034] 空隙 M は、本実施形態では断面視略矩形で形成されている。空隙 M は、本実施形態では、密閉空間となっており、塑性化領域 Z 2 の内部や、本体部 Z 1 と塑性化領域 Z 2 の境界部分に空隙 M に連通する表面欠陥は形成されていない。なお、空隙 M の上端から表面 Z a までの距離を、「空隙深さ D」とする。

[0035] 空隙形成用回転ツール 1 の形状によっては、金属が好適に掻き出されずに、空隙 M が潰れてしまう可能性がある。一方、金属が掻き出され過ぎて、塑性化領域 Z 2 が薄くなり、塑性化領域 Z 2 の内部や、本体部 Z 1 と塑性化領域 Z 2 の境界部分に空隙 M に連通する表面欠陥が形成されてしまう可能性がある。

しかし、空隙形成用回転ツール 1 によれば、金属を好適に掻き出すとともに、掻き出された金属をショルダー部 2 の底面 2 a で押さえることができるため、空隙 M が潰れにくく、かつ、金属部材 Z に表面欠陥ができにくい。また、摩擦攪拌装置に与える負荷を軽減することができる。ショルダー部 2 の外径 X 1 と攪拌ピン 2 の先端の外径 Y 2 との比率や螺旋溝の角度 α の数値等

の条件については実施例で述べる。

[0036] また、本実施形態に係る攪拌ピン 3 は先細り形状であるため、金属部材 Z に押入する際の圧入抵抗を小さくすることができる。

[0037] <第一変形例>

次に、本発明の第一変形例について説明する。第一変形例に係る空隙形成用回転ツール 1 A では、攪拌ピン 3 に平坦面部 1 1 と螺旋溝部 1 2 とを備えている点で前記した実施形態と相違する。

[0038] 第一変形例に係る攪拌ピン 3 の外周面には、図 3 の (a) に示すように、溝が形成されていない平坦面部 1 1 と、螺旋溝 3 a が形成された螺旋溝部 1 2 とを有する。平坦面部 1 1 の外周面は、平坦になっており、攪拌ピン 3 の基端から、攪拌ピン 3 のほぼ中央まで形成されている。

[0039] 一方、螺旋溝部 1 2 の外周面には、先端からほぼ中央まで（平坦面部 1 1 まで）螺旋溝 3 a が形成されている。螺旋溝 3 a は、少なくとも一周以上巻き回されていることが好ましい。螺旋溝部 1 2 の高さ H 1 は、金属部材 Z に対する形成予定の隙間 M の深さに応じて適宜設定すればよいが、例えば、高さ H 1 は攪拌ピン 3 の長さに対して 30%~70%（平坦面部 1 1 の高さは攪拌ピン 3 の長さに対して 70%~30%）の長さにするのが好ましい。

[0040] 図 1 に示す空隙形成用回転ツール 1 では、攪拌ピン 3 の先端から基端まで螺旋溝 3 a が形成されているため、金属が比較的掻き出されやすく、空隙深さ D が比較的小さく（浅く）なる傾向がある。

しかし、第一変形例に係る空隙形成用回転ツール 1 A によれば、螺旋溝部 1 2 によって金属が掻き出されて空隙 M が形成されるが、平坦面部 1 1 で摩擦攪拌される金属はショルダー部 2 から外部に掻き出されにくい。したがって、塑性化領域 Z 2 の厚みが大きくなるため、空隙深さ D を大きく（深く）することができる。これにより、金属部材 Z の深い位置に大きな空隙 M を形成することができるとともに、塑性化領域 Z 2 の内部や、本体部 Z 1 と塑性化領域 Z 2 との境界部分に表面欠陥がより形成されにくい。

[0041] <第二変形例>

次に、本発明の第二変形例について説明する。図3の(b)に示すように、第二変形例に係る空隙形成用回転ツール1Bでは、ショルダー部2の底面2aに形成された突条2bが断続的に形成されている点で前記した実施形態と相違する。

[0042] 第二変形例に係る突条2bは、突条2を分断する複数の切欠き部2cを備えている。切欠き部2cを備えることにより、塑性流動化された金属が切欠き部2cを通るため、ショルダー部2の底面2aの半径方向に塑性流動化された金属が流動しやすくなっている。これにより、攪拌ピン3の基端の周囲に金属が集まりやすく、かつ、切欠き部2cから塑性流動化された金属が掻き出されやすくなる。これにより、比較的大きな空隙Mを形成することができる。なお、切欠き部2cの個数や大きさは適宜設定すればよい。

[0043] <第三変形例>

次に、本発明の第三変形例について説明する。図4に示すように、第三変形例に係る空隙形成用回転ツール1Cでは、攪拌ピン3の外径が一定である点で前記した実施形態と相違する。

[0044] 空隙形成用回転ツール1Cの攪拌ピン3の基端の外径Y1と先端の外径Y2は同等になっている。このように攪拌ピン3の外径を一定としてもよい。これにより、空隙形成方法で形成される空隙Mを一定の幅で形成することができる。

[0045] 以上本発明の実施形態及び変形例について説明したが、本発明の趣旨を反しない範囲において適宜設計変更が可能である。

実施例

[0046] <試験概要>

次に、本発明の実施例について説明する。実施例では、空隙形成用回転ツールを構成する各要素の形状、大きさ、比率等を変化させて空隙形成方法を行い、形成された空隙を観察した。なお、説明の便宜上、空隙形成用回転ツールを以下単に「ツール」ともいう。

[0047] 実施例では、大きく分けて5種類の試験を行った。ツールの螺旋溝の角度

(リード角)の影響を調査する「螺旋溝角度試験」、ショルダー部の外径の影響を調査する「ショルダー部外径試験」、ショルダー部の底面の突条の影響を調査する「突条試験」、攪拌ピンの外径の影響を調査する「攪拌ピン外径試験」、形成された塑性化領域の空隙深さを調査する「空隙深さ試験」を行った。

[0048] 空隙深さ試験においては、A 1 0 5 0 合金板を使用し、他の試験においては、A 1 1 0 0 合金板を使用した。攪拌ピンに形成された螺旋溝の断面形状は半円形状を呈し、その半径は 1. 5 mm になっている。突条の開始位置 (図 1 の (b) の距離 P 1) は 3. 0 mm とし、スクロールピッチ (図 1 の (b) の距離 P 2) は 2. 5 mm とした。

[0049] 空隙形成方法では、前記合金板に回転させたツールを押入し、所定の距離を移動させた。ツールの回転数は 8 0 0 R P M を基本とし、空隙深さ試験では 1 2 7 5 R P M でも摩擦攪拌を行ってツールの回転数の影響についても調査した。

[0050] ツールの移動速度は 1 0 0 mm / m i n 又は、3 0 0 mm / m i n で移動させた。また、螺旋溝角度試験においては、移動速度を 5 0 ~ 3 0 0 mm / m i n の間で変化させて移動速度との影響についても調査した。

[0051] さらに、各試験において、金属部材の表面からショルダー部の底面までの隙間 (図 2 の (a) の距離 K) を 0 mm、1. 0 mm、2. 0 mm、3. 0 mm と変化させ、単一の金属部材上で摩擦攪拌を行ってそれぞれ形成された空隙を比較した。いずれの合金板 (試験体) においても、合金板の中央部を切断して、研磨、エッチングした後、形成された空隙の形状を観察した。また、画像装置を用いて形成された空隙の断面積を計測した。

[0052] <螺旋溝角度試験>

螺旋溝角度試験では、攪拌ピン 3 の螺旋溝 3 a の角度の影響を調査した。図 5 に示すように、この試験では三種類のツール N O . S 1 ~ S 3 を使用した。螺旋溝 3 a の水平面との角度を、ツール N O . S 1 では 4 0 度、ツール N O . S 2 では 3 0 度、ツール N O . S 3 では 2 0 度に設定した。また、各ツール

の螺旋溝の攪拌ピン 3 の軸方向に対する巻回数は、ツール N O . S 1 では約 0 . 8 周、ツール N O . S 2 では約 1 . 3 周、ツール N O . S 3 では約 2 . 3 周になっている。

[0053] 螺旋溝 3 a の角度以外の構成は、三種類とも同等であって、ショルダ一部 2 の外径は 22 mm、攪拌ピン 3 の基端の外径は 10 mm、先端の外径は 7 mm、攪拌ピン 3 の長さは 11 mm に設定した。また、いずれのツールもショルダ一部 2 の底面 2 a に、渦巻き状の突条 2 b を備えている。突条 2 b の高さは 1 mm とした。

[0054] 図 6 は、螺旋溝角度試験の試験結果を示す金属部材の平面図であって、(a) はツール N O . S 1 の結果、(b) はツール N O . S 2 の結果、(c) はツール N O . S 3 の結果を示す。図 6 の (a)、(b)、(c) とともに金属部材 Z (本体部 Z 1) の表面 Z a に四本の塑性化領域 Z 2 が形成されている。塑性化領域 Z 2 は、図面の上から順番に、金属部材 Z の表面 Z a からショルダ一部 2 の底面 2 a までの隙間が 0 mm の場合、1. 0 mm の場合、2. 0 mm の場合、3. 0 mm の場合の結果を示している。

図 7 の (a) は、図 6 の (a) の II-II 断面図、(b) は図 6 の (b) の I-I 断面図、(c) は図 6 の (c) の II-II 断面図である。

[0055] 図 6 の (a) ~ (c) に示すように、隙間 0 mm、1. 0 mm の条件では、ショルダ一部 2 の底面 2 a の全面が塑性流動化された金属と接触して大きなバリ V が発生している。隙間 2. 0 mm では、ショルダ一部 2 の底面 2 a の全面が塑性流動化された金属と接触しているが、バリ V が比較的少なかった。隙間 3. 0 mm では、塑性流動化して形成された塑性化領域 Z 2 の幅が、ショルダ一部 2 の外径 X 1 (図 1 の (a) 参照) よりも短かった。

[0056] ここで、図 6 及び図 7 に示すように、ツールの回転速度にツールの移動速度が加算される側を「Advancing side」(以下、「A d 側」とも言う)、ツールの回転速度にツールの移動速度が減算される側を「Retreating side」(以下、「R e 側」とも言う)とする。本実施形態では、ツールを右回転させつつ、図 6 の左から右方向に移動させているため、進行方向左側が A d 側、

右側がR e側となる。

[0057] 図7の(a)に示すように、ツールNO. S1における空隙Mは、縦に細長い矩形状を呈する。塑性化領域Z2は、空隙Mの上方を覆っているが、その一部は空隙MのR e側の側壁に残存している。

一方、ツールNO. S2及びツールNO. S3において、隙間1. 0～3. 0の条件では、略同一形状の空隙Mが形成されており、空隙Mの側壁には塑性流動化された金属が残存せずに、外部に排出されている。

[0058] ツールNO. S1～S3では、隙間が大きくなるにしたがって、空隙Mの高さ位置が金属部材Zの上方に移動するとともに、空隙Mの高さも大きくなることがわかった。また、ツールNO. S1～S3で隙間が大きくなるにしたがって、塑性化領域Z2の断面積が小さくなり、空隙Mの上端から金属部材Zの表面Zaまでの空隙深さDが小さくなることが分かった。

[0059] また、ツールNO. S2及びツールNO. S3では、形成された空隙Mの幅と攪拌ピン2の先端の外径は略同等であったが、ツールNO. S1では、形成された空隙の幅は攪拌ピン2の先端の外径よりも小さかった。図7の(a)に示すように、空隙MのR e側の側壁に塑性化領域Z2の一部が残存している。これは、NO. S1ツールの螺旋溝3aの角度と巻回数に起因すると考えられる。

[0060] ツールNO. S1は、螺旋溝3aの角度が40度と深いため、攪拌ピン3に対する螺旋溝の長さが短い。したがって、塑性流動化された金属が排出されにくいと考えられる。また、ツールNO. 1では、螺旋溝3aの巻回数が一周未満であるため、攪拌ピン3に対する螺旋溝3aの位置に偏りが生じている。このため、形成された空隙Mの一方の側壁（ここではR e側）に塑性化された金属が残存すると考えられる。

[0061] 図8は、螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。図7及び図8に示すように、ツールNO. S2及びツールNO. S3で形成した空隙Mの空隙面積は、略同等であったが、ツールNO. S1で得られた空隙面積は、ツールNO. S2及びツールNO. S3の空隙面積

よりも小さかった。

[0062] また、図8に示すように、ツールNO. S 1～S 3で隙間が増加するにしたがって、空隙面積（空隙Mの断面積）が増加した。要するに、金属部材Zからツールを離して、塑性流動化された金属を掻き出しやすくすると、空隙Mの空隙面積を大きくすることができることがわかった。ツールNO. S 1～S 3とも空隙面積の増加割合（グラフの傾き）は、約 $7\text{ mm}^2/\text{mm}$ であって攪拌ピン3の先端の外径と略同等になった。

[0063] 図9は、螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係を移動速度別に示すグラフである。ツールNO. S 1～S 3ともに略同様な結果となったので、図9では代表例としてツールNO. S 2の結果を示している。

図10は、螺旋溝角度試験における空隙面積と移動速度との関係を隙間別に示したグラフである。図10では、ツールNO. S 3で得られた空隙面積と移動速度との関係を示している。

図9及び図10から明らかなように、空隙面積は、移動速度の変化によってはさほど影響を受けないことがわかった。

[0064] <ショルダー部外径試験>

ショルダー部外径試験では、ショルダー部2の外径の影響を調査した。図11に示すように、この試験では三種類のツールNO. T 1～T 3を使用した。ショルダー部2の外径を、ツールNO. T 1では20 mm、ツールNO. T 2では18 mm、ツールNO. T 3では16 mmに設定した。ショルダー部2の外径以外の構成は、三種類とも同等であって、攪拌ピン3の基端の外径は10 mm、先端の外径は7 mm、攪拌ピン3の長さは11 mmに設定した。また、いずれのツールもショルダー部2の底面2aに、渦巻き状の突条2bを備えている。突条2bの高さは1 mmとした。

[0065] 図12は、ショルダー部外径試験の試験結果を示す金属部材の平面図であって、(a)はツールNO. T 1の結果、(b)はツールNO. T 2の結果、(c)はツールNO. T 3の結果を示す。また、図13の(a)は図12の(a)のIII-III断面図、(b)は図12の(b)のIII-III断面図、(c)

は図12の(c)のIII-III断面図である。なお、図5の(c)に示すように、前記したツールNO.S3は、ショルダー部2の外径が22mmであり、他の構成がツールNO.T1~T3と同等であるので、図6の(c)、図7の(c)とも対比して考察する。

[0066] ショルダー部2の外径を小さくすることによって、隙間が2.0mmであってもショルダー部2の底面2aに塑性流動化された金属が接触してRe側からバリVが多く排出されていることがわかった。隙間3.0mmでは、Re側にバリVが排出されているが、ツールNO.T1、ツールNO.T3で塑性化領域Z2の金属が不足して空隙Mに連通する表面欠陥Eが形成された。

[0067] 一方、ショルダー部2の外径が小さくなるにしたがって、空隙Mの高さが増加した。ショルダー部2の外径を小さくすることにより、ショルダー部2の底面2aによって押えられる金属が減少する。このため、塑性流動化された金属が掻き出されやすくなり、空隙Mの高さの増加に繋がったと考えられる。

[0068] 図14及び図15は、いずれもショルダー部外径試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフであって、図14は移動速度を100mm/min、図15は移動速度を300mm/minに設定した場合の結果を示している。

[0069] 図14及び図15に示すように、全てのツールで隙間が大きくなるにしたがって、空隙面積が増加した。要するに、金属部材Zからツールを離して、塑性流動化された金属を掻き出しやすくと、空隙Mの空隙面積を大きくすることができることがわかった。ツールNO.S3、ツールNO.T1~T3とも空隙面積の増加割合（増加の傾き）は、約7mm²/mmであり攪拌ピン3の先端の外径と同等になった。

[0070] 図16及び図17は、いずれもショルダー部外径試験における空隙面積とショルダー部の外径との関係を隙間別に示すグラフであって、図16は移動速度を100mm/min、図17は移動速度を300mm/minに設定した場合の結果を示している。

[0071] 図16及び図17に示すように、隙間2.0mmの条件では、ショルダー部2の外径が22mmで得られた空隙面積と、ショルダー部2の外径が20mmで得られた空隙面積とが略同等であった。ショルダー部2の外径が20mmから16mmの範囲では、ショルダー部2の外径が減少するにしたがって、空隙面積が増加した。空隙面積の増加割合（増加の傾き）は、約 $5\text{ mm}^2/\text{mm}$ であった。

[0072] 図16に示すように、移動速度が $100\text{ mm}/\text{min}$ で隙間3.0mmの条件では、ショルダー部2の外径が22mmから16mmの範囲でショルダー部2の外径が小さくなるにしたがって、空隙面積が直線的に増加した。これは、ショルダー部2の外径が小さくなるにしたがってショルダー部2からの加圧が減少して、排出される金属が増加するためであると考えられる。

一方、図17に示すように、移動速度が $300\text{ mm}/\text{min}$ の条件で隙間3.0mmの条件では、ショルダー部2の外径が16mm、18mmで塑性化領域に表面欠陥が発生したので空隙面積が減少した。

[0073] <突条試験>

突条試験では、ショルダー部2の底面2aに形成された突条2bの影響を調査した。図18に示すように、この試験では三種類の空隙形成用回転ツールツールNO. S3-1～S3-3を使用した。突条2bの切欠き部2cの幅を、ツールNO. S3-1では2mm、ツールNO. S3-2では6mmに設定した。ツールNO. S3-3では突条を設けていない。突条2b以外の構成は、三種類とも同等であって、ショルダー部2の外径は22mm、攪拌ピン3の基端の外径は10mm、先端の外径は7mm、攪拌ピンの長さは11mmに設定した。

[0074] 図19は、突条試験の試験結果を示す金属部材の断面図であって、(a)はツールNO. S3-1の結果、(b)はツールNO. S3-2の結果、(c)はツールNO. S3-3の結果を示す。図20は、突条試験における空隙面積と隙間との関係をツール別に示すグラフである。なお、図5の(c)に示すように、前記した空隙形成用回転ツールツールNO. S3は、切欠き部2c

の無い突条2bを備えており、他の構成がツールNO. S3-1～S3-3と同等であるので、図6の(c)、図7の(c)とも対比して考察する。

[0075] 図7の(c)、図19の(a)及び図20に示すように、ツールNO. 3、ツールNO. 3-1及びツールNO. 3-3の各空隙面積は略同等であった。ツールNO. 3の結果とツールNO. 3-3の結果とを対比すると、突条2bの有無では空隙面積の結果に影響が無いことがわかった。しかし、図7の(c)と図19の(c)を対比すると、突条2bを有するツールNO. 3の空隙Mの方が、形状が整っていることがわかった。これは、突条2bがあることで、攪拌ピン3の基端側の周囲に塑性流動化された金属が集まりやすいことに起因すると考えられる。

[0076] ツールNO. 3-2のように、切欠き部2cの長さが6mmとその長さが比較的大きいと、空隙面積も大きかった。これは、切欠き部2cの長さが大きいと、塑性流動化された金属がショルダー部2の底面2aの半径方向に流れやすくなり、この金属が掻き出されやすくなることに起因すると考えられる。

[0077] <攪拌ピン外径試験>

攪拌ピン外径試験では、同一の外径のショルダー部2を用いるとともに、攪拌ピン3の基端から先端までの外径は一定となるように設定し、各攪拌ピン3の外径を変化させて攪拌ピン3の外径の影響を調査した。図21に示すように、この試験では4種類の空隙形成用回転ツールツールNO. U1～U4を使用した。攪拌ピン3の外径を、ツールNO. U1では10mm、ツールNO. U2では12mm、ツールNO. U3では14mm、ツールNO. U4では16mmに設定した。攪拌ピン3の外径以外の構成は、四種類とも同等であって、ショルダー部2の外径は22mm、攪拌ピン3の長さは11mmに設定した。また、いずれのツールもショルダー部2の底面2aに、渦巻き状の突条2bを備えている。突条2bの高さは1mmとした。

[0078] 図22の(d)に示すように、ツールNO. U4の隙間3.0mmの条件では、表面欠陥Eができることがわかった。図22及び図23に示すように、

ツールNO. U1～U4で隙間が大きくなるにしたがって空隙面積も大きくなることがわかった。ツールNO. U1～U3の空隙面積の増加割合（グラフの傾き）は、それぞれのツールの攪拌ピン3の外径に近い値となった。

[0079] つまり、ツールNO. U1の空隙面積の増加割合（グラフの傾き）は図23では $10\text{ mm}^2/\text{mm}$ 、図24では $10.7\text{ mm}^2/\text{mm}$ 、ツールNO. U2の空隙面積の増加割合は図23では $12.6\text{ mm}^2/\text{mm}$ 、図24では $12.5\text{ mm}^2/\text{mm}$ 、ツールNO. U3の空隙面積の増加割合は図23では $13.7\text{ mm}^2/\text{mm}$ 、図24では $14.4\text{ mm}^2/\text{mm}$ であった。これは、各ツールとも隙間を1mm大きくすると、攪拌ピン3の外径分空隙Mが増えることになるため、形成される空隙面積も攪拌ピン3の外径分大きくなると考えられる。

[0080] なお、図23及び図24に示すように、移動速度の差異は、空隙面積には影響しないことがわかった。また、図25に示すように、攪拌ピン3の外径が大きくなるにしたがって、空隙面積も増加するが、その増加傾向は二次関数的であることがわかった。

[0081] <空隙深さ試験>

空隙深さ試験では、図3の（a）に示すように、螺旋溝3aが形成されていない平坦面部11を備えた空隙形成用回転ツールを用いて、形成される空隙Mの深さ位置を調査した。図26に示すように、この試験では3種類の空隙形成用回転ツールを使用した。ツールNO. T2は、比較例であって図11の（b）で示すツールと同等である。

[0082] 図27の（a）に示すように、ツールNO. T2の螺旋溝部12の高さは、攪拌ピン3の長さと同等であって 11.0 mm である。図27の（c）に示すように、ツールNO. T2-1の平坦面部11の高さは 3.5 mm 、螺旋溝部12の高さは 7.5 mm である。図28の（a）に示すように、ツールNO. T2-2の平坦面部11の高さは 6.0 mm 、螺旋溝部12の高さは 5.0 mm である。

[0083] 螺旋溝部12の高さ以外の構成は、三種類とも同等であって、ショルダー

部2の外径は18mm、攪拌ピン3の基端の外径は10mm、先端の外径は7mmとした。いずれのツールもショルダー部2の底面2aに、渦巻き状の突条2bを備えている。突条2bの高さは1mmとした。なお、空隙深さ試験では、金属部材Zの表面Zaからショルダー部2の底面2aまでの隙間は0mm、1.0mm、2.0mmの三種類とした。また、各ツールにおいて、800RPMと1275RPMの二種類の回転数で試験を行った。

[0084] 図27は、空隙深さ試験の試験結果を示す断面図であって、(a)及び(b)はツールNO.T2の結果、(c)及び(d)はツールNO.T2-1の結果を示す。図28は、空隙深さ試験の試験結果を示す断面図であって、(a)及び(b)はツールNO.T2-2の結果を示す。図29は、空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係を隙間別に表したグラフである。図30は、空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係を隙間別に表したグラフである。図29と図30とはツールの回転数が相違し、図29に係る試験の回転数は800RPM、図30に係る試験の回転数は1275RPMである。

[0085] 図29及び図30に示すように、平坦面部11の高さ（攪拌ピン3の長さ－螺旋溝部12の高さ）が大きくなるほど、空隙深さDも大きくなることがわかった。また、隙間が小さくなるほど空隙深さDが大きくなることがわかった。図29と図30とを対比すると、ツールの回転数が高い方が空隙深さDが若干大きくなることがわかった。

[0086] 図31は、空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係を螺旋溝部の高さ別に表したグラフである。図32は、空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係を螺旋溝部の高さ別に表したグラフである。図31と図32とはツールの回転数が相違し、図31に係る試験の回転数は800RPM、図32に係る試験の回転数は1275RPMである。

[0087] 図31、32及び図27、28に示すように、螺旋溝部11の高さが大きくなるほど、空隙面積が大きくなることがわかった。図31と図32とを対比すると、ツールの回転数は空隙面積の増減にはほぼ影響がないことがわか

った。

以上より、空隙試験によると、平坦面部 1 1 の高さを大きくすると、空隙 M を深い位置に形成することができることがわかった。一方、平坦面部 1 1 の高さを大きくしすぎると、空隙 M の空隙面積が小さくなってしまったことがわかった。

[0088] <ショルダー部の外径／攪拌ピンの先端の外径と試験結果との対比>

図 3 3 及び図 3 4 は、実施例における各ツールと形成された空隙の状況とを現した表である。「状況」の項目の「○」は空隙 M の状態が良好を示し、「×」は表面欠陥 E が発生している状態を示す。

[0089] 図 3 3 及び図 3 4 に示すように、ショルダー部の外径を攪拌ピンの先端の外径で除した値は 1. 4 ～ 2. 2 である場合に、表面欠陥 E が発生せず、空隙 M の状態が概ね良好であった。この値が 1. 4 未満であると、掻き出された金属がショルダー部 2 の底面 2 a で押えられないため、表面欠陥 E ができやすい。一方、この値が 2. 2 よりも大きいとショルダー部 2 から塑性流動化された金属が掻き出されにくくなるため、空隙が潰れやすい。また、この値が、2. 2 よりも大きいと摩擦攪拌装置の主軸モータにかかる負荷が大きくなるため好ましくない。

符号の説明

- [0090]
- | | |
|-----|------------|
| 1 | 空隙形成用回転ツール |
| 2 | ショルダー部 |
| 2 a | 底面 |
| 2 b | 突条 |
| 2 c | 切欠き部 |
| 3 | 攪拌ピン |
| 3 a | 螺旋溝 |
| D | 空隙深さ |
| K | 隙間 |
| M | 空隙 |

V	バリ
Z	金属部材
Z 1	本体部
Z 2	塑性化領域
Z a	表面

請求の範囲

- [請求項1] 摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に使用される空隙形成用回転ツールであって、
- ショルダー部とこのショルダー部から垂下する攪拌ピンとを有し、
- 前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、
- 前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が1.4以上2.2以下であることを特徴とする空隙形成用回転ツール。
- [請求項2] 前記攪拌ピンの軸方向を法線とする基準面に対する前記螺旋溝の角度が20度以上40度以下であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項3] 前記螺旋溝は、前記攪拌ピンに一周以上巻き回されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項4] 前記攪拌ピンは、前記螺旋溝が形成された螺旋溝部と前記螺旋溝が形成されていない平坦面部とを備えており、
- 前記螺旋溝部は、前記攪拌ピンの先端から刻設されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項5] 前記ショルダー部の底面に突条が突設されており、
- 前記突条は、前記攪拌ピンの周囲に渦巻き状に形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項6] 前記突条には、前記ショルダー部の底面の半径方向に切り欠かれた切欠き部が形成されていることを特徴とする請求の範囲第5項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項7] 前記攪拌ピンは、先端から基端まで一定の外径からなることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の空隙形成用回転ツール。
- [請求項8] 空隙形成用回転ツールを用いて金属部材の内部に空隙を形成する空隙形成方法であって、
- 前記空隙形成用回転ツールは、

ショルダー部とこのショルダー部から垂下する攪拌ピンとを有し、
前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、
前記ショルダー部の外径を前記攪拌ピンの先端の外径で除した値が
1.4以上2.2以下であり、

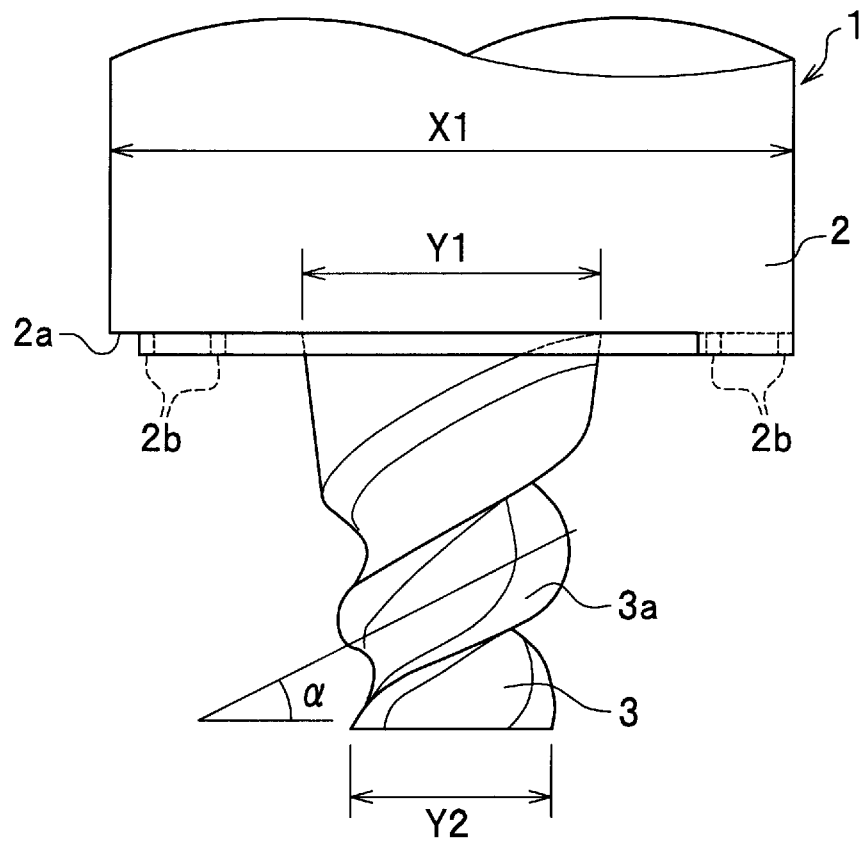
前記空隙形成用回転ツールを回転させつつ、前記金属部材に対して
相対的に移動させる際に、摩擦攪拌によって流動化された金属が、前
記螺旋溝によって前記金属部材の表面に掻き上げられる方向に前記空
隙形成用回転ツールを回転させることを特徴とする空隙形成方法。

[請求項9]

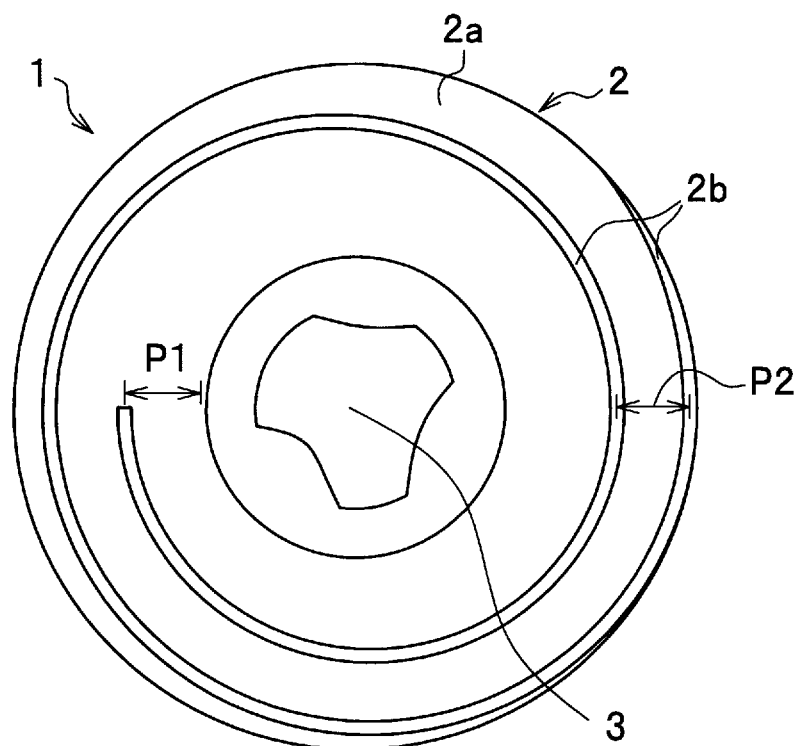
前記金属部材の表面と前記ショルダー部の底面との距離を0～3.
0mmに設定することを特徴とする請求の範囲第8項に記載の空隙形
成方法。

[図1]

(a)

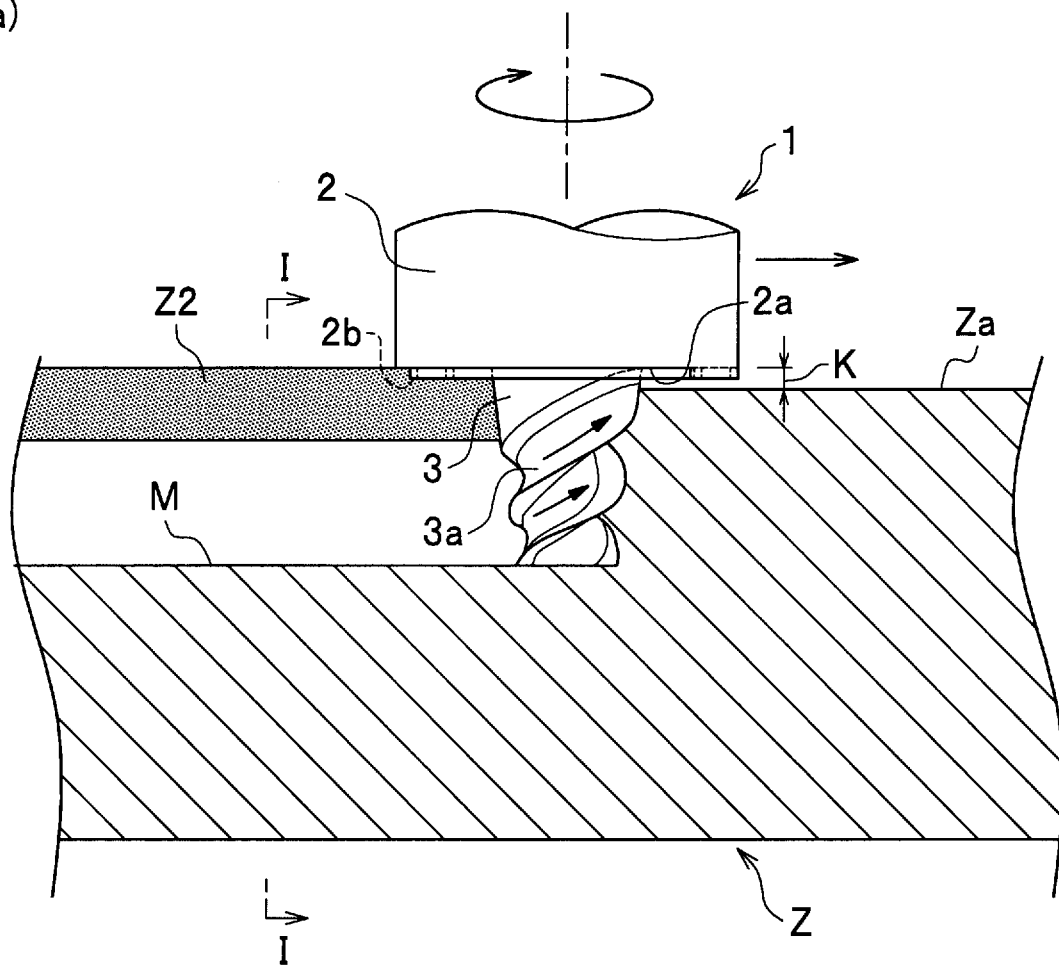


(b)

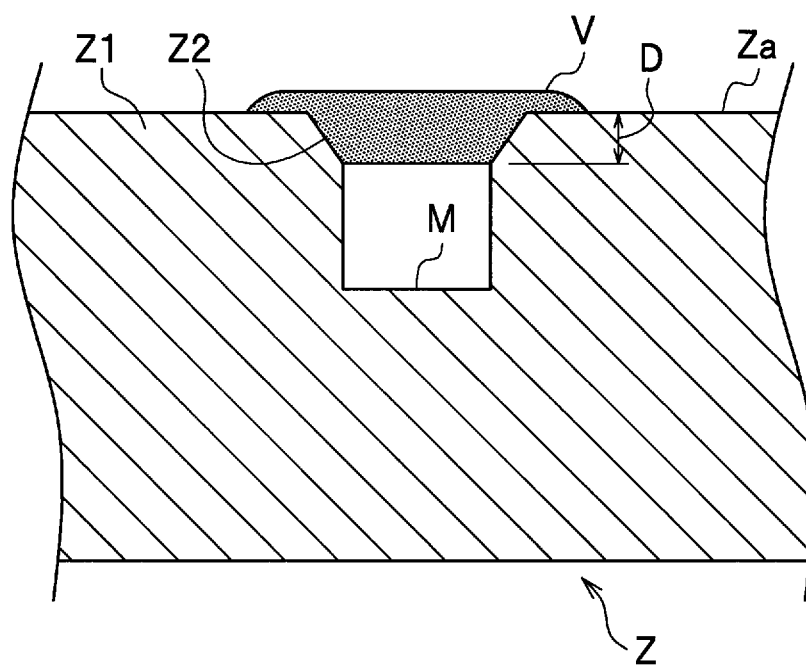


[図2]

(a)

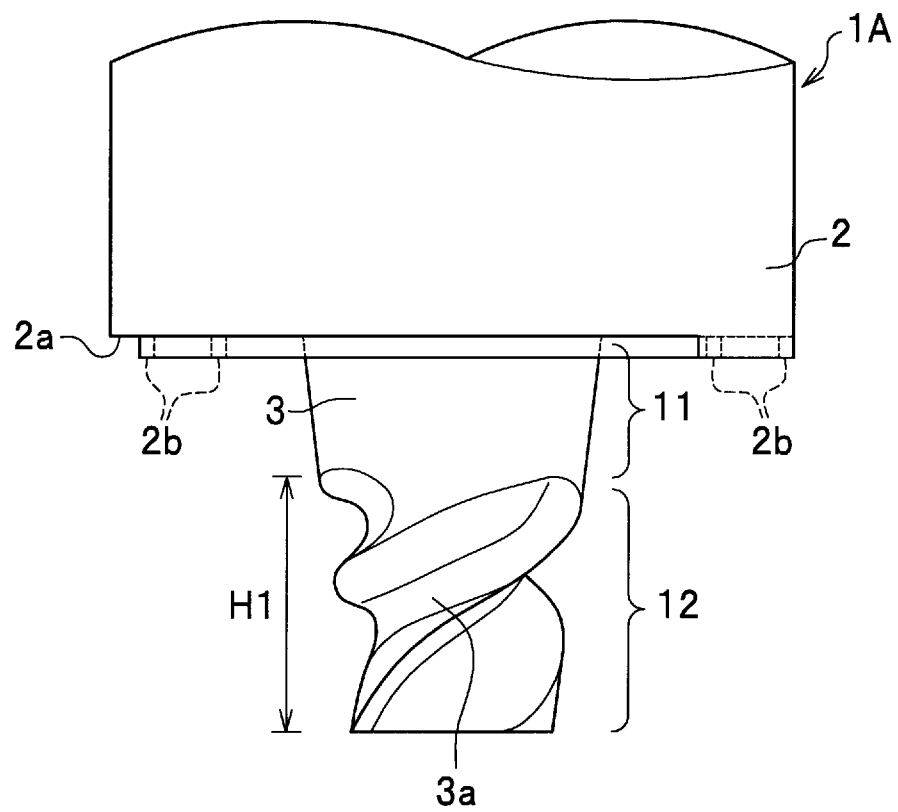


(b)

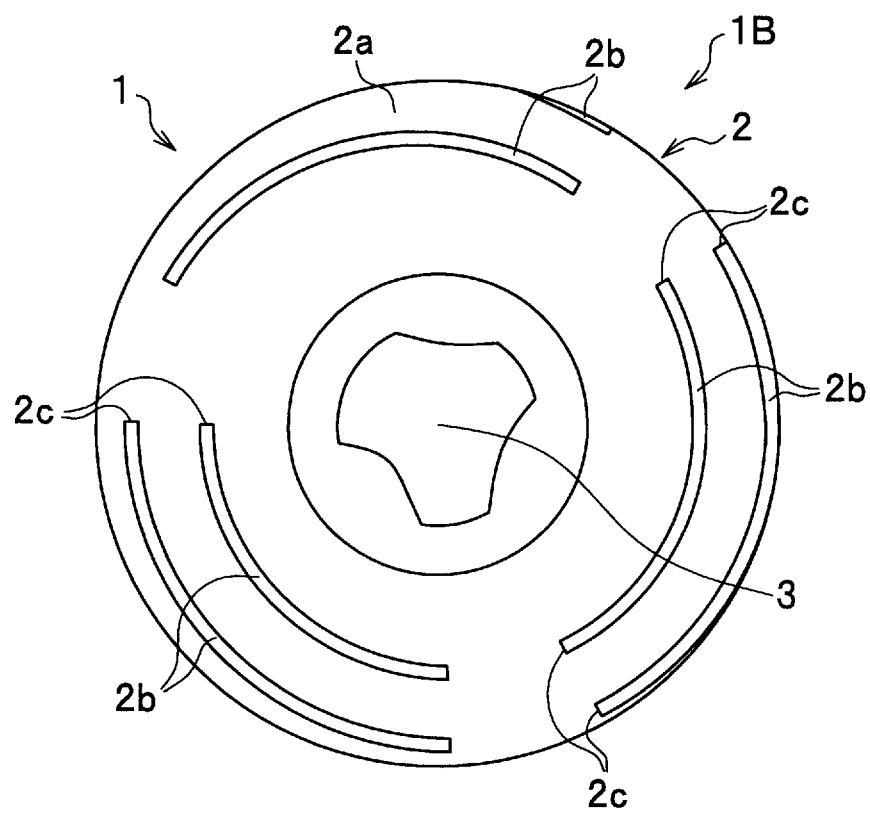


[図3]

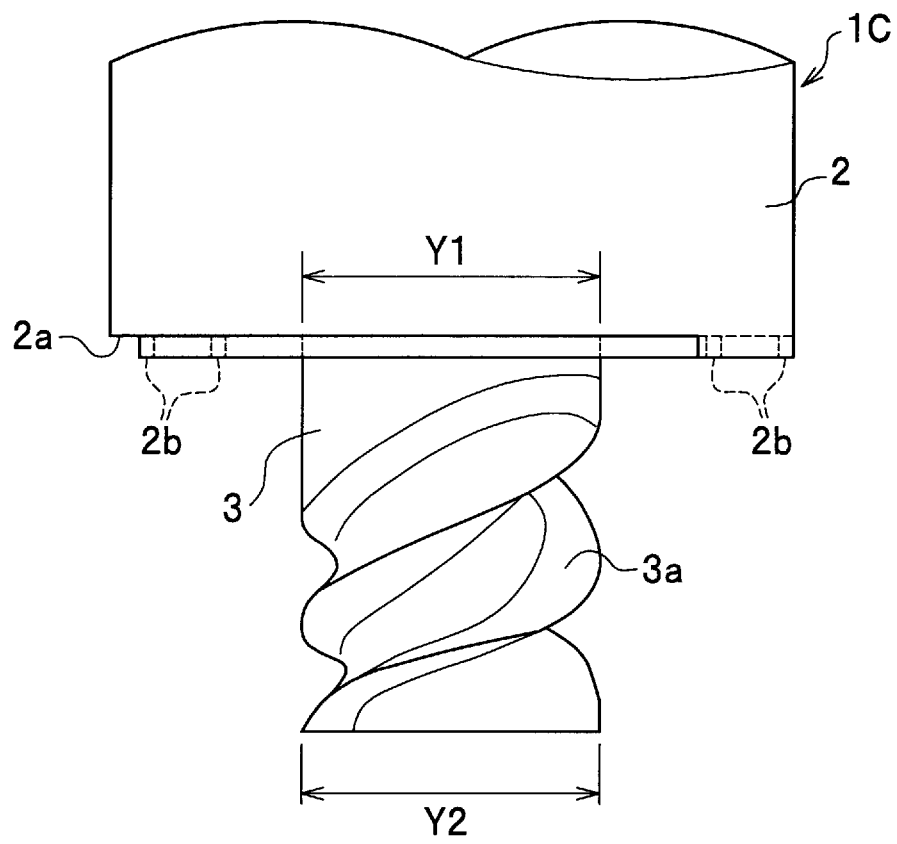
(a)



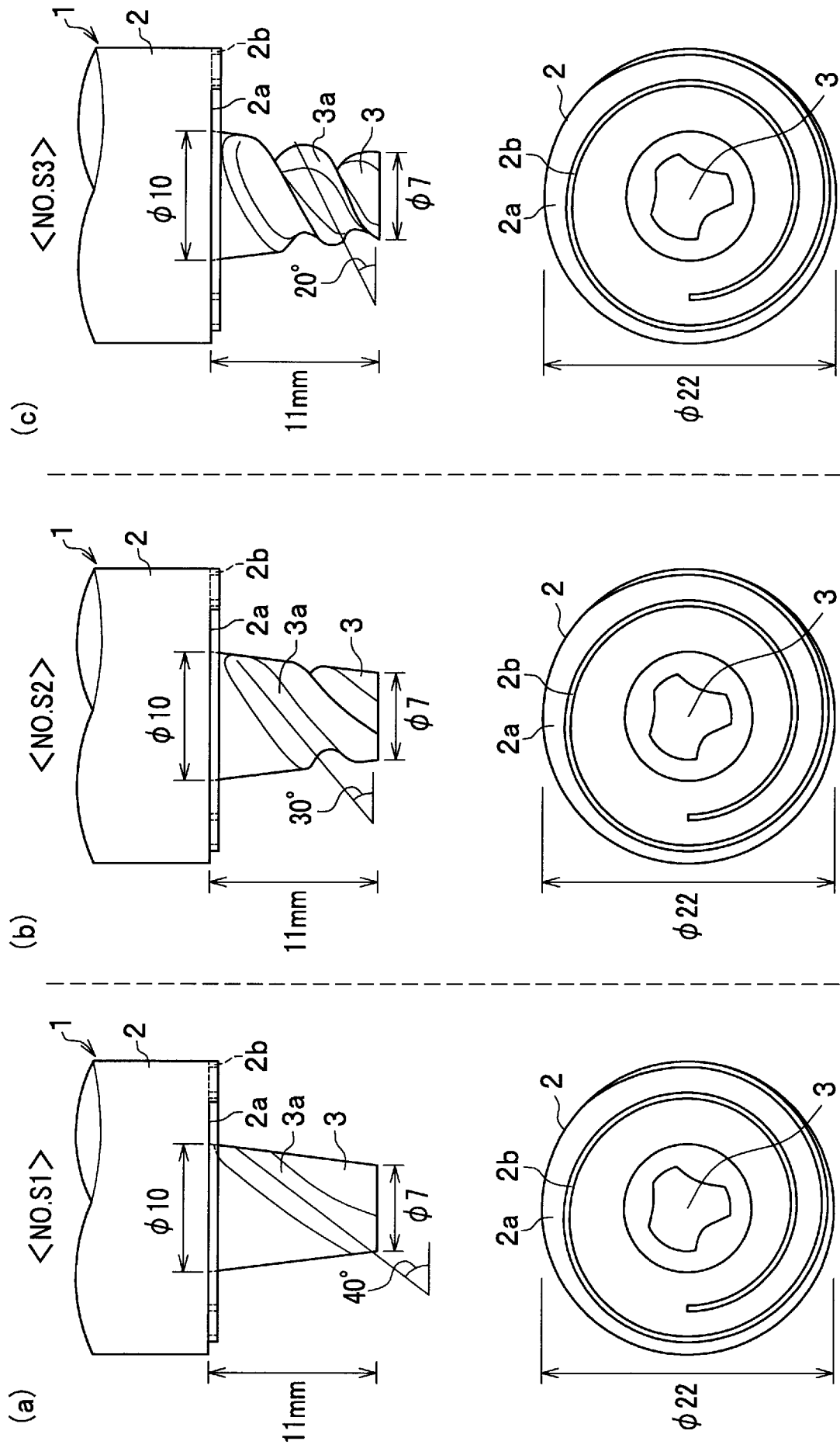
(b)



[図4]



[図5]



[図6]

(a) <No.S1>

:螺旋溝の

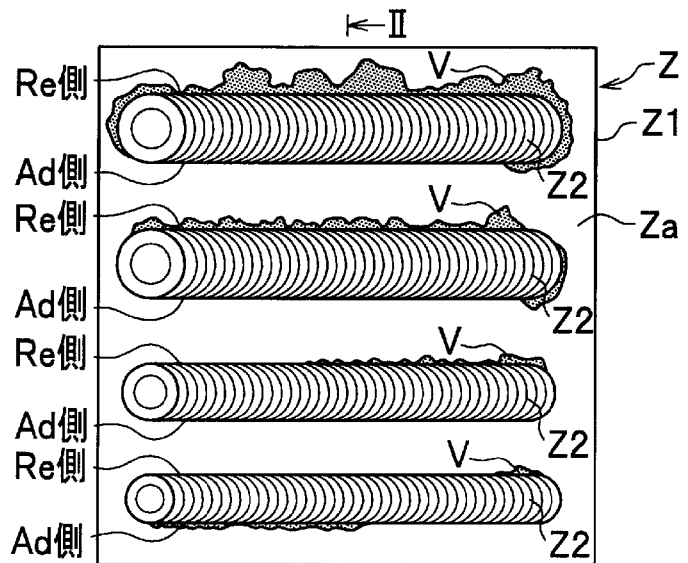
角度=40度

<隙間 0mm>

<隙間 1.0mm>

<隙間 2.0mm>

<隙間 3.0mm>



(b) <No.S2>

:螺旋溝の

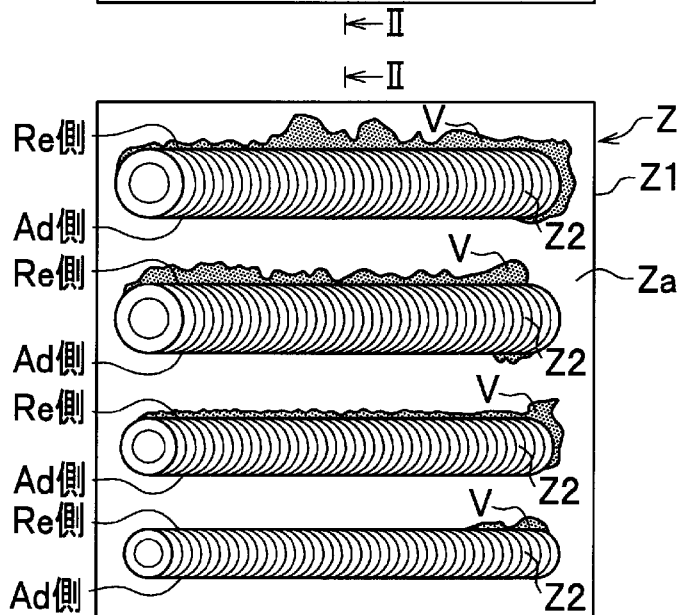
角度=30度

<隙間 0mm>

<隙間 1.0mm>

<隙間 2.0mm>

<隙間 3.0mm>



(c) <No.S3>

:螺旋溝の

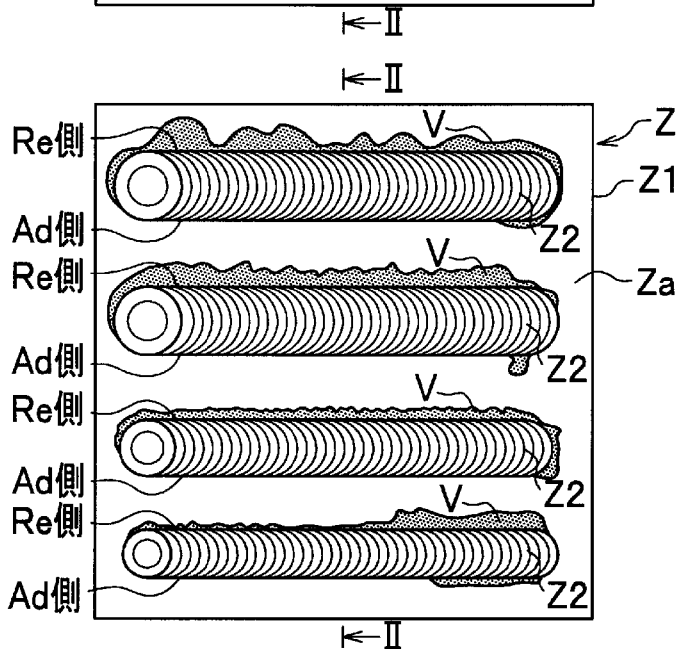
角度=20度

<隙間 0mm>

<隙間 1.0mm>

<隙間 2.0mm>

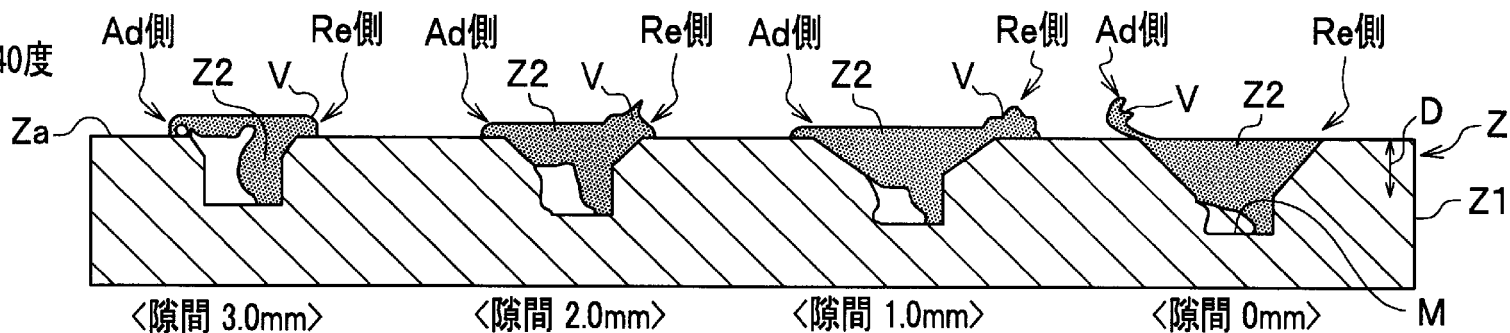
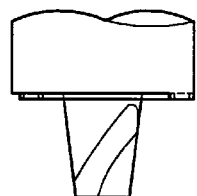
<隙間 3.0mm>



[図7]

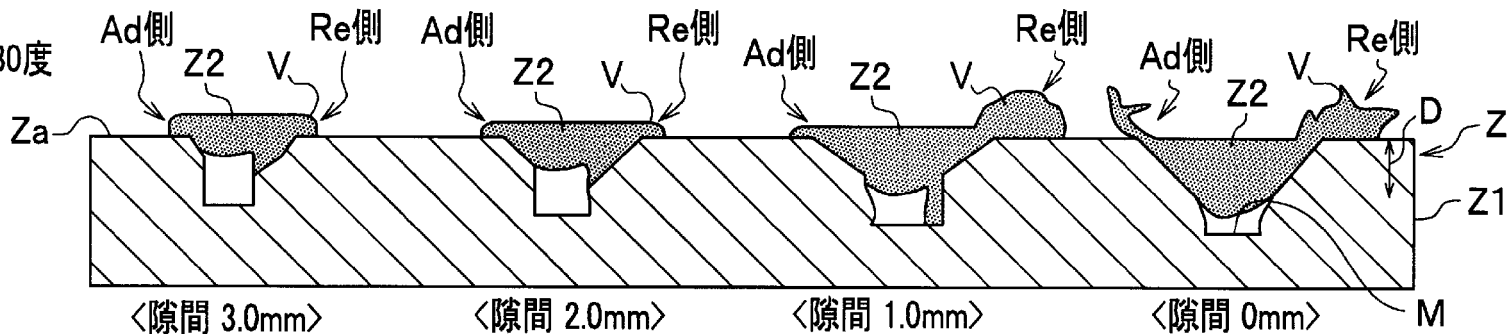
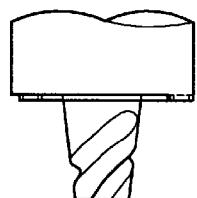
(a) <No.S1>

:螺旋溝の角度=40度



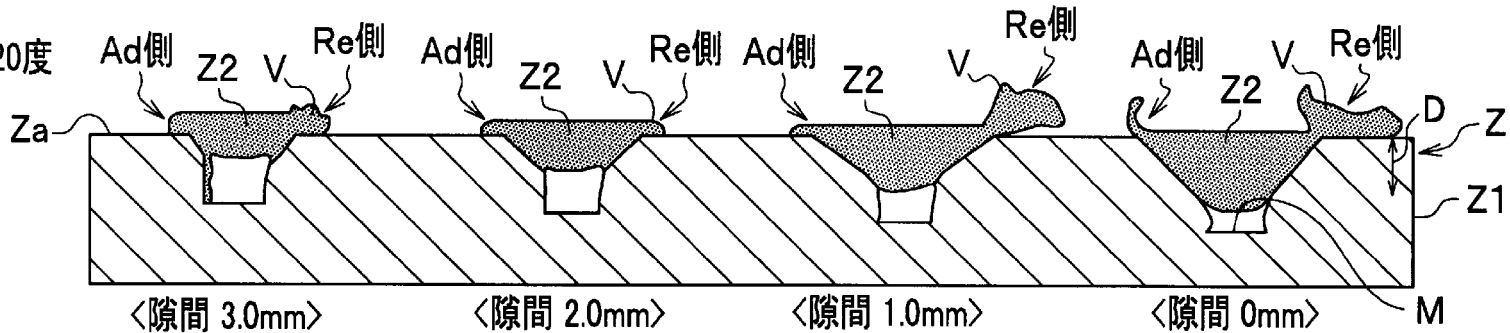
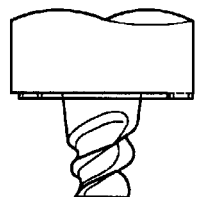
(b) <No.S2>

:螺旋溝の角度=30度

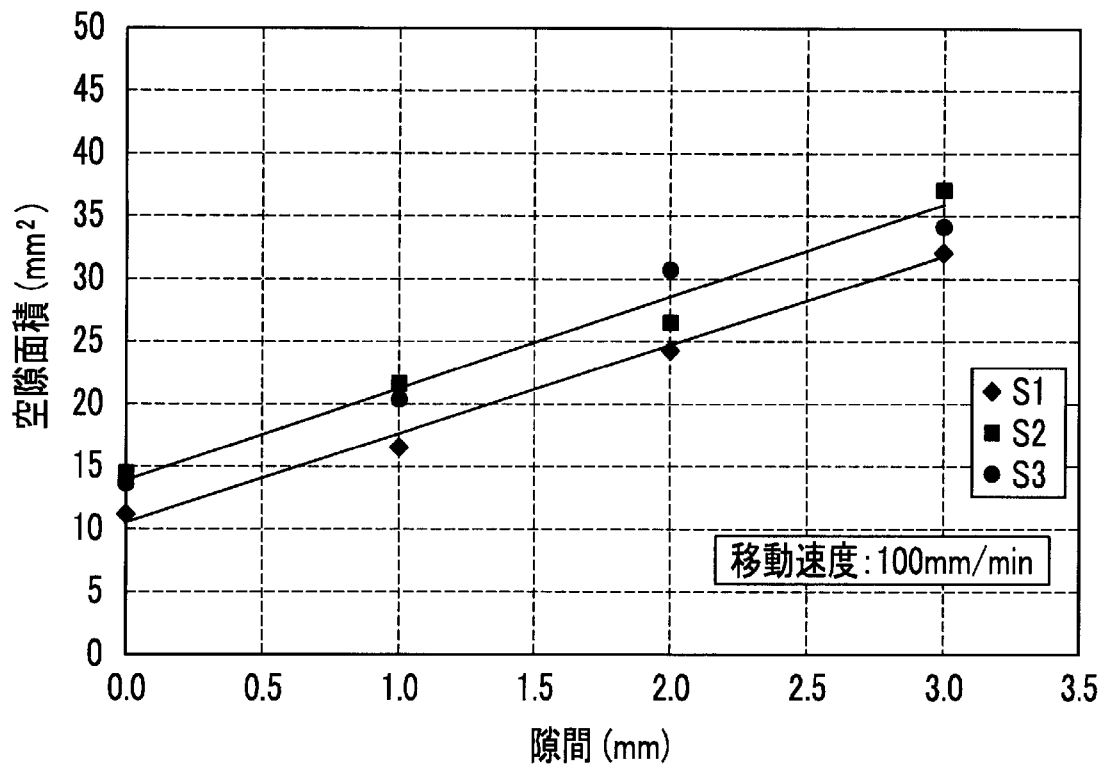


(c) <No.S3>

:螺旋溝の角度=20度

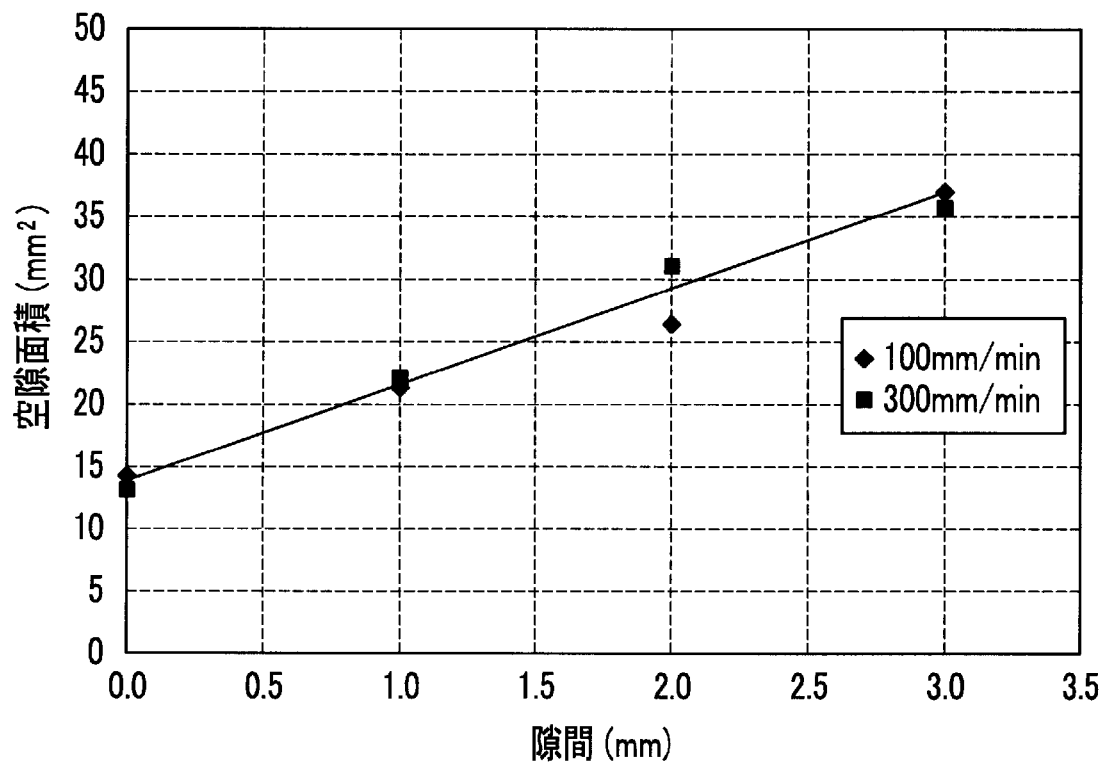


[図8]



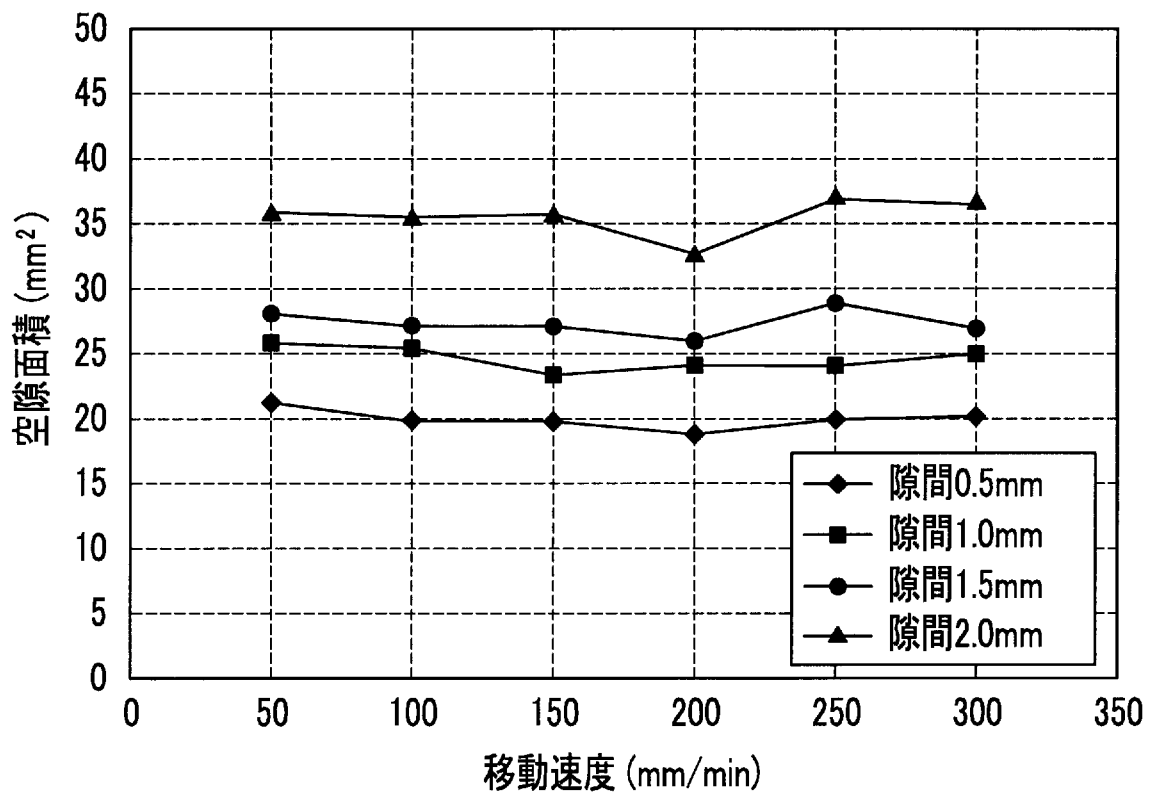
螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図9]



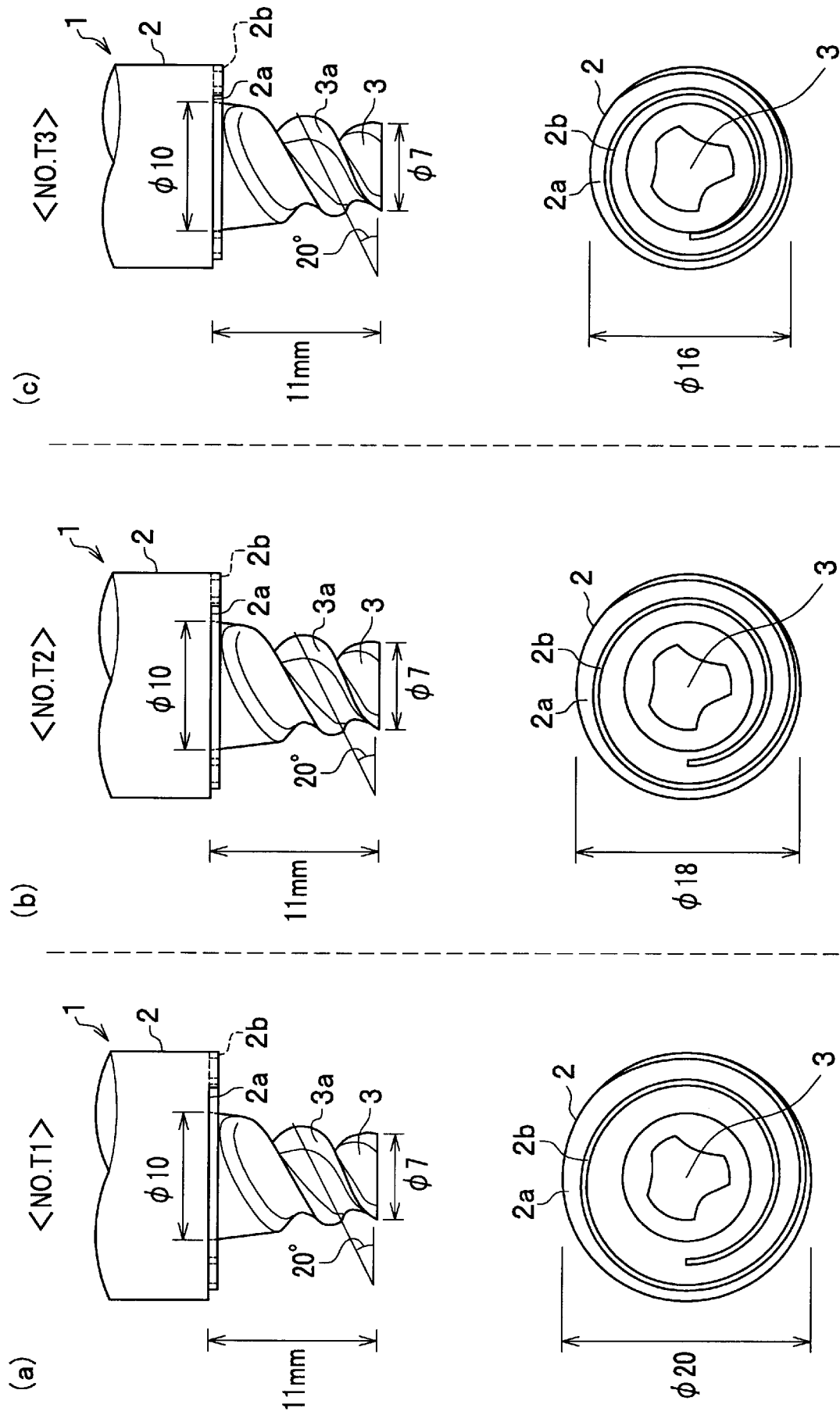
螺旋溝角度試験における空隙面積と隙間との関係(移動速度別)

[図10]



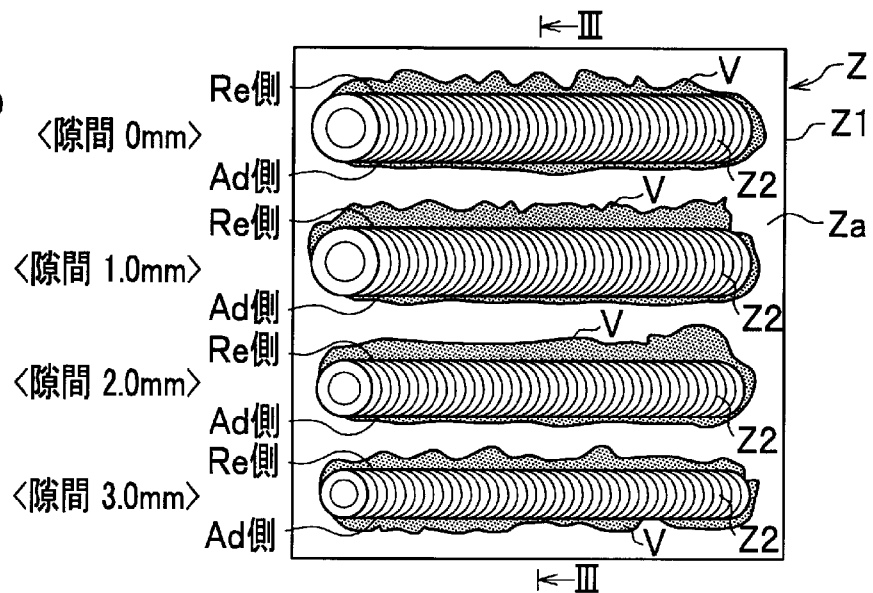
螺旋溝角度試験における空隙面積と移動速度との関係(隙間別)

[図11]

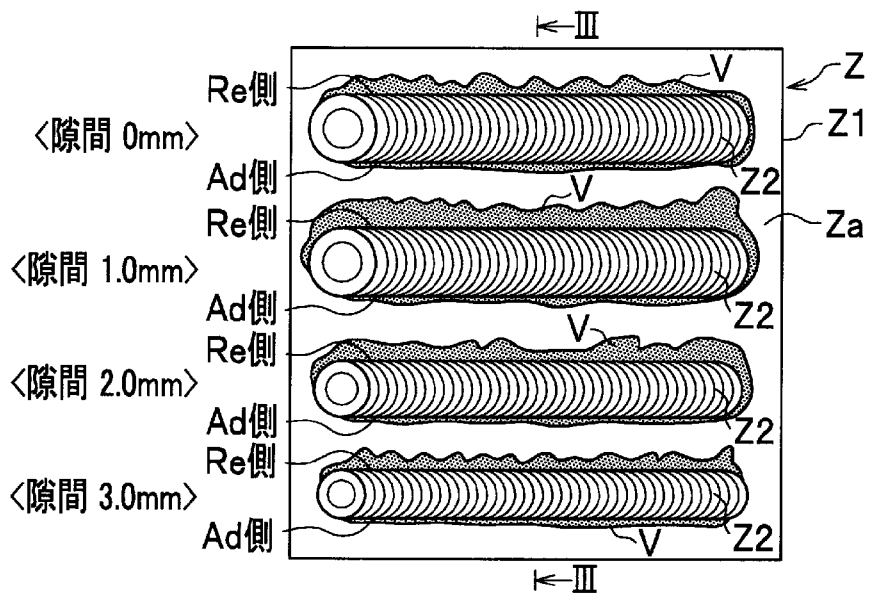


[図12]

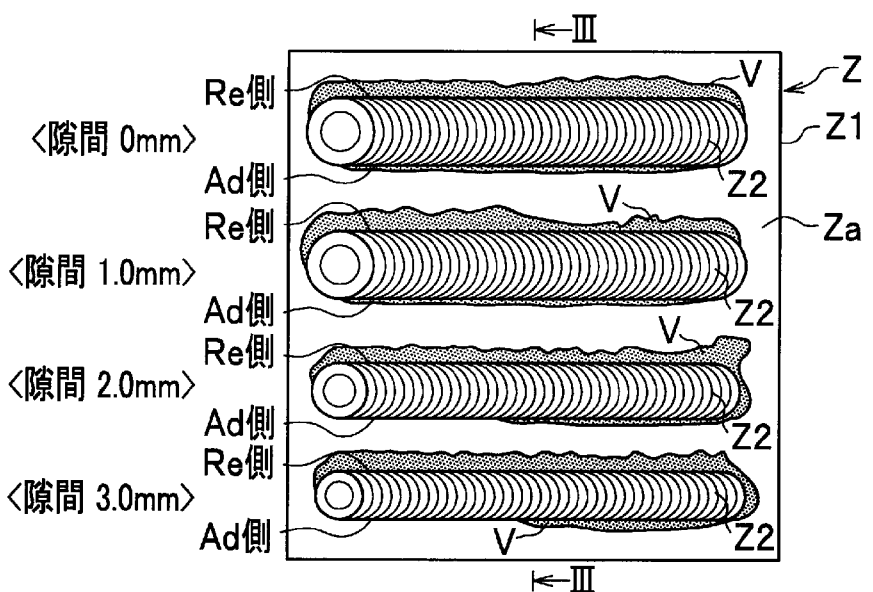
(a) <No.T1>

:ショルダー部の
外形=20mm

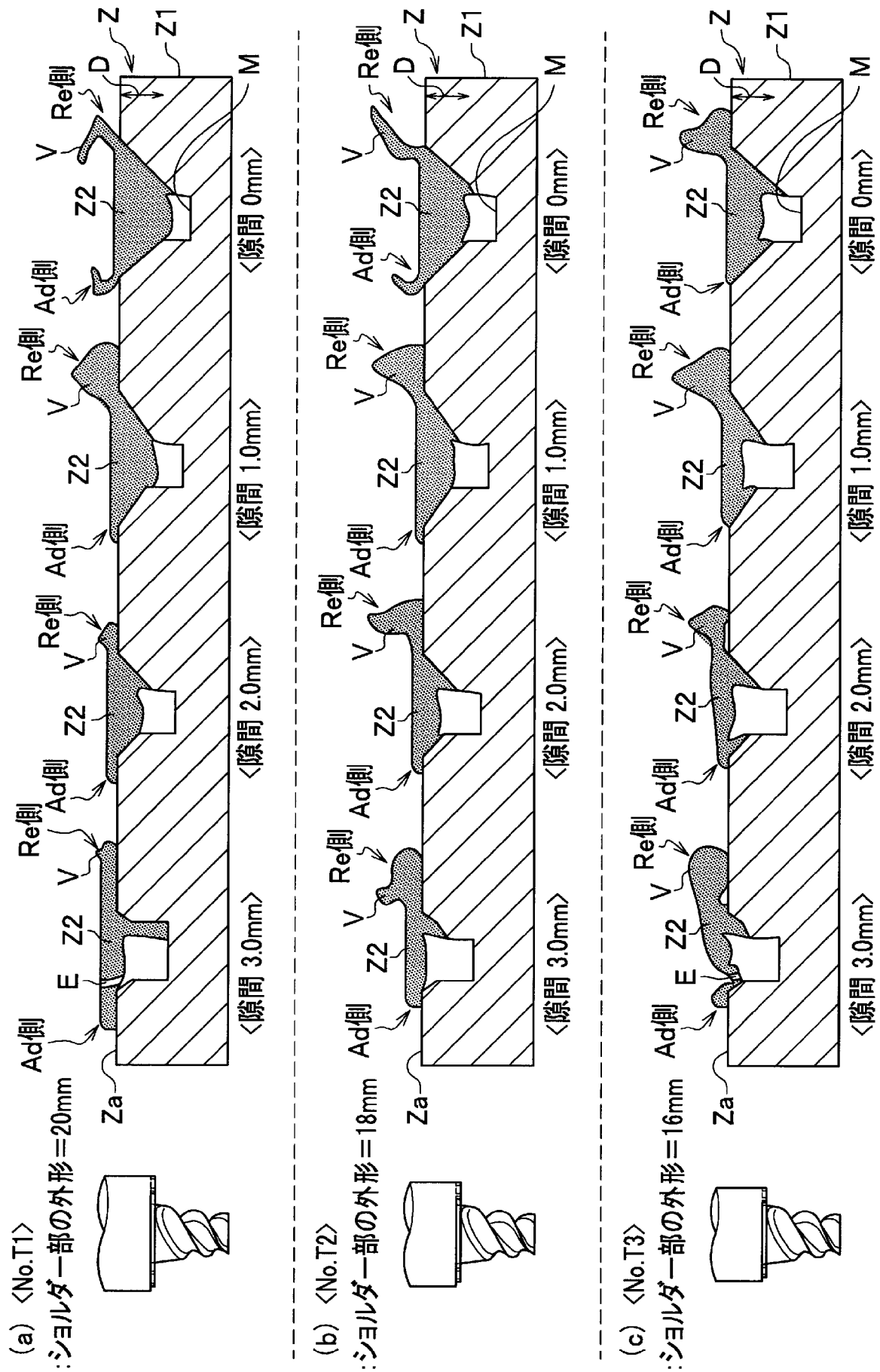
(b) <No.T2>

:ショルダー部の
外形=18mm

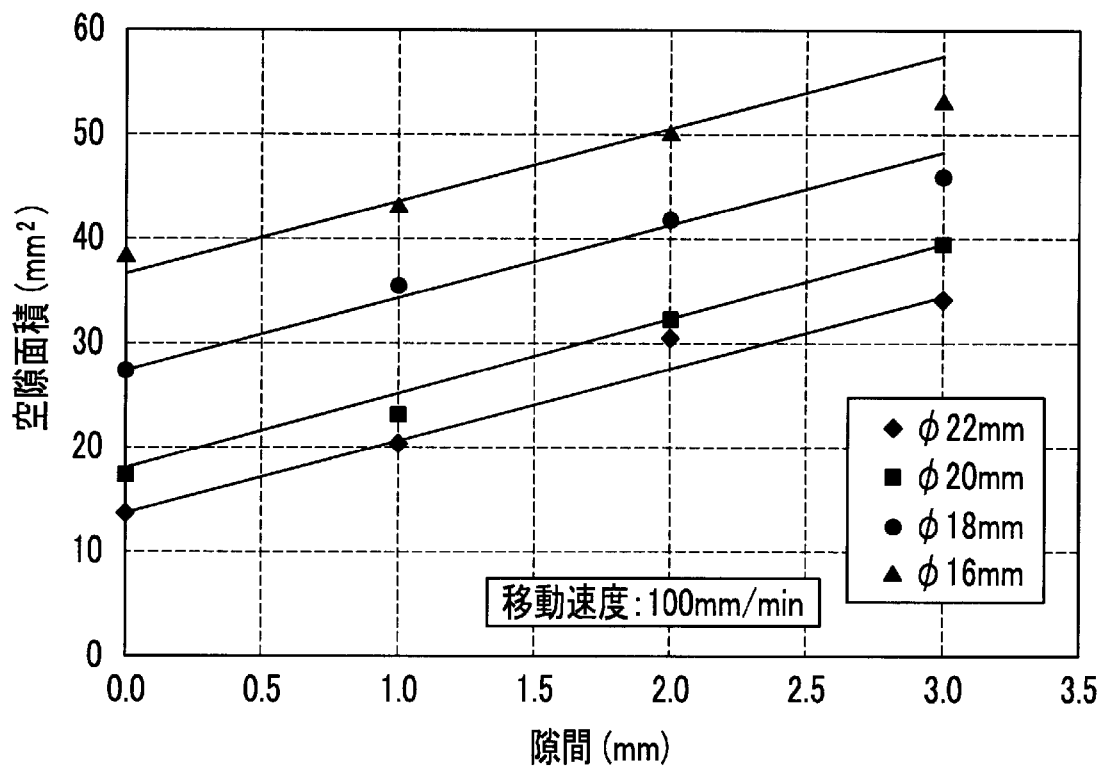
(c) <No.T3>

:ショルダー部の
外形=16mm

[図13]

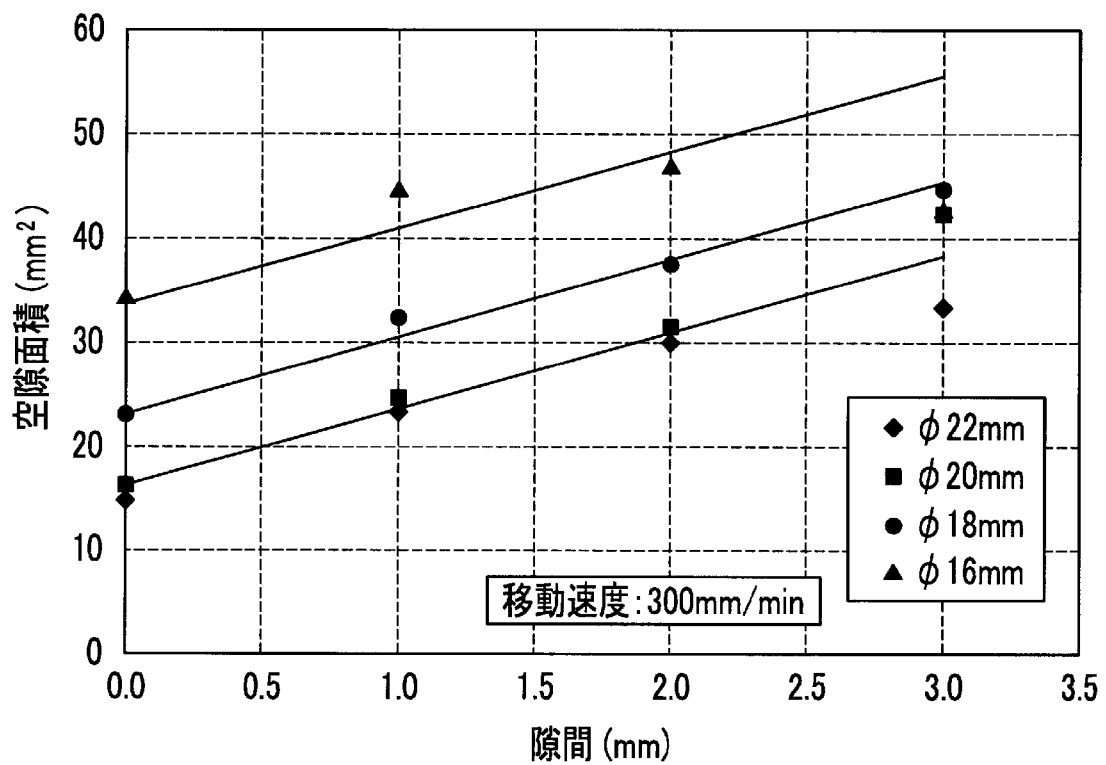


[図14]



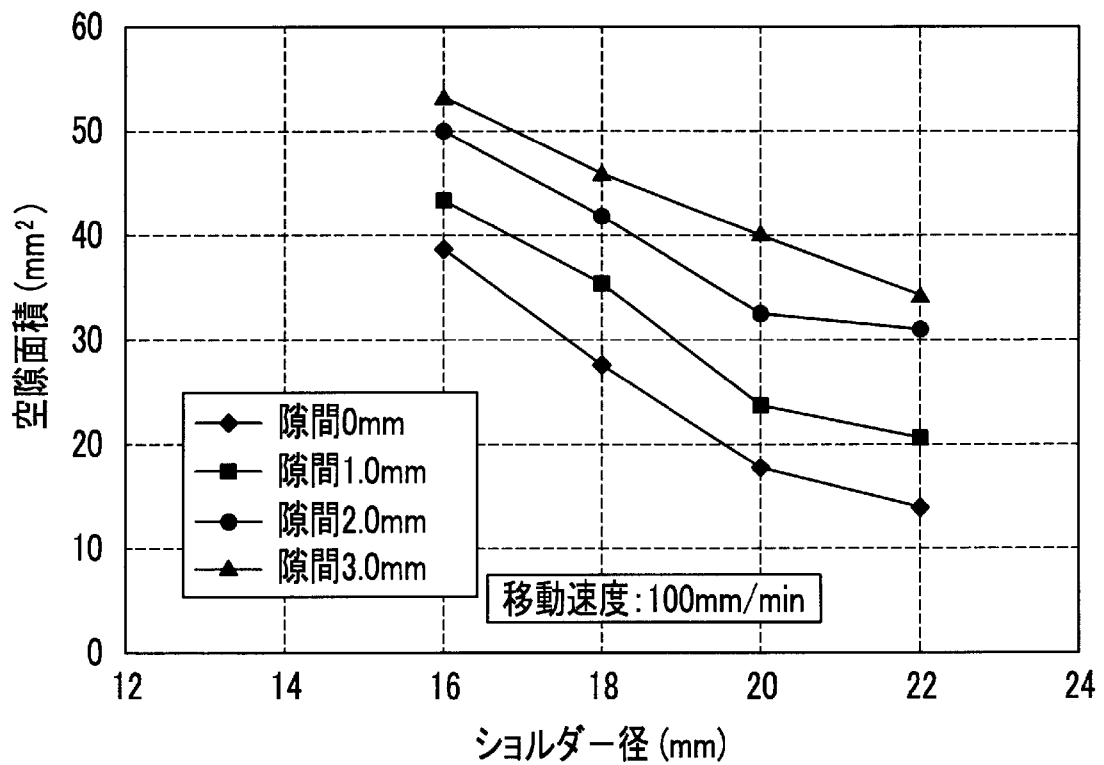
ショルダー部外径試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図15]



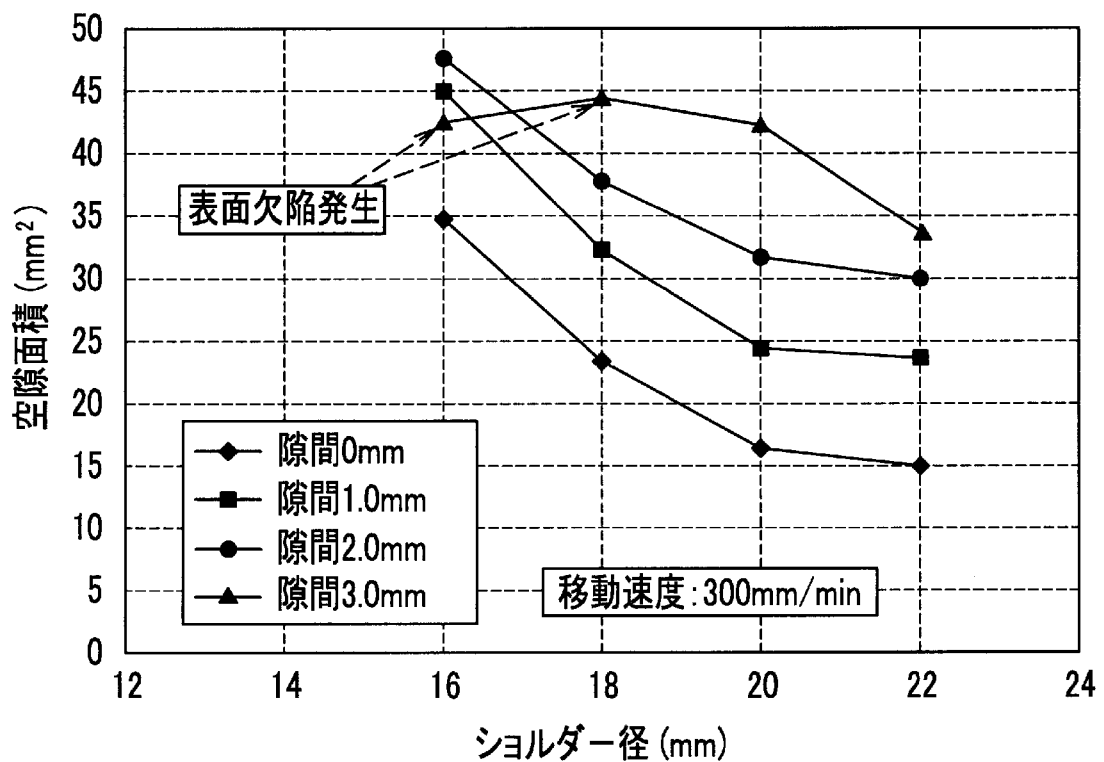
ショルダー部外径試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図16]



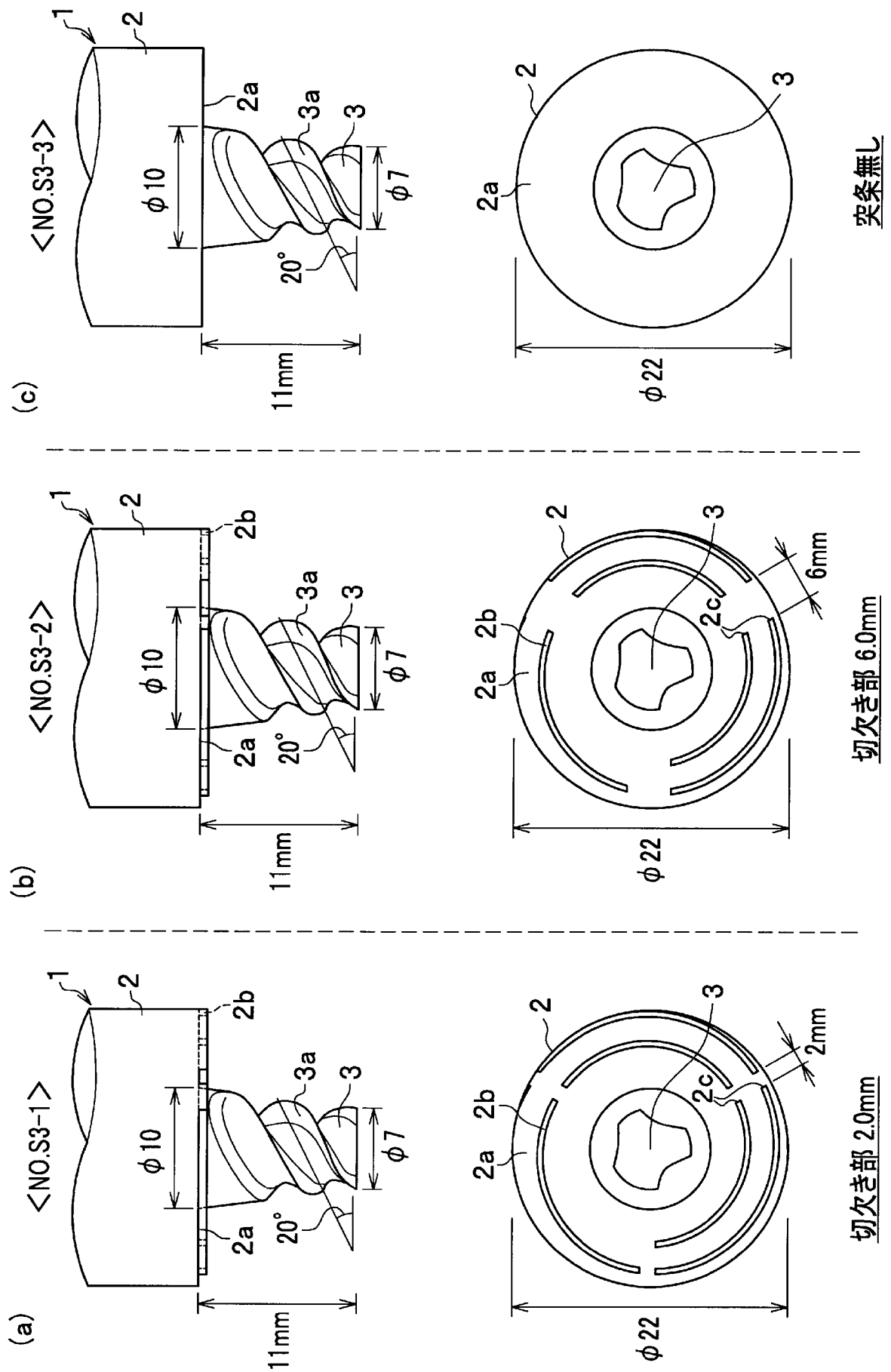
シOLDER一部外径試験における空隙面積とシOLDER部の外径との関係(隙間別)

[図17]

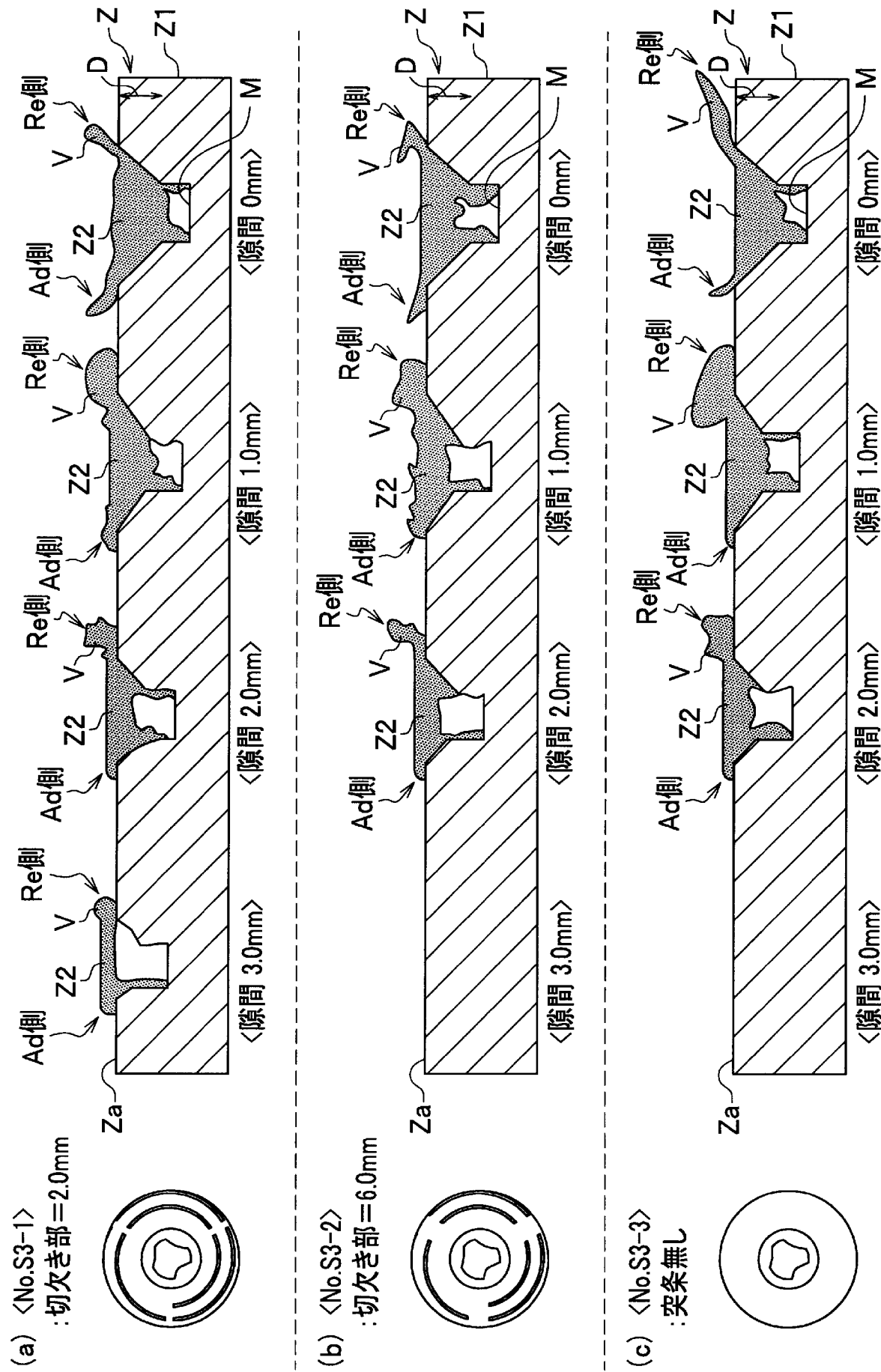


シOLDER一部外径試験における空隙面積とシOLDER部の外径との関係(隙間別)

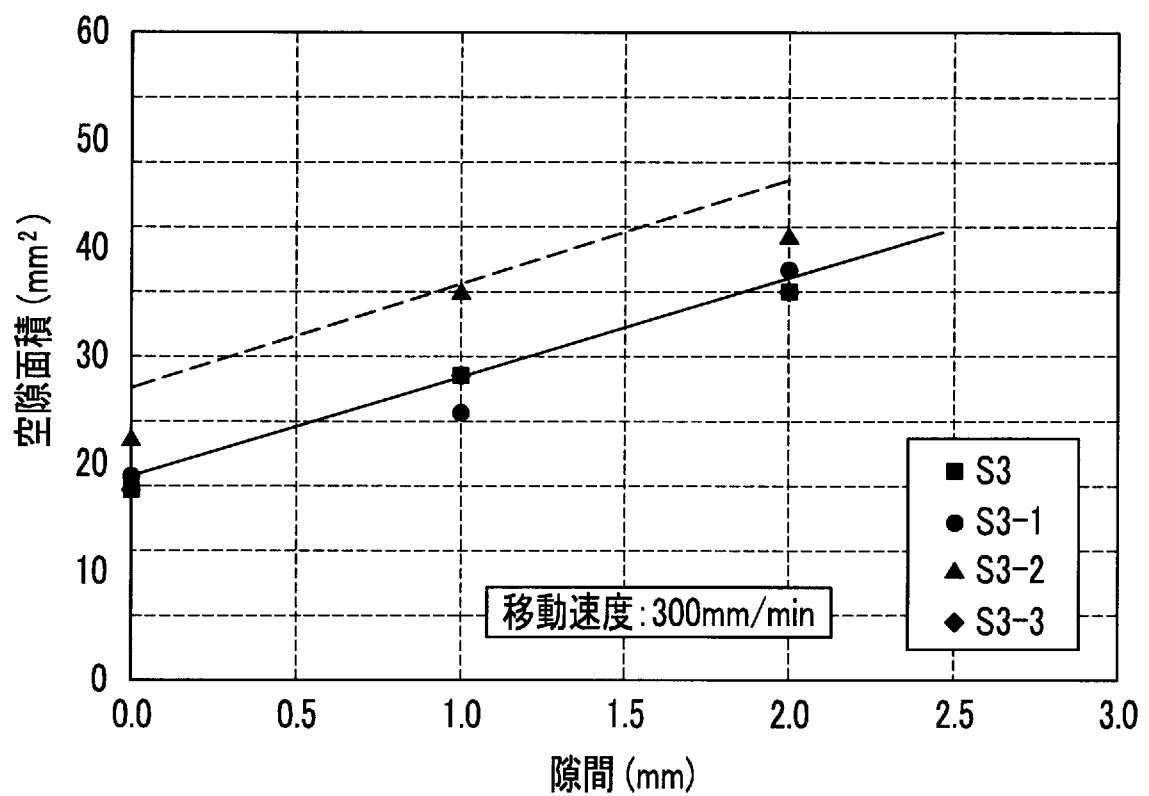
[図18]



[図19]



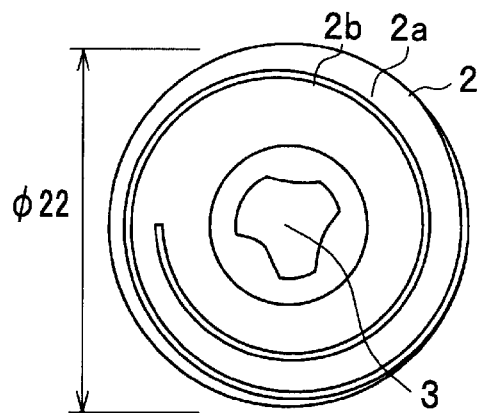
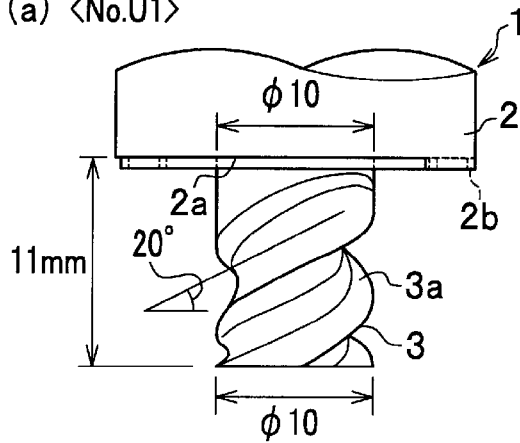
[図20]



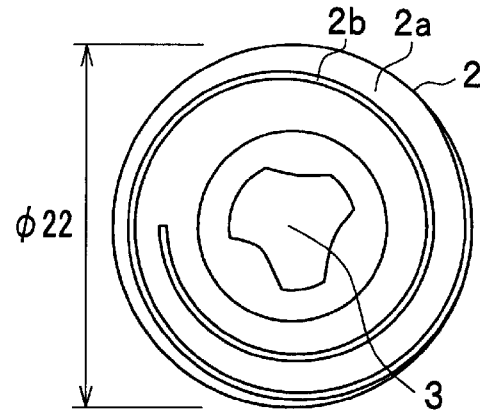
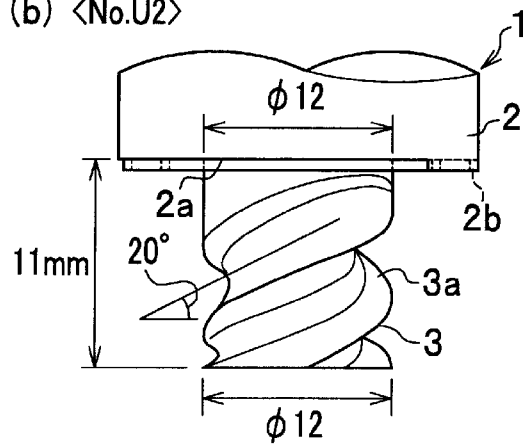
突条試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図21]

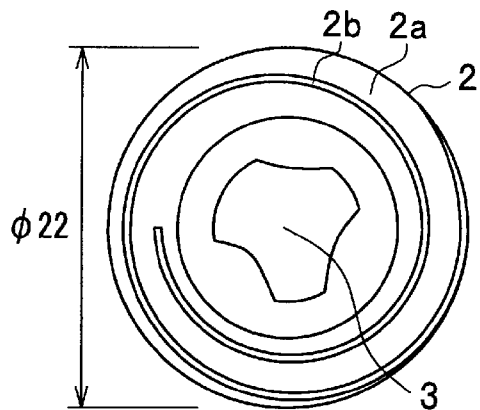
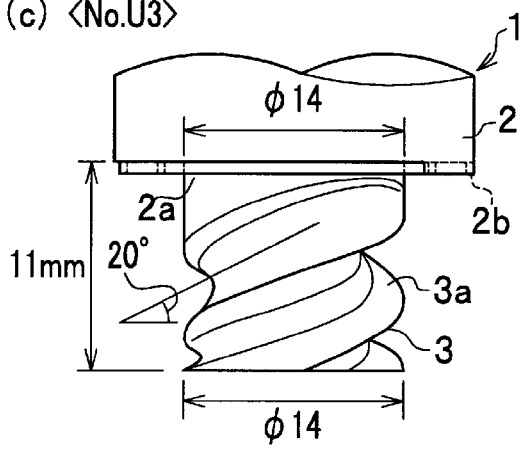
(a) <No.U1>



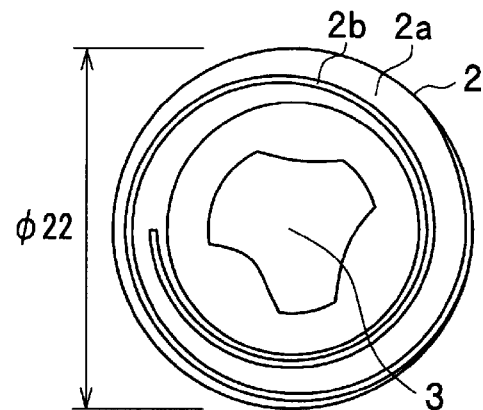
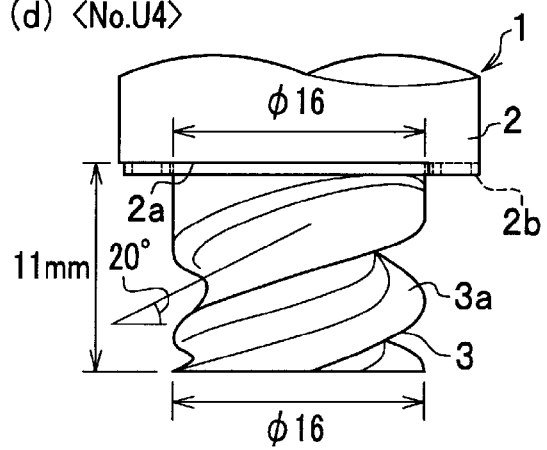
(b) <No.U2>



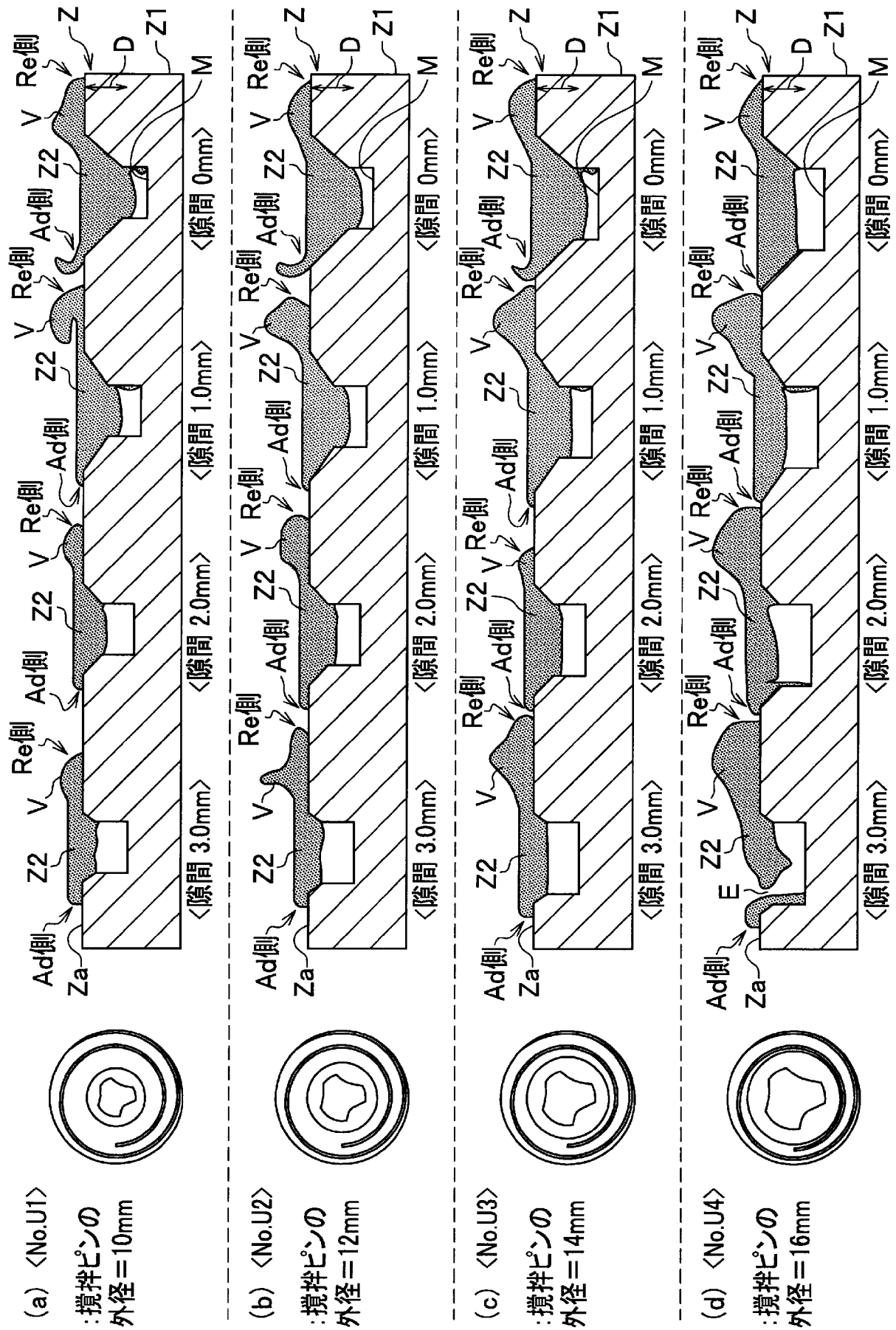
(c) <No.U3>



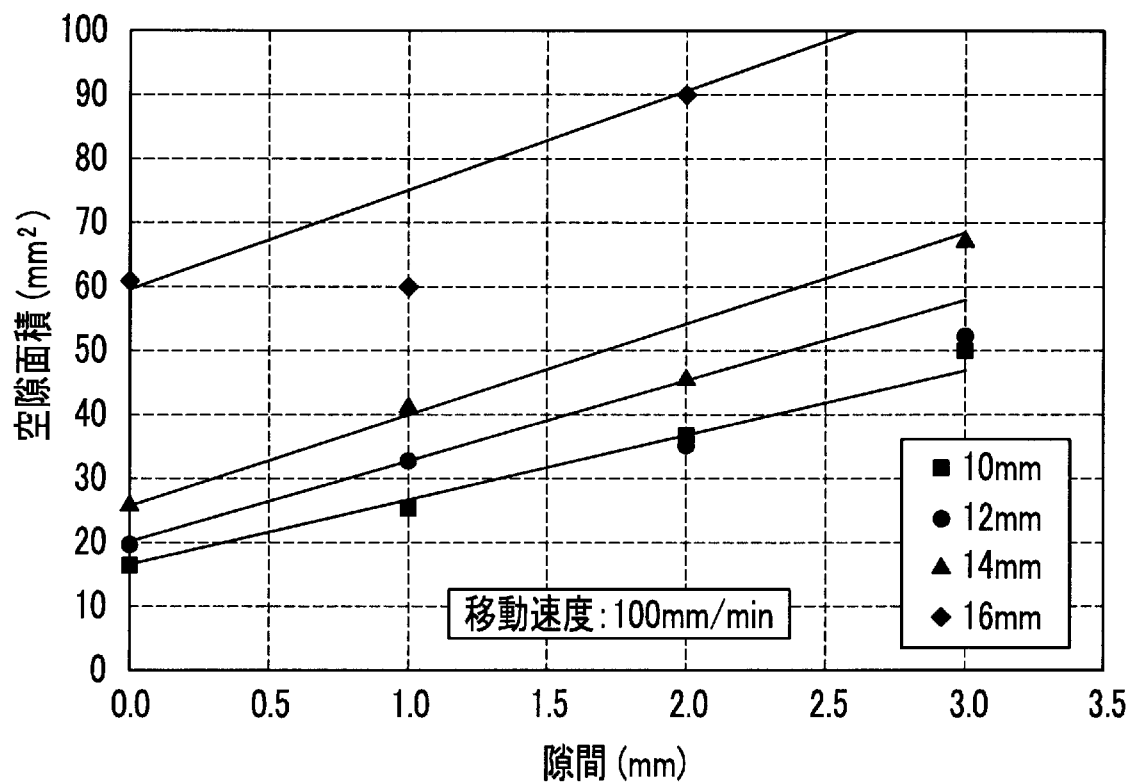
(d) <No.U4>



[図22]

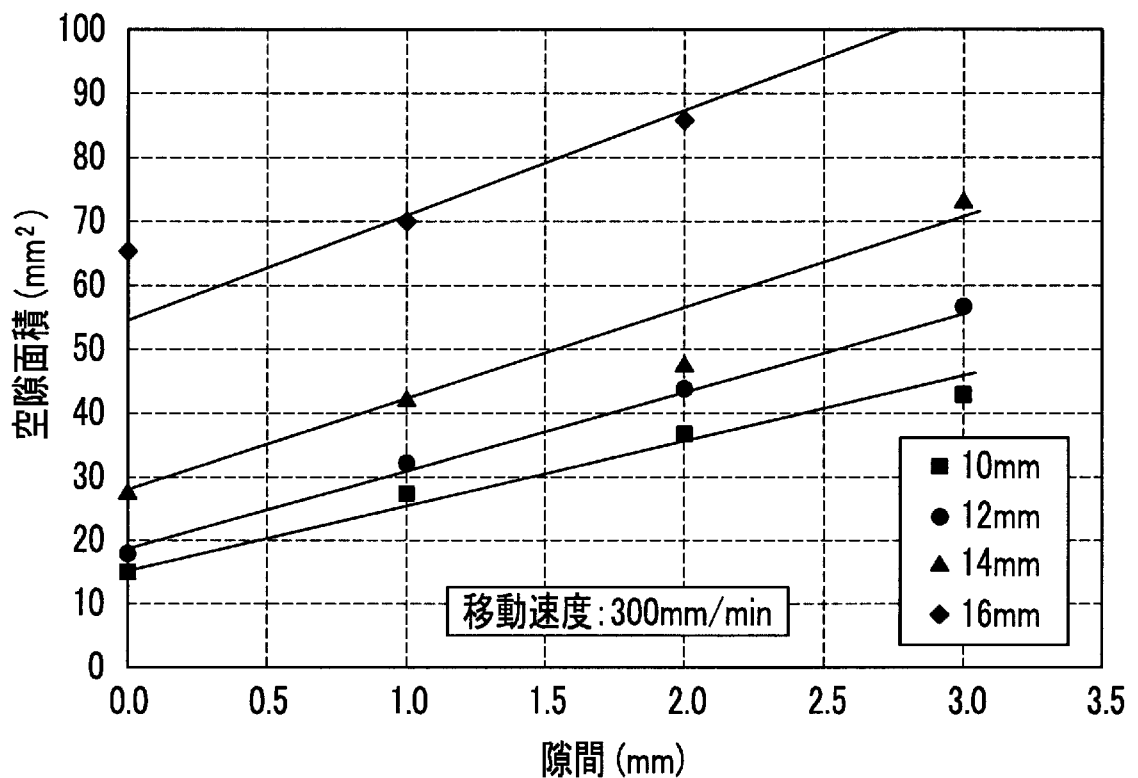


[図23]



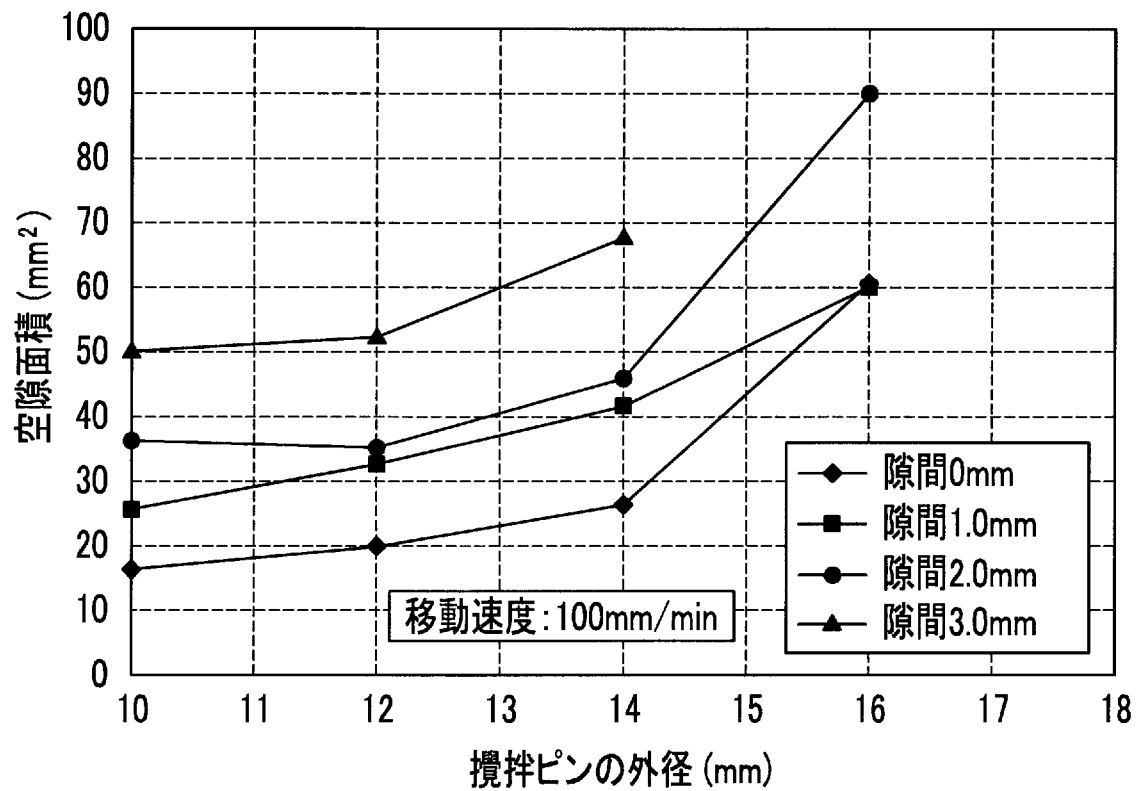
攪拌ピン外径試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図24]



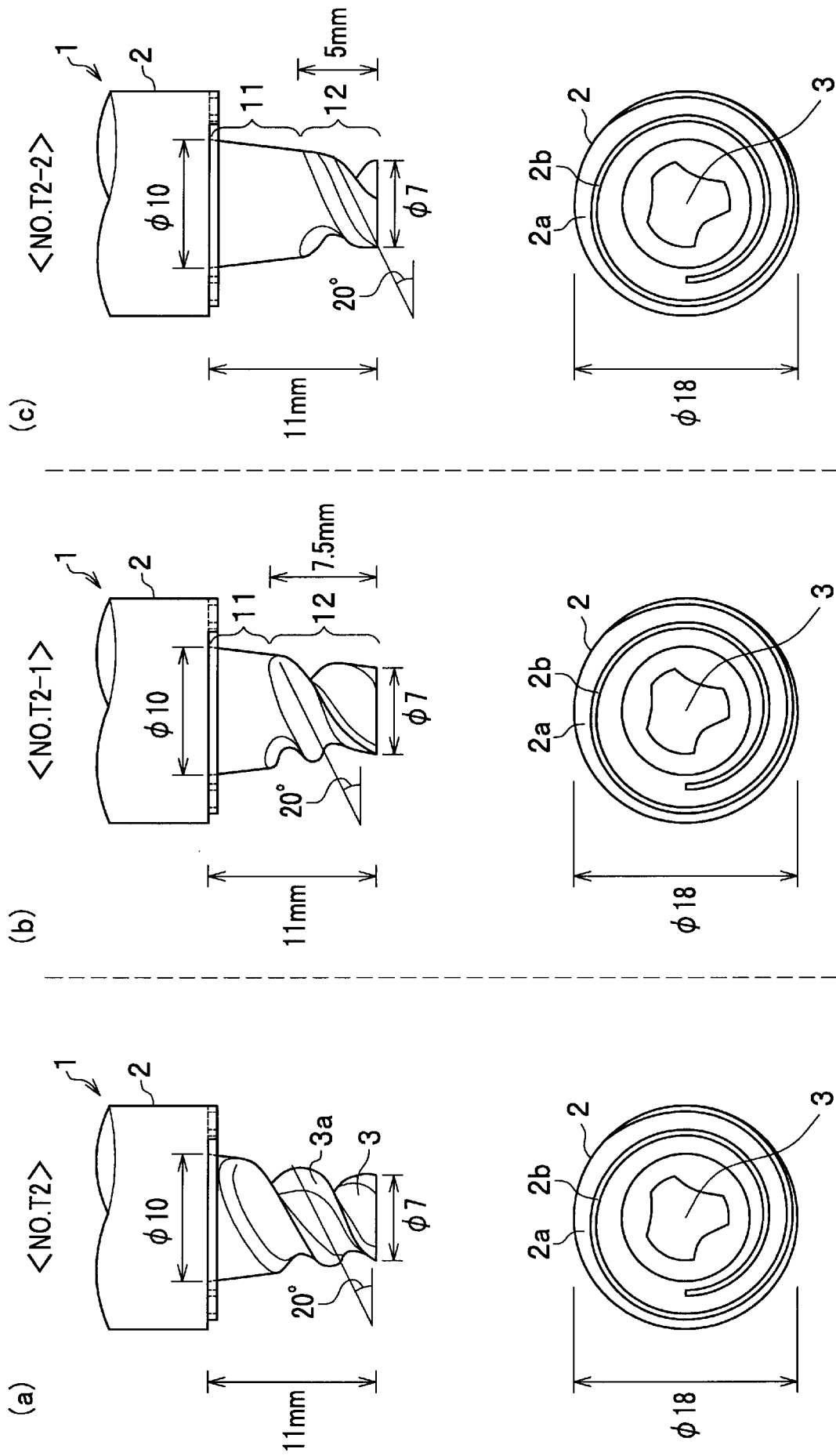
攪拌ピン外径試験における空隙面積と隙間との関係(ツール別)

[図25]



攪拌ピン外径試験における空隙面積と攪拌ピンの外径との関係(隙間別)

[図26]

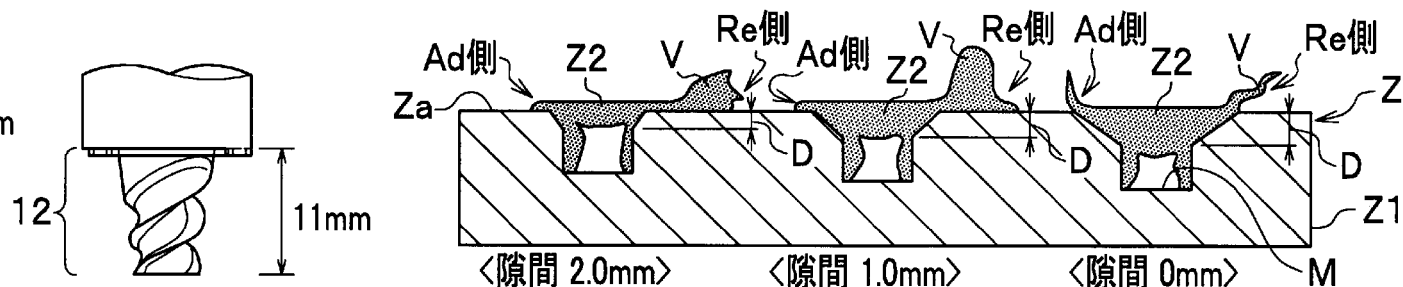


[図27]

(a) <No.T2>

:螺旋溝部の高さ=11mm

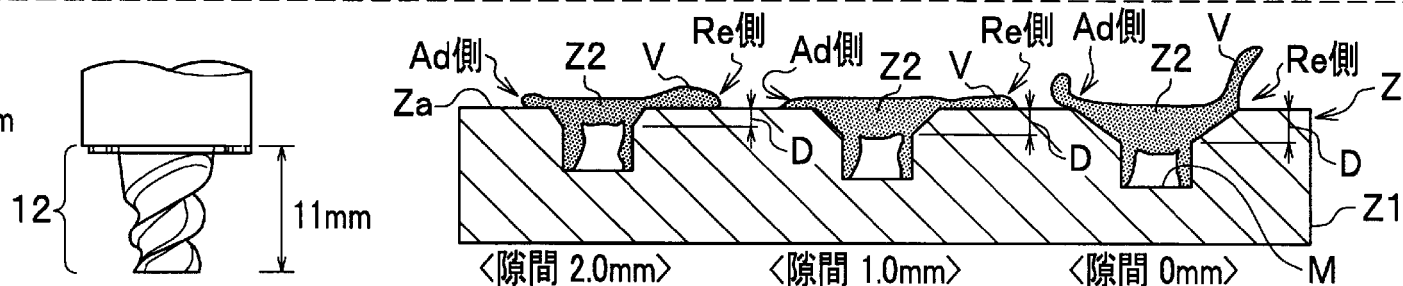
:回転数=800rpm



(b) <No.T2>

:螺旋溝部の高さ=11mm

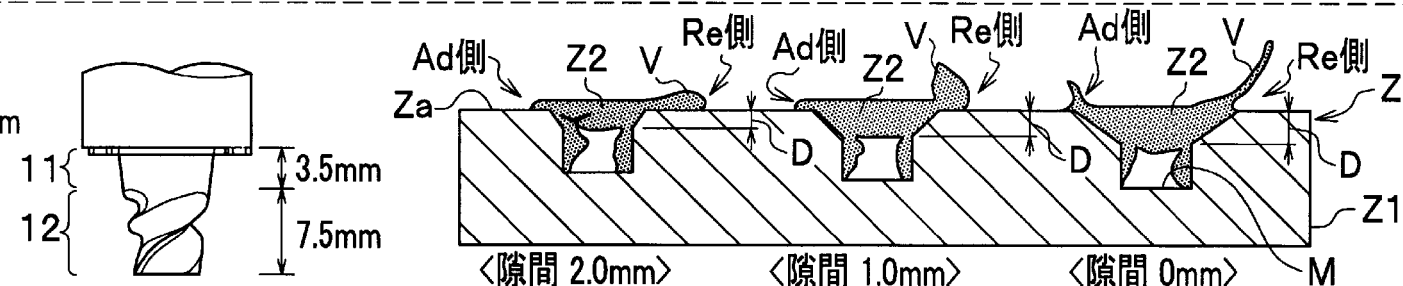
:回転数=1275rpm



(c) <No.T2-1>

:螺旋溝部の高さ=7.5mm

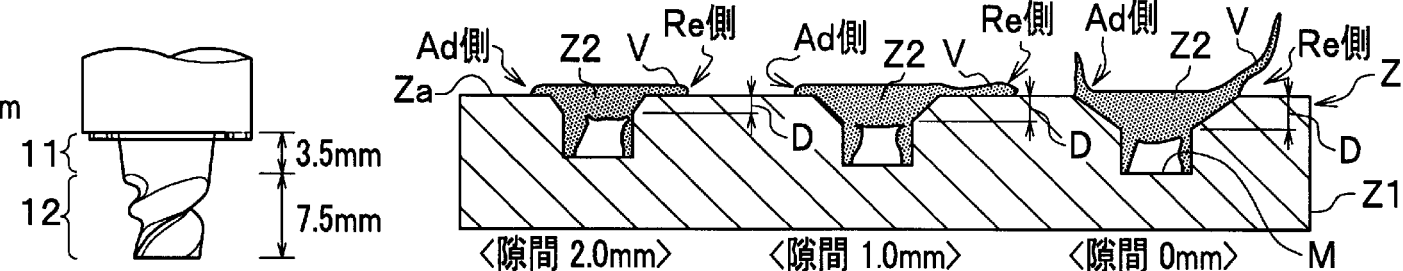
:回転数=800rpm



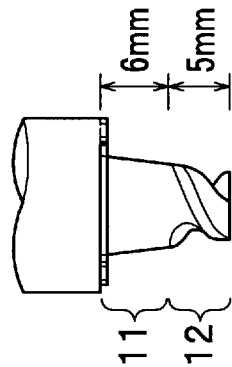
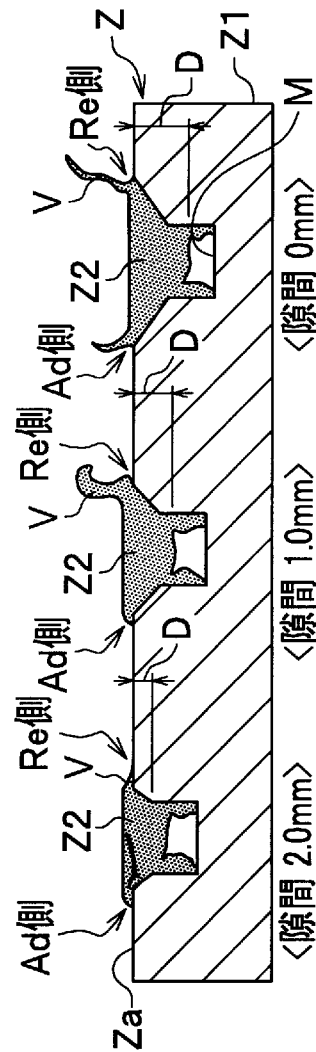
(d) <No.T2-1>

:螺旋溝部の高さ=7.5mm

:回転数=1275rpm



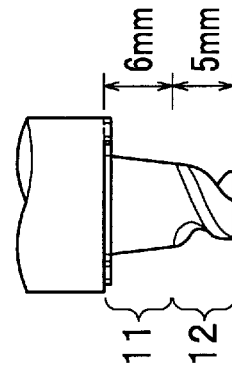
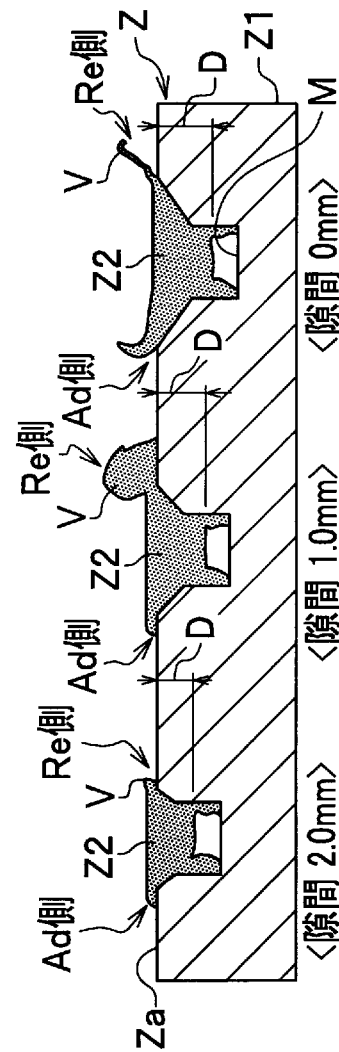
[図28]



(a) 〈No.T2-2〉

: 螺旋溝部の高さ=5mm

: 回転数=800rpm

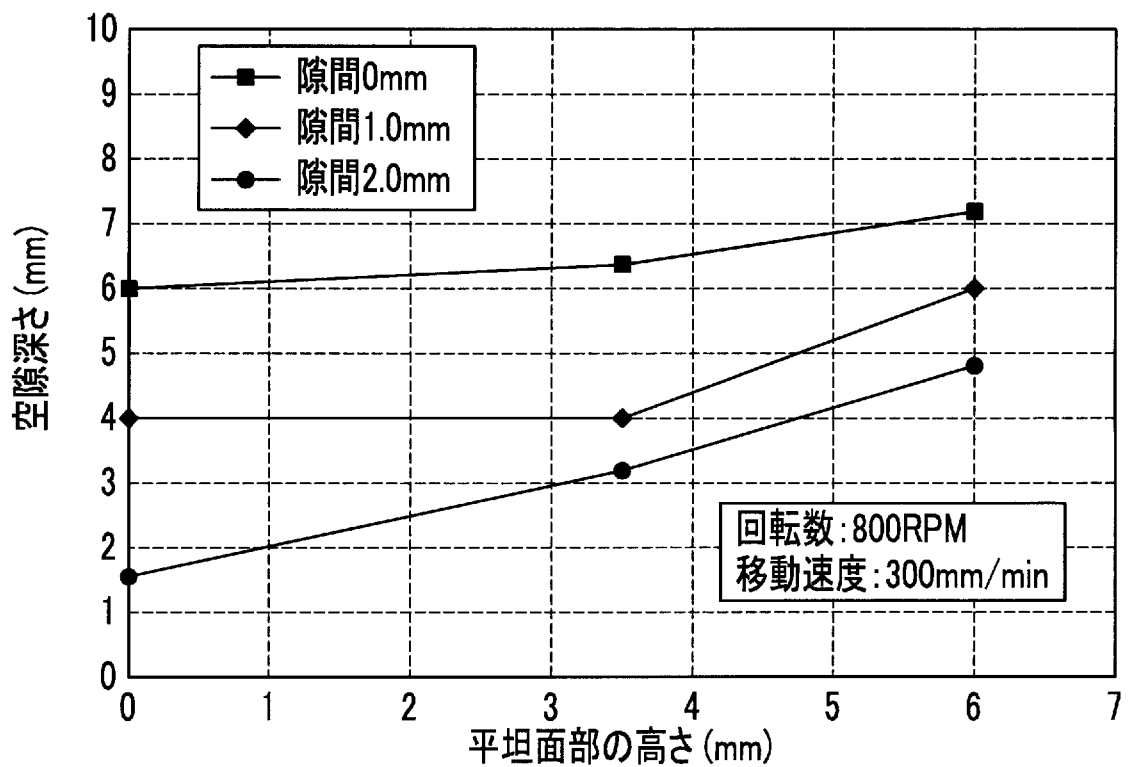


(b) 〈No.T2-2〉

: 螺旋溝部の高さ=5mm

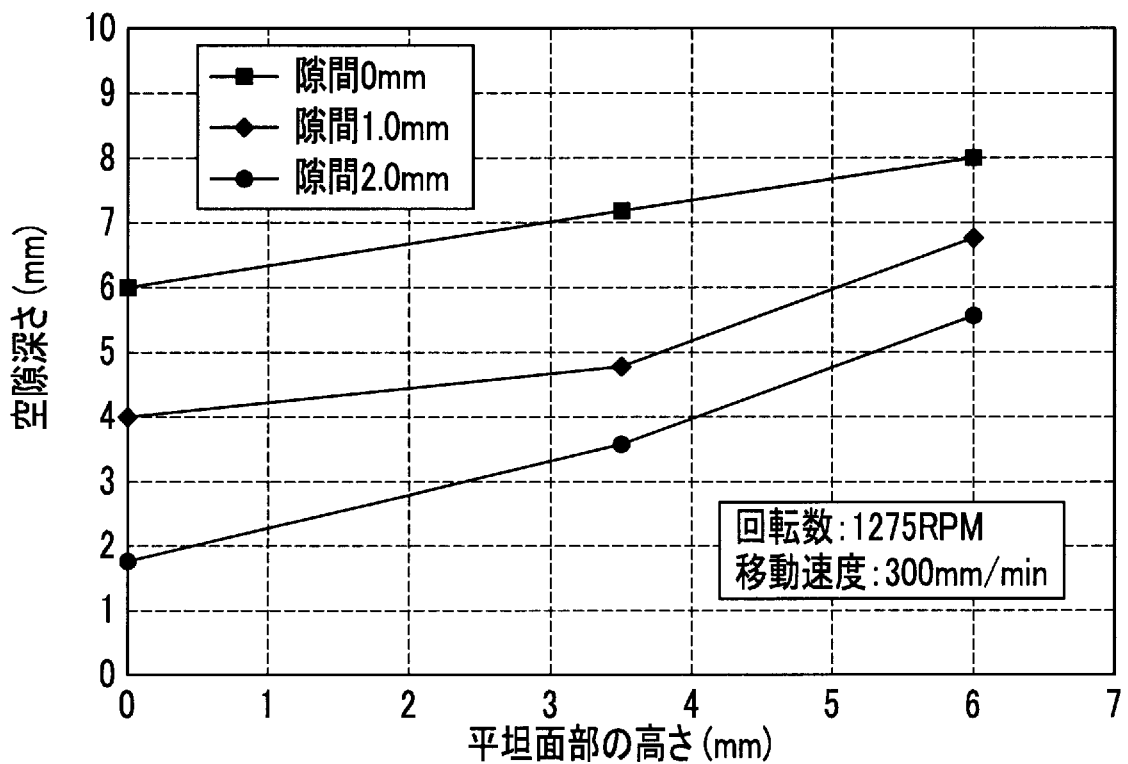
: 回転数=1275rpm

[図29]



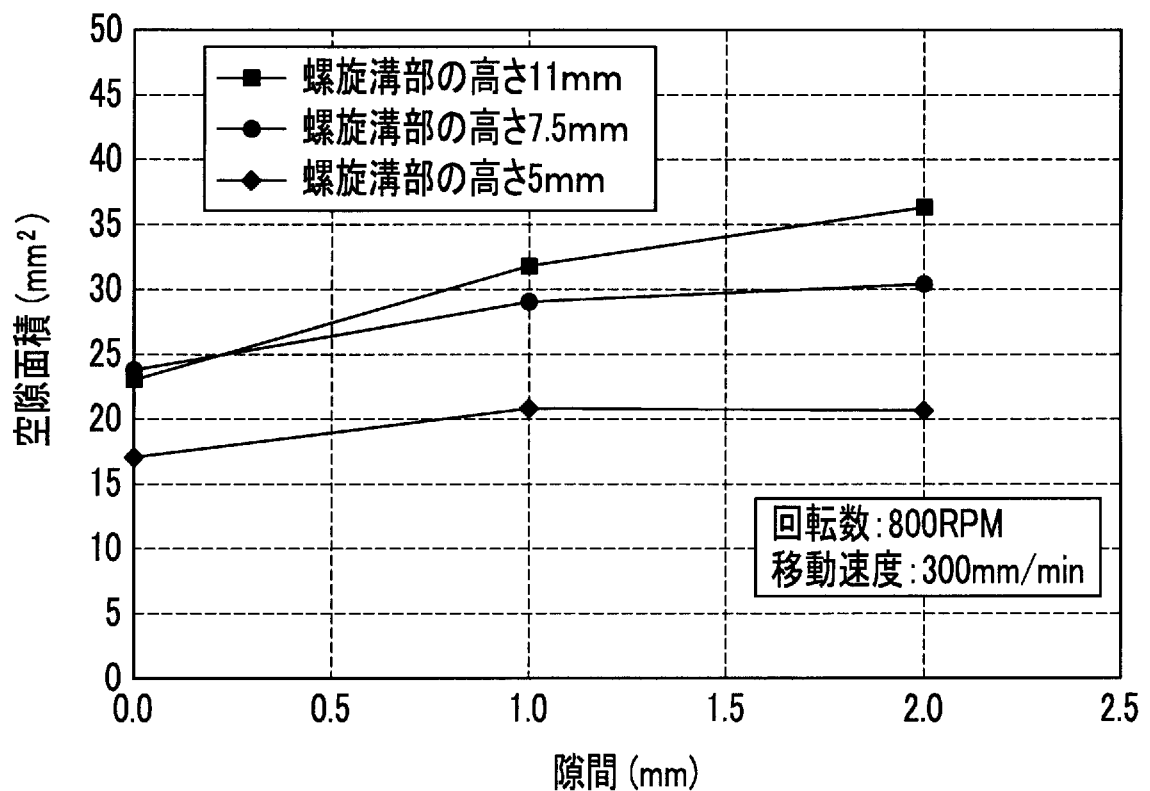
平坦面部の高さ (mm)
(攪拌ピン長さ-螺旋溝部の高さ)
空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係(隙間別)

[図30]



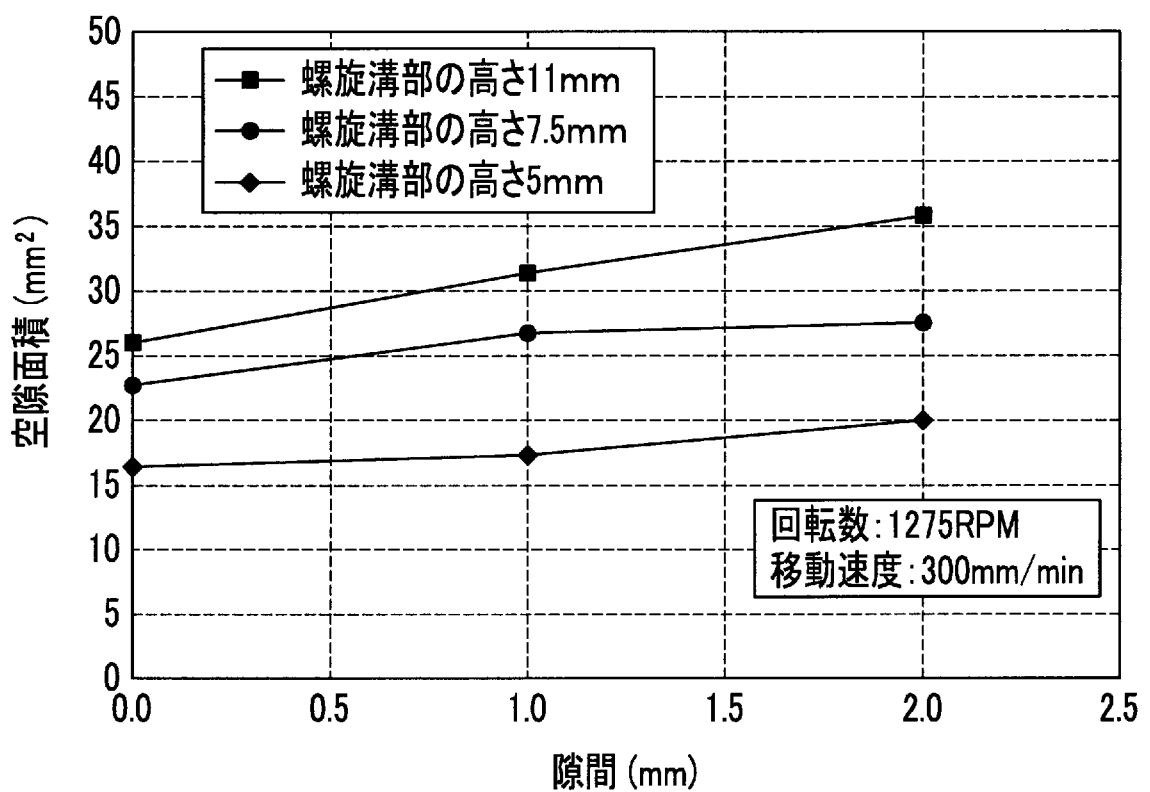
平坦面部の高さ (mm)
(攪拌ピン長さ-螺旋溝部の高さ)
空隙深さ試験における空隙深さと平坦面部の高さとの関係(隙間別)

[図31]



空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係(螺旋溝部の高さ別)

[図32]



空隙深さ試験における空隙面積と隙間との関係(螺旋溝部の高さ別)

[図33]

ツール	隙間 (mm)	ショルダー一部 の外径 X1 (mm)	攪拌ピン先端 の外径 Y2 (mm)	X1/Y2	状況
NO.S1 NO.S2 NO.S3 NO.S3-1 NO.S3-2 NO.S3-3	0	22	7	3.14	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				○
NO.T1	0	20	7	2.86	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				×
NO.T2 NO.T2-1 NO.T2-2	0	18	7	2.57	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				○
NO.T3	0	16	7	2.29	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				×

[図34]

ツール	隙間 (mm)	ショルダー部 の外径 X1 (mm)	攪拌ピン先端 の外径 Y2 (mm)	X1/Y2	状況
NO.U1	0	22	10	2.2	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				○
NO.U2	0	22	12	1.83	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				○
NO.U3	0	22	14	1.57	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				○
NO.U4	0	22	16	1.38	○
	1.0				○
	2.0				○
	3.0				×

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064934

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K20/12 (2006.01) i

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)

B23K20/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 Y A	JP 2003-48083 A (Mazda Motor Corp.), 18 February 2003 (18.02.2003), page 3, left column, line 45 to page 5, left column, line 21; fig. 1 to 7 (Family: none)	1, 3, 5 4, 8, 9 2, 6, 7
X Y A	JP 2001-347361 A (Mazda Motor Corp.), 18 December 2001 (18.12.2001), page 3, left column, line 50 to page 5, left column, line 41; drawings (Family: none)	1, 3, 7 8, 9 2, 4-6
X Y A	JP 2006-43730 A (Honda Motor Co., Ltd.), 16 February 2006 (16.02.2006), page 6, lines 14 to 29; fig. 4 (Family: none)	1, 3 8, 9 2, 4-7

☒ 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
16 September, 2011 (16.09.11)

Date of mailing of the international search report
04 October, 2011 (04.10.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064934

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2008-162280 A (General Electric Co.), 17 July 2008 (17.07.2008), page 4, line 29 to page 5, line 25; fig. 2 & US 2008/0156411 A1 & US 2009/0098369 A1 & EP 1941987 A1	1, 3, 7 8, 9 2, 4-6
Y	JP 2003-326371 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 18 November 2003 (18.11.2003), page 4, left column, line 12 to page 5, right column, line 35; fig. 1 to 4 (Family: none)	4
Y	JP 11-47961 A (Showa Aluminum Corp.), 23 February 1999 (23.02.1999), page 2, right column, line 21 to page 4, right column, line 17; fig. 1 to 5 (Family: none)	8, 9
A	JP 2002-1552 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 08 January 2002 (08.01.2002), entire text; drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2002-96158 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 02 April 2002 (02.04.2002), entire text; drawings & WO 2002/024382 A1 & AU 8808001 A	1-9
A	JP 2003-136256 A (Mazda Motor Corp.), 14 May 2003 (14.05.2003), entire text; drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2003-225778 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 12 August 2003 (12.08.2003), entire text; drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2004-522591 A (Svensk Kaernbraenslehantering AB.), 29 July 2004 (29.07.2004), entire text; drawings & US 2004/0195291 A1 & EP 1385665 A & WO 2002/092273 A1 & CA 2446594 A	1-9
A	JP 2009-106978 A (Hitachi, Ltd.), 21 May 2009 (21.05.2009), entire text; drawings (Family: none)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064934

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2010-253534 A (OSG Corp.), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text; drawings (Family: none)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064934

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064934

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Claim 1 defines "a turning hollowing tool which is used to form a hollow in a metal member by frictional stirring." However, although it is set forth in claim 1 that the turning tool has a shoulder portion and a stirring pin, and a helical groove is formed on the outer circumferential surface of the stirring pin, a typical jointing tool for jointing by frictional stirring is also provided with these features. Furthermore, although it is also set forth in claim 1 that the ratio between the outer diameter of the shoulder portion and the outer diameter of an end of the stirring pin is defined within a numerical range, this feature is not concerned with whether the feature is employed for jointing or for forming a hollow but is a form factor of the jointing tool, and thus cannot be considered to be a special factor for forming a hollow. Accordingly, if the invention of claim 1 is examined as "a turning tool for frictional stirring", the prior art search revealed that the invention of claim 1 is disclosed in the Documents 1-4 which are cited in the present search report.

Consequently, the invention in claim 1 cannot be considered to be novel in the light of the invention described in the document 1 and does not have a special technical feature, and therefore, six inventions (invention groups) each having a special technical feature indicated below are involved in claims.

Meanwhile, the invention in claim 1 having no special technical feature is classified into invention 1.

- (Invention 1) the inventions in claims 1, 2, 8 and 9
- (Invention 2) the invention in claim 3
- (Invention 3) the invention in claim 4
- (Invention 4) the invention in claim 5
- (Invention 5) the invention in claim 6
- (Invention 6) the invention in claim 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23K20/12 (2006.01) i

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（I P C））

Int.Cl. B23K20/12

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 Y A	JP 2003-48083 A（マツダ株式会社）2003.02.18, 第3ページ左欄第45行－第5ページ左欄第21行、及び図1－図7 （ファミリーなし）	1, 3, 5 4, 8, 9 2, 6, 7
X Y A	JP 2001-347361 A（マツダ株式会社）2001.12.18, 第3ページ左欄第50行－第5ページ左欄第41行、及び図面（ファ ミリーなし）	1, 3, 7 8, 9 2, 4-6

☒ 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矛盾するものではなく、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

1 6 . 0 9 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 4 . 1 0 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松本 公一

3 P

3 5 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4

C (続き) . 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 Y A	JP 2006-43730 A (本田技研工業株式会社) 2006. 02. 16, 第 6 ページ第 14 行ー第 29 行、及び図 4 (ファミリーなし)	1, 3 8, 9 2, 4-7
X Y A	JP 2008-162280 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2008. 07. 17, 第 4 ページ第 29 行ー第 5 ページ第 25 行、及び図 2 & US 2008/0156411 A1 & US 2009/0098369 A1 & EP 1941987 A1	1, 3, 7 8, 9 2, 4-6
Y	JP 2003-326371 A (三菱重工業株式会社) 2003. 11. 18, 第 4 ページ左欄第 12 行ー第 5 ページ右欄第 35 行、及び図 1 ー図 4 (ファミリーなし)	4
Y	JP 11-47961 A (昭和アルミニウム株式会社) 1999. 02. 23, 第 2 ページ右欄第 21 行ー第 4 ページ右欄第 17 行、及び図 1 ー図 5 (ファミリーなし)	8, 9
A	JP 2002-1552 A (川崎重工業株式会社) 2002. 01. 08, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2002-96158 A (日本軽金属株式会社) 2002. 04. 02, 全文及び図面 & WO 2002/024382 A1 & AU 8808001 A	1-9
A	JP 2003-136256 A (マツダ株式会社) 2003. 05. 14, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2003-225778 A (日本軽金属株式会社) 2003. 08. 12, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2004-522591 A (スヴェンスク ケルンブレンスレハンテリング アクチボラゲット) 2004. 07. 29, 全文及び図面 & US 2004/0195291 A1 & EP 1385665 A & WO 2002/092273 A1 & CA 2446594 A	1-9
A	JP 2009-106978 A (株式会社日立製作所) 2009. 05. 21, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-9
P, A	JP 2010-253534 A (オーエスジー株式会社) 2010. 11. 11, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-9

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

特別ページを参照のこと。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項 1 には、「摩擦攪拌によって金属部材の内部に空隙を形成する際に使用される空隙形成用回転ツールであって」と記載されている。

しかしながら、請求項 1 には、回転ツールがショルダー部と攪拌ピンとを有する点、及び攪拌ピンの外周面に螺旋溝が形成されている点が記載されているものの、これらの点は、通常の摩擦攪拌接合を行う接合ツールが備えている特徴であり、また、請求項 1 には、ショルダー部の外径と攪拌ピンの先端の外径との比率を数値範囲にて限定する点が記載されているものの、この点は、接合ツールの形状因子であって接合するために使用されるか又は空隙を形成するために使用されるかについて、空隙を形成するための特別な因子とは認められない。

そこで、請求項 1 に係る発明を「摩擦攪拌を行う回転ツール」として検討すると、先行技術調査の結果、請求項 1 に係る発明は、本報告で引用されている文献 1－4 にいずれも記載されているものと認められる。

そうであれば、請求項 1 に係る発明は、文献 1 に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しないから、請求の範囲には、以下の特別な技術的特徴を有する 6 の発明（群）が含まれる。

なお、特別な技術的特徴を有しない請求項 1 に係る発明は、発明 1 に区分する。

（発明 1）請求項 1、2、8、9 に係る発明

（発明 2）請求項 3 に係る発明

（発明 3）請求項 4 に係る発明

（発明 4）請求項 5 に係る発明

（発明 5）請求項 6 に係る発明

（発明 6）請求項 7 に係る発明