(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
2015 年 11 月 26 日(26.11.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/178267 A1

(51) 国際特許分類:
B21D 24/00 (2006.01) *B21D 37/00* (2006.01)
B21D 22/20 (2006.01) *B30B 15/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063750

(22) 国際出願日: 2015 年 5 月 13 日(13.05.2015)

(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 2014-103735 2014 年 5 月 19 日(19.05.2014) JP

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL 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: 和田　康裕(WADA Yasuhiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 山本　修治(YAMAMOTO Shuji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号　新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 山形　光晴(YAMAGATA Mitsuharu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀　正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２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, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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, 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).

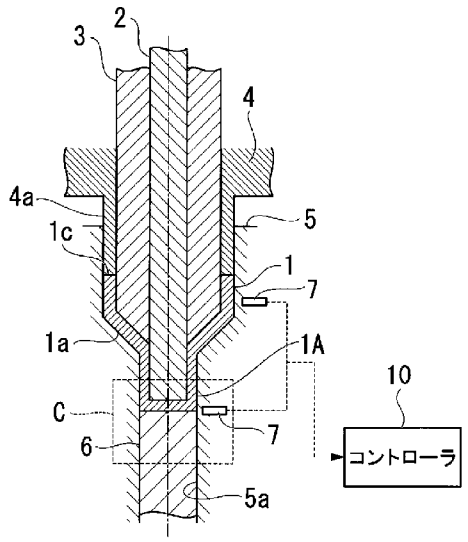
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: PRESS MOLDING METHOD AND METAL MOLD FOR PRESS MOLDING

(54) 発明の名称 : プレス成形方法及びプレス成形用金型

[図1C]



10 Controller

(57) **Abstract**: In the present invention, a press molding method includes: a first step for determining a pressing force that a material to be molded exerts on each part of a metal mold during press molding, such determination carried out while press molding the material to be molded by individually driving each part of the metal mold divided into a plurality of pieces; and a second step for adjusting, for each part of the metal mold, at least one of an applied driving force, driving speed, and driving timing so that processing portions of the material to be molded, detected to be approaching an overload state on the basis of the pressing force, are caused to flow into other processing portions of the material to be molded.

(57) 要約: このプレス成形方法は、複数に分割された金型の各部それぞれを独立に駆動して被成形素材をプレス成形しながら、プレス成形中の前記被成形素材が前記金型の前記各部に付与する押圧力を求める第１の工程と；過負荷状態に近づいたことが前記押圧力に基づいて検出された前記被成形素材の加工部分を、前記被成形素材の他の加工部分に流動させるように、付与する駆動力、駆動速度、駆動タイミングのうちの少なくとも一つを、前記金型の前記各部毎に調整する第２の工程と； を備える。

WO 2015/178267 A1

明　細　書

発明の名称 ： プレス成形方法及びプレス成形用金型

技術分野

[0001] 本発明は、鋼材からなる被成形素材のプレス成形方法と、このプレス成形方法に用いるプレス成形用金型とに関する。

本願は、２０１４年０５月１９日に、日本国に出願された特願２０１４－１０３７３５号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 板状の素材やカップ状の中間素材などから、縦壁部及びこれに連続する底壁部を有する有底円筒状部材を最終製品として成形する方法として、絞り成形方法が広く用いられている。

例えば、非特許文献１には、底部から開口部まで内径が一定である円筒状の容器や、底部から開口部に至る途中で内径が変化する段部を有する有段円筒状の製品を成形する方法が記載されている。すなわち、第一工程で円盤状の素材からカップ状に成形した中間素材を第二工程で再度絞り加工しており、このような再絞り加工方法によってカップ状の中間素材をさらに絞り成形する方法が広く一般的に行われている。

[0003] この再絞り加工方法では、前記第一工程で成形されたカップ状の中間素材を、同中間素材を収容するダイと、同中間素材の内部に挿入された円筒状工具であるしわ押えとの間で挟持する。そして、前記しわ押えの内部を同軸に貫通するパンチを前記ダイの底に形成された円柱形状空間内に挿入するように押し込むことで、カップ状の中間素材の底壁部に円筒状の突起部を成形する。しかしながら、この成形方法においては、カップ状の中間素材の底壁部をなす材料を、パンチにより前記円柱形状空間内に十分に送り出すことができない場合がある。このような場合、パンチの先端角部で中間素材の底壁部を破断させたり、前記円柱形状空間内への材料供給不足による成形不良を起こしたりする問題がある。

[0004] このような問題に対して、特許文献１、非特許文献１および非特許文献２には、複数に分割された金型を用いることにより成形不良を防止する方法が開示されている。すなわち、従来の再絞り加工方法のように第一のパンチをカップ状の中間素材の底壁部に押し込んで円筒状の突起部を成形しながら、前記中間素材の上縁部を第二のパンチにより押圧する。この方法によれば、第二のパンチによる押圧力を受けて、第一のパンチの先端角部周囲への材料供給が促進され、その結果、材料破断等に伴う成形不良を防止することが可能となっている。

さらには、特許文献２には、カップ状の中間素材より成形するのではなく、板状の素材から一工程で最終製品まで成形する方法が開示されている。

[0005] これらの成形方法においては、複数に分割された金型各部（例えば第一のパンチや第二のパンチ）の移動速度をそれぞれ適切な値に維持することが、成形不良を起こさずに成形するために重要である。この場合に、金型各部の移動速度は、成形前の素材寸法のばらつきや成形途中における金型と素材との間の潤滑状態のばらつき等を考慮し、さらに、金型内への材料の充満等の成形進行状況に応じて適宜適切な値に修正しつつ成形を進めることが望ましい。

特許文献３～５には、プレス成形中の金型内の荷重分布や歪み量を測定する方法及び装置が開示されている。しかしながら、一般的に用いられる成形方法では、分割された金型の各部分ごとに、整形開始前に予め設定した一定速度で移動させながら成形を行うのみであり、素材寸法やプレス成形の進行状況に応じて移動速度を成形中に修正することは行っていない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本国特開２００４－３２２１０４号公報
特許文献2：日本国特開２０１０－２１４３８１号公報
特許文献3：日本国特開２００８－１４９３４９号公報
特許文献4：日本国特開２００８－１７３６８６号公報

特許文献5：日本国特開２０１０－１１５７０２号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：鈴村敬：塑性と加工、51-594(2010)、p.9.

非特許文献2：横井道治：塑性と加工、51-594(2010)、p.13.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上述したプレス成形方法では、成形中に独立して移動する第一のパンチと第二のパンチとの移動速度比が適切でないと、いずれか一方のパンチの荷重が過大となり、ついには絞り加工装置の成形荷重限界を超えてしまい、それ以上の成形が不可能となる虞がある。

逆に、第一のパンチ及び第二のパンチ双方の荷重が絞り加工装置の成形荷重限界の範囲内であるものの、金型内に材料の未充満部が残ってしまい、その結果として製品の形状不良が起きる虞も有る。

[0009] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、複数の部分に分割された金型の各部を独立して作動させる際に成形荷重がプレス成形装置の荷重制限を超過して成形不能となることがなく、しかも、金型内での材料未充満による形状不良がない製品を安定して成形することができる、プレス成形方法及びプレス成形用金型の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、上記課題を解決して係る目的を達成するために、金型内の所定位置における材料流入を非接触で把握する方法を検討した。そして、その方法の一例として、金型の変形を測定するセンサーを金型に設け、同センサーにより、金型に生じる変形量を測定して、成形中の金型の過負荷状況を検知する方法を採用した。この方法によれば、金型に付与する荷重がプレス成形装置の荷重制限を大幅に超えて成形不能となることや、金型内での材料の未充満に伴う製品の形状不良を防止することが可能となる。

[0011] すなわち、本発明の骨子は以下の通りである。

（１）本発明の一態様に係るプレス成形方法は、複数に分割された金型の各部それぞれを独立に駆動して被成形素材をプレス成形しながら、プレス成形中の前記被成形素材が前記金型の前記各部に付与する押圧力を求める第１の工程と；過負荷状態に近づいたことが前記押圧力に基づいて検出された前記被成形素材の加工部分を、前記被成形素材の他の加工部分に流動させるように、付与する駆動力、駆動速度、駆動タイミングのうちの少なくとも一つを、前記金型の前記各部毎に調整する第２の工程と；を備える。

[0012] （２）上記（１）に記載の態様において、前記第１の工程で、前記押圧力を、前記プレス成形中の前記被成形素材の流動に伴って発生する前記金型の変形量に基づいて求めてもよい。

[0013] （３）上記（１）又は（２）に記載の態様において、前記第２の工程で、前記押圧力が、所定の閾値を超えたか否かにより、前記過負荷状態に近付いたか否かを判定してもよい。

[0014] （４）上記（１）～（３）の何れか一項に記載の態様において、前記プレス成形が、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形であり；前記押圧力を、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所で求める；ようにしてもよい。

[0015] （５）上記（１）～（３）の何れか一項に記載の態様において、前記プレス成形が、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形であり；前記押圧力を、前記軸線の延在方向に沿った複数箇所で求める；ようにしてもよい。

[0016] （６）上記（５）に記載の場合、さらに、前記押圧力を、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所で求めてもよい。

[0017] （７）上記（１）～（６）の何れか一項に記載の態様において、前記金型が、ダイ及びパンチを含み；前記押圧力を、前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方に設けられた歪みセンサーにより求める；ようにしてもよい。

[0018] （８）上記（１）～（７）の何れか一項に記載の態様において、前記第１の工程の前に、前記駆動力及び前記駆動速度及び前記駆動タイミングのうちの

少なくとも一つと、前記過負荷状態を伴わない前記押圧力との間における予測対応関係を数値計算で求める計算工程と；前記計算工程で得られた前記予測対応関係に従って、前記金型の前記各部それぞれを独立に駆動して前記被成形素材をプレス成形しながら、成形中の前記被成形素材が前記金型の前記各部に付与する前記押圧力を実測することで、実測された前記押圧力と、前記駆動力及び前記駆動速度及び前記駆動タイミングのうちの少なくとも一つとの間における実測対応関係を求める実測工程と；前記計算工程で得られた前記予測対応関係と、前記実測工程で得られた前記実測対応関係との差異を求め、前記予測対応関係を補正する補正工程と；を含む予備工程を行い、前記予備工程で得られた補正後の前記予測対応関係に従って、前記第１の工程を行うようにしてもよい。

[0019] （９）本発明の一態様に係るプレス成形用金型は、複数に分割され、各部が駆動力を個別に受けて被成形素材をプレス成形する金型であって、前記プレス成形時に前記被成形素材から前記金型の成形面が受ける押圧力を取得するセンサーが設けられている。

[0020] （１０）上記（９）に記載の態様において、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形用であり；前記センサーが、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所に設けられている；構成を採用してもよい。

[0021] （１１）上記（９）に記載の態様において、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形用であり；前記センサーが、前記軸線の延在方向に沿った複数箇所に設けられている；構成を採用してもよい。

[0022] （１２）上記（１１）に記載の場合、さらに、前記センサーが、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所に設けられていてもよい。

[0023] （１３）上記（９）～（１２）の何れか一項に記載の態様において、ダイ及びパンチを含み；前記センサーが、前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方に設けられた歪みセンサーである；構成を採用してもよい。

[0024] （１４）上記（１３）に記載の場合、前記歪みセンサーの検出部が、前記歪みセンサーが設けられた前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方の成形面

より、５ｍｍ以上５０ｍｍ以下の深さ位置に設けられていてもよい。

発明の効果

[0025] 本発明の上記（１）に記載の態様によれば、第１の工程で取得した押圧力に基づいて、金型内における被成形素材の材料の流動状態を把握した上で、第２の工程において金型の各部の動作を制御することができる。したがって、金型の各部を独立して作動させる際に成形荷重がプレス成形装置の荷重制限を超過して成形不能となることがなく、しかも、金型内での材料未充満による形状不良がない製品を安定してプレス成形することが可能となる。

[0026] 上記（２）の場合、被成形素材の材料流動を応答性良く捉えることができるので、短時間で行われるプレス成形加工であっても、金型の各部の駆動制御に必要な時間を確保でき、被成形素材のプレス成形を精度良く行うことが可能となる。

上記（３）の場合、プレス成形中における被成形素材の流動状態に基づいて瞬時に判断して、金型の各部の動作を制御することができる。

[0027] 上記（４）の場合、軸線を中心とする周方向の複数箇所で押圧力を求めるので、周方向における被成形素材の流動状態のばらつきに伴う誤作動を確実に防ぐことができる。

上記（５）の場合、軸線の延在方向に沿った複数箇所で押圧力を求めるので、被成形素材の成形過程をより細かく把握することが可能となる。さらには、軸線方向に沿って得た押圧力のデータを、プレス成形をシミュレーションする数値計算モデルに取り込んで計算精度を上げるといった応用も可能となる。

上記（６）の場合、軸線の延在方向と周方向との双方で押圧力を求めるので、被成形素材の成形過程を立体的に把握することが可能となる。

[0028] 上記（７）の場合、被成形素材の流動を、歪みセンサーで適切な感度及び応答性をもって捉えることができるので、被成形素材のプレス成形をより精度良く行うことが可能となる。

[0029] 上記（８）の場合、予備工程により、駆動力及び駆動速度及び駆動タイミ

ングのうちの少なくとも一つを最適化して第１の工程及び第２の工程を実施することができるので、より精度良くプレス成形を行うことが可能となる。

[0030] 本発明の上記（９）に記載の態様によれば、センサーで取得した押圧力に基づいて金型内における被成形素材の材料の流動状態を把握することができる。したがって、金型の各部を独立して作動させる際に成形荷重がプレス成形装置の荷重制限を超過して成形不能となることがなく、しかも、金型内での材料未充満による形状不良がない製品を安定して絞り成形するように制御することが可能となる。

[0031] 上記（１０）の場合、軸線を中心とする周方向の複数箇所で押圧力を求めることができるので、周方向における被成形素材の材料の流動状態のばらつきに伴う誤作動を確実に防ぐことが可能となる。

上記（１１）の場合、軸線の延在方向に沿った複数箇所で押圧力を求めることができるので、被成形素材の成形過程をより細かく把握することが可能となる。さらには、軸線方向に沿って得た押圧力のデータを、プレス成形をシミュレーションする数値計算モデルに取り込んで計算精度を上げるといった応用も可能となる。

上記（１２）の場合、軸線の延在方向と周方向との双方で押圧力を求めるので、被成形素材の成形過程を立体的に把握することが可能となる。

[0032] 上記（１３）の場合、被成形素材の材料流動を歪みセンサーで応答性良く捉えることができるので、短時間で行われるプレス成形加工であっても、金型の各部の制御に必要な時間を確保でき、被成形素材のプレス成形を精度良く行うことが可能となる。

上記（１４）の場合、歪みセンサーの感度範囲内で精度良く測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1A]本発明のプレス成形方法の第１実施形態を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図1B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図１Ａと同じ断面で見た

場合の縦断面図である。

[図1C]同プレス成形方法のさらに続きを示す図であって、図１Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図2]同実施形態で用いるプレス成形装置の機能ブロック図である。

[図3]絞り成形で問題となる、パンチ先端角部での割れを説明する図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の断面図である。

[図4A]プレス成形方法において金型内部での素材の充満過程の一例を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図4B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図４Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図4C]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図４Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図5]同プレス成形装置の制御に用いる演算プログラムのフローチャートである。

[図6A]同実施形態で使用されるプレス成形金型中のセンサー配置、及びこれらセンサーを用いたプレス成形方法を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図6B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図６Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図7A]同実施形態のプレス成形方法を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図7B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図７Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図8A]上記第１実施形態の変形例を示す図であって、図１ＡのＡ－Ａ断面で見た場合の平断面図である。

[図8B]同変形例を示す図であって、図１ＡのＢ－Ｂ線で見た場合の平断面図である。

[図9]上記第１実施形態の変形例を示す図であって、図１ＣのＣ部に相当する

部分断面図である。

[図10A]本発明のプレス成形方法の第２実施形態を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図10B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図１０Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図11A]同プレス成形方法において、円板状の素材から一工程で最終製品を成形する場合を示す図であって、金型の軸線を含む断面で見た場合の縦断面図である。

[図11B]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図１１Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

[図11C]同プレス成形方法の続きを示す図であって、図１１Ａと同じ断面で見た場合の縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0034] 本発明のプレス成形方法及びプレス成形用金型の各実施形態について、以下に説明する。

各実施形態では、複数の部分に分割された金型の各部を独立して作動させることが可能なプレス成形装置を用いた絞り成形方法において、金型の変形を測定するセンサーが内部に挿入された金型を用い、センサーにより測定された金型の変形量に対応した出力信号を元に成形中の金型の過負荷状況を検知した上で、その過負荷状況に応じて複数の部分に分割された金型各部の移動速度比等を適切に制御している。

そして、このような制御を行うことにより、プレス成形装置の限界を超えるような過大な荷重により成形の継続が不可能となることや、金型内での材料の未充満に伴う製品の形状不良を防止する。その結果、板状の素材やカップ状の中間素材等を金型内部に充満させて、素材各部を所定の板厚および形状とした製品を得ることが可能となっている。

[0035] ［第１実施形態］

図１Ａ～図１Ｃに示すように、本実施形態のプレス成形方法に使用する金

型は、カップ状の素材（被成形素材）１の底壁部１ａを下方に向かって押し出すパンチ２と；パンチ２の周囲を覆う筒形状を有し、成形過程中にその外周面で素材１の内面を押圧するしわ押え３と；しわ押え３の周囲を囲むような環状であり、下面に素材１の上縁面１ｃを下方に向かって押し込む突起部４ａが形成された外周パンチ４と；素材１の底壁部１ａを下方に向かって押圧しながら降下するパンチ２及びしわ押え３との間で素材１を挟み込んで、所定の外形寸法に仕上げる円環形状のダイ５と；ダイ５の内部に形成された貫通孔５ａに挿入されてパンチ２との間で素材１の底壁部１ａを挟み込んで押圧するカウンターパンチ６と；を備えている。

[0036] 上述のように複数に分割された金型の各部のうち、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６の移動を個別に独立して制御することが可能な駆動機構を有するプレス成形装置によって、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６それぞれの移動を制御することにより、素材１を所定の寸法形状に成形する。

[0037] 図２は、金型の各部を駆動するプレス成形装置の機能ブロック図である。コントローラ１０は、記憶部１１に記憶された演算プログラムを読み出し、プレス成形装置の前記駆動機構を制御する。この演算プログラムは、センサー７の検出結果に基づき、金型の各部の移動速度等を制御する制御プログラムであり、詳細については後述する。コントローラ１０には、ＣＰＵ（ＭＰＵ）などを用いることができる。

[0038] 本実施形態のプレス成形装置は、前記駆動機構として、パンチ駆動部２１と、しわ押え駆動部２２と、外周パンチ駆動部２３と、カウンターパンチ駆動部２４とを備えている。パンチ駆動部２１は、コントローラ１０から出力される駆動制御信号に基づき、パンチ２を駆動する。しわ押え駆動部２２は、コントローラ１０から出力される駆動制御信号に基づき、しわ押え３を駆動する。外周パンチ駆動部２３は、コントローラ１０から出力される駆動制御信号に基づき、外周パンチ４を駆動する。カウンターパンチ駆動部２４は、コントローラ１０から出力される駆動制御信号に基づき、カウンターパン

チ６を駆動する。上述の各駆動制御信号には、速度変更信号や停止信号などが含まれる。したがって、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６の移動開始や移動停止は、個別に制御される。同様に、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６の移動速度や移動停止も、コントローラ１０から出力される前記速度変更信号に基づき、個別に変更される。

[0039] 本実施形態のセンサー７は、金型内の、成形加工の進行に伴って素材１が充満していくと考えられる部位に埋設されている。前記部位としては、例えば、図１Ｂに例示するような、外周パンチ４の移動方向と平行な形状の部位に対応する位置や、しわ押え３の先端に形成された傾斜面近傍の部位に対応する位置（不図示）や、後述の突起部１Ａに対応する位置などに配置されている。

したがって、プレス成形を行う金型の形状や分割構成等に応じて、センサー７の配置される位置や個数は適宜変更してもよい。

[0040] 図１Ａ～図２を参照しながら、上記構成を有する金型及びプレス成形装置を用いた絞り成形方法（プレス成形方法）について以下に説明する。

まず、パンチ駆動部２１、しわ押え駆動部２２及び外周パンチ駆動部２３を駆動することで、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４を所定高さの待機位置まで上昇させる。

[0041] 次に、待機位置にあるパンチ２及びしわ押え３及び外周パンチ４と、ダイ５との間に設けられた隙間から、カップ状の素材１（中間素材）を挿入して、その中心軸線とダイ５内の成形面の中心軸線とが概略一致するように、ダイ５の内部にカップ状の素材１を設置する。ここで、カップ状とは、有底円筒形状のことである。その後、パンチ２及びしわ押え３及び外周パンチ４を、一体として、ダイ５の内部に設置された素材１に向かって降下させる。すると、しわ押え３とパンチ２がダイ５との間でカップ状の素材１の底壁部１ａをその上下面より挟み込むように押圧し、また、外周パンチ４がカップ状の素材１の上縁面１ｃに接触して停止する。

[0042] このようにしてパンチ２及びしわ押え３及び外周パンチ４が移動すると同時に、カウンターパンチ６が円筒状のダイ５の内部に加工された貫通孔５ａに沿って上昇して、カップ状の素材１の底面に接触して停止する。ここまでの金型の各部の動作が完了すると、図１Ｂに示すように、カップ状の素材１は、しわ押え３とダイ５、パンチ２とカウンターパンチ６との間で挟み込まれるように押圧されて、ダイ５の内部に固定される。

[0043] そして、パンチ２及びしわ押え３及び外周パンチ４を用いて押圧することによりダイ５内に素材１を固定したまま、パンチ２をさらに降下させながら素材１の底壁部１ａを下方に向かって押し出し、その動きに合わせてカウンターパンチ６も降下させる。すると、図１Ｃに示すように、素材１の底壁部１ａに、素材１の外径よりも小さな外径を持つ円筒状の突起部１Ａが成形される。

[0044] プレス成形中に、外周パンチ４も降下させて、カップ状の素材１の上縁面１ｃを突起部４ａによって押圧して、素材１のダイ５内部への流入を促すことにより、例えば図３に示すようなパンチ２の先端角部における素材１の破断を防止する。外周パンチ４で素材１の上縁面１ｃを押圧して素材１をダイ５の内部へ流入させることは、プレス成形中の素材１の破断を防止して成形限界を向上させるのに有効である。しかしながら、その一方で、素材１の上縁面１ｃの押圧によるダイ５の内部への材料流入が局所的に過剰になると、外周パンチ４及びしわ押え３に作用する荷重が大きく増加して、使用するプレス成形装置の荷重限界（外周パンチ駆動部２３及びしわ押え駆動部２２の駆動力限界）を超えてしまい、その結果、プレス成形を継続することが不能となる場合が生じる。

[0045] 外周パンチ４の動作条件によってプレス成形の途中で成形荷重が大きく増加する原因については、以下のように考えられる。

プレス成形前の素材１とダイ５との間、及び素材１としわ押え３との間には、一般に、隙間が設けられている。もし、素材１とダイ５との間に隙間を設けていないと、素材１がダイ５内の所定位置に設置される前に、素材１と

ダイ５とが噛み合って嵌合状態となり、素材１をそれ以上移動させることができなくなり、素材１を前記所定位置まで入れることが難しくなる。

[0046] また、素材１の表面と金型内の成形面との間に十分な隙間がない状態で素材１を強制的に移動させようとした場合、正規の姿勢に対して傾いた状態で素材１の端部のみが金型に接するような片当たりの状態となる場合がある。このような状態で素材１を無理に金型内で移動させると、素材１や金型を傷つける問題が生じる。さらには、金型に対して局部的に作用する力が過大となり、金型に亀裂等の破損を生じさせる場合もある。このような問題を回避するために、プレス成形する素材１は、金型の成形面との間に一定の隙間が確保できるような寸法及び形状に設計されている。

[0047] 素材１から所定の寸法および形状の製品を得るためのプレス成形において、外周パンチ４を降下させて素材１の上縁面１ｃを押圧することにより、ダイ５の内部に素材１の材料を流入させてパンチ２の先端角部での破断を防止することができる。しかし、外周パンチ４の降下によるダイ５の内部への、素材１の材料の押しこみが過大である場合は、金型の成形面と素材１の表面との間の隙間に材料が充満した後に、さらに外周パンチ４による押下を継続して行うこととなる。その結果、材料が充満した部分に対してさらに材料を強制的に送り込むこととなり、外周パンチ駆動部２３及びしわ押え駆動部２２によって付与される成形荷重が大きく上昇する。

[0048] これとは逆に、外周パンチ４の降下によるダイ５の内部への材料の押し込みが少なすぎる場合は、成形荷重の上昇を抑制できるものの、素材１の表面と金型の成形面との間に隙間を残したままプレス成形が進行する。この場合、プレス成形品と金型との間に材料未充満部分を残したままプレス成形が完了し、プレス成形品に形状不良が生じる場合がある。

さらには、金型の内部におけるパンチ２の先端部周辺位置への材料供給が不足して、成形品に、図３に示したようなパンチ２の角部における破断を生じる場合がある。従って、上述の成形荷重上昇によるプレス成形不能を防止しつつ、金型内に未充満部を残さないプレス成形品を成形するためには、プ

レス成形中の素材１の、過負荷状態が検出された部分に対してさらに材料を押し込んで必要以上に成形荷重を増加させてしまうことなく、かつプレス成形品と金型との間に隙間が残らないように、素材１と金型との間の隙間を管理して適正に保つことが重要となる。

[0049] 素材１と金型との間の隙間を適切に管理しながらプレス成形を進める方法について検討するために、本発明者らは、プレス成形の進行に伴い、素材１及び金型間の隙間と、金型に加える成形荷重との関係がどのように変化するかを実験により調べた。

すなわち、まず図１Ａに示すように、ダイ５内にカップ状の素材１を設置した後、パンチ２及びしわ押え３及び外周パンチ４が一体となって降下するようにプレス成形装置を動作させた。そして、図１Ｂに示すように、しわ押え３及びパンチ２を素材１の底面に、外周パンチ４をカップ状の素材１の上縁面１ｃに接触させて停止することにより、素材１をダイ５の内部に固定した。

[0050] その時点で、金型と素材１との間の隙間について詳細に調べたところ、図４Ａに示すように、素材１の底壁部１ａの上面としわ押え３及びパンチ２との間や、底壁部１ａの下面とカウンターパンチ６との間には、隙間がほとんど確認されなかった。一方、素材１の底壁部１ａに連続する縦壁部１ｂの内周面としわ押え３の外周面との間や、縦壁部１ｂの外周面とダイ５との間には隙間があることが確認された。

続いて、パンチ２及びカウンターパンチ６を降下させて素材１の底壁部１ａにおける筒状の突起部１Ａの成形を開始すると、プレス成形初期の段階では、縦壁部１ｂの外周面とダイ５との間に隙間がある状態のまま、プレス成形が進む。

その後、図４Ｂに示すように、突起部１Ａのプレス成形の進行と共に、縦壁部１ｂでは素材１の上縁側から底壁部１ａ側に向かって、順次隙間が縮小していく。そして、最終的には、図４Ｃに示すように素材１が金型内に充満して成形が完了する様子が確認された。

[0051] 次に、プレス成形途中における外周パンチ４の降下速度とパンチ２の降下速度とを相対的に変化させながら実験を行った。

例えば、外周パンチ４の降下速度をパンチ２の降下速度に対して速くしていくと、パンチ２による突起部１Ａの伸び量に対して、外周パンチ４による縦壁部１ｂの押し込み量が過大となった。その結果、縦壁部１ｂの素材１が金型内に充満した後も外周パンチ４による縦壁部１ｂの押し込みが継続して行われることとなり、縦壁部１ｂの充満部分に対してさらに強制的に材料を押し込もうとする過負荷状態となった。その結果、外周パンチ４の成形荷重がプレス成形装置の荷重容量を超えてしまい、突起部１Ａに未充満部分を残したまま、プレス成形が中断した。

[0052] 逆に、今度は外周パンチ４の降下速度をパンチ２の降下速度に対して遅くした。すると、成形荷重がプレス成形装置の荷重容量を超過することはなくなったが、素材１と金型との間に隙間を残したまま成形が完了してしまい、プレス成形品に形状不良が生じた。

以上の結果から、素材１と金型との間で未充満部分を生じず、しかも成形荷重が過大となることなくプレス成形を完了させるためには、金型内部での素材の隙間充満状況を管理して、以下を防止することが重要であることがわかった。すなわち、縦壁部１ｂ及び突起部１Ａの各部に関し、プレス成形の途中で一方に隙間が残ったまま他方の隙間に成形品が充満した後も、外周パンチ４によるダイ５の内部への材料の押し込みが継続されてしまうと、充満部が過負荷状態となって成形荷重の増加が大きくなり、プレス成形装置の荷重容量を超過して成形を継続することができなくなるので、これを防止することが重要である。

[0053] 本実施形態では、プレス成形中の金型内部の複数箇所における、成形品と金型との間の隙間を管理するために、金型内部に、金型の変形量を感知するセンサー７を組み込んだ。そして、プレス成形中の金型内部への材料充満に伴う金型変形を、センサー７から出力される信号を用いて金型の過負荷状況を感知した。さらに、前記過負荷状況に応じてパンチ２等の金型の降下速度

を適切な値に制御する方法を採用した。この方法によれば、金型内に素材１の材料の未充満部分を生じることがなく、しかも成形荷重が過大となってプレス成形装置の荷重容量を超過して成形途中でプレス成形装置の動作が停止することなく、成形を完了させることができる。

[0054] 図５のフローチャートは、図２に示した記憶部１１に記憶された演算プログラムに従ってコントローラ１０が行う処理を示している。制御が開始されると、まず、コントローラ１０は、センサー７からの出力信号に対して予め設定されたセンサー出力判定値ε_Jを、記憶部１１から読み込む（ステップＳ１０１）。その後、コントローラ１０は、プレス成形中の各センサー７からのセンサー出力ε_jを逐次読み込む（ステップＳ１０２）。

[0055] ステップＳ１０２に続いて、複数の部分に分割された金型各部のうちで、予め制御の対象と定めた部分が移動した際のストロークＳ$_{PS}$が所定の最終ストロークＳ$_{PSE}$に到達したか否かをコントローラ１０が判定（ステップＳ１０３）する。

そして、ストロークＳ$_{PS}$が所定の最終ストロークＳ$_{PSE}$に到達したと判定された場合（ステップＳ１０３，Ｙｅｓ）には、そこで制御を終了し、到達していないと判定された場合（ステップＳ１０３，Ｎｏ）には、ステップＳ１０４に進む。

センサー７からのセンサー出力ε_jが前記センサー出力判定値ε_Jを超えていないとコントローラ１０が判定した場合（ステップＳ１０４，Ｎｏ）は、各センサー７からのセンサー出力ε_jを逐次読み込みながら金型の降下速度は変更せずにプレス成形を継続して行い、処理をステップＳ１０２に戻す。

[0056] センサー７からのセンサー出力ε_jのうちで、予め設定された前記センサー出力判定値ε_Jを超える信号を読み込んだ場合（ステップＳ１０４，Ｙｅｓ）は、そのセンサー７の番号ｊ＝ｊ０を記録するとともに、複数の部分に分割された金型の各部のうちで、予め制御の対象と定めた部分の降下速度Ｖ$_{PS}$を、成形初期に設定した値Ｖ$_{PS0}$に対し、別途定めた１より小さな任意の値αを乗じた値に減速する（ステップＳ１０５）。

[0057] その後、各センサー７からのセンサー出力ε_jを逐次読み込みながらプレス成形を継続して行う（ステップＳ１０６）。

さらに、複数の部分に分割された金型の各部のうち、予め制御の対象と定めた部分のストロークＳ$_{PS}$が所定の最終ストロークＳ$_{PSE}$に到達したか否かを判定し（ステップＳ１０７）、到達した場合（ステップＳ１０７，Ｙｅｓ）には、そこで制御を終了する。

[0058] 複数の部分に分割された金型各部のうち、予め制御の対象と定めた部分のストロークＳ$_{PS}$が所定の最終ストロークＳ$_{PSE}$に到達する前に（ステップＳ１０７，Ｎｏ）、予め設定された前記センサー出力判定値ε_Jを超える信号を発信した番号ｊ＝ｊ０のセンサー７からの出力信号ε_{j0}が前記センサー出力判定値ε_Jに１より小さな任意の値βを乗じた値よりも小さくなった場合は（ステップＳ１０８，Ｙｅｓ）、予め制御の対象と定めた部分の降下速度Ｖ$_{PS}$を成形初期に設定した値Ｖ$_{PS0}$に再度修正して成形を継続する。その後、複数の部分に分割された金型各部のうちで予め制御の対象と定めた部分のストロークＳ$_{PS}$が所定の最終ストロークＳ$_{PSE}$に到達するまで、上述の操作を繰り返す（ステップＳ１１０，Ｎｏ）。

[0059] 例えば、成形途中に、センサー７からの出力値と予め定めた過負荷状態に対応した判定値とを比較して、センサー７からの出力値が前記判定値を超えた場合は、複数に分割された金型の各部のうちの一つのまたは複数の部分の移動速度を、センサー７からの出力値が予め定めた判定値を超えないような値に修正する。

移動速度の修正に伴って、過負荷状態が検出された素材１の増肉部分から、過負荷状態でない他の部分への材料流動が生じる。そして、この材料流動が進むことで、センサー７からの出力値が徐々に低下する。センサー７からの出力値が予め定めた判定値を下回った場合には、再度、センサー７からの出力値が増加するように金型の各部の移動速度を調整する。

[0060] 金型内の材料の充満状況とセンサー７からの出力信号との関係については、使用する金型形状別に、別途、実験等により予め求めれば良い。

[0061] 成形中の金型の移動速度に修正を加えるか否かの判断するために、センサー７からの出力信号と比較する判定値としては、例えば、通常の生産において荷重超過等の問題が生じることなくプレス成形が正常終了した場合の成形過程におけるセンサー７の出力値を逐次蓄積しておき、この蓄積されたデータの最大値を前記判定値として用いることが考えられる。その他、別途のプレス成形実験を行い、金型内部のプレス成形品の成形状況とセンサー７の出力値との関係を元に求めた過負荷時の値を、判定値として用いることもできる。

また、別途、有限要素法等の数値計算を行って、金型内に素材１の材料が充満した場合に得られると推定されるセンサー７の出力に相当する計算値を、前記判定値として用いることもできる。

[0062] さらには、実際のプレス成形を行う前に、以下に示す計算工程と実測工程と補正工程とを含む予備工程を予め行っておき、前記予備工程で得られた補正後の予測対応関係（後述）に従って、実際のプレス成形を行うようにしてもよい。

前記計算工程では、分割された金型の各部に対して付与する、駆動力及び駆動速度及び駆動タイミングのうちの少なくとも一つと、過負荷状態を伴わない押圧力との間における予測対応関係を、有限要素法等の数値計算で求める。

[0063] 前記実測工程では、前記計算工程で得られた前記予測対応関係に従って、金型の前記各部それぞれを独立に駆動して素材１をプレス成形しながら、成形中の素材１が金型の前記各部に付与する前記押圧力をセンサー７により実測することにより得られた前記押圧力と、前記駆動力及び前記駆動速度及び前記駆動タイミングのうちの少なくとも一つとの間における実測対応関係を求める。

前記補正工程では、前記計算工程で得られた前記予測対応関係と、前記実測工程で得られた前記実測対応関係との差異を求め、前記予測対応関係を補正することで、前記補正後の予測対応関係を得る。

[0064] 判定値の取得方法として上記を例示したが、これら以外の方法で求めたものを使用することも可能である。

[0065] 以下に、図６Ａ及び図６Ｂに示すプレス成形方法を例として、本発明の適用方法の一例について説明する。

図６Ａに示すように、外周パンチ４及びパンチ２を降下させてプレス成形を進めていく過程において、カップ状の素材１の底壁部１ａに形成される突起部１Ａの外周面とダイ５の内周面との間に隙間が残った状態で、縦壁部１ｂでは金型内部に素材１が充満して、この部分の金型（ダイ５）に変形が生じる。この変形に伴い、ダイ５内の縦壁部１ｂに対応した位置に設けられたセンサー７から信号が出されるが、この信号が、予め定めた判定値を超えた場合、その信号を元にパンチ２等の金型の動作を制御する演算プログラムにより、センサー７付近の金型の変形を低減させるように金型の各部の移動速度を修正して成形を継続させる。

[0066] すなわち、例えば、パンチ２の降下速度V_pを一定のまま保持するかまたは増加させる一方、外周パンチ４の降下速度V_0を降下速度V_pに比べて相対的に遅くする。その結果、パンチ２の引き込みによる縦壁部１ｂから突起部１Ａへの素材１の材料流入を促進させて、縦壁部１ｂでの過剰な材料充満を緩和することにより、外周パンチ４に加わる荷重を低減させて成形荷重の増加を抑制しながら、成形荷重がプレス成形装置の荷重容量を超過することによる成形停止を防止する。

[0067] 即ち、成形の途中でプレス成形品の突起部１Ａが未充満なまま縦壁部１ｂの充満が進んだ場合、縦壁部１ｂのセンサー７からのみ、判定値を超える過負荷を示す信号が検知されることとなる。この場合、過負荷状態を解消するために外周パンチ４の降下速度を減速させる一方、パンチ２の押圧により底壁部１ａを下方に引き出して縦壁部１ｂの充満を緩和させながら、底壁部１ａへの材料流入を促進させる。その結果、縦壁部１ｂを過充満の状態とすることなく成形を進めることができる。そして、縦壁部１ｂに対応した位置のセンサー７からの信号が判定値以下となれば、外周パンチ４の降下速度を増

加させて金型内の材料の充満を促進させることができる。

[0068] その後、再度、上記センサー７から判定値を超える信号が出力されて、縦壁部１ｂに局部的な材料充満が生じて過負荷状態にあることが検知されれば、外周パンチ４の降下速度を再び減速させて縦壁部１ｂにおける過負荷状態を緩和する。

このようなセンサー７からの出力信号に基づく金型動作の制御を繰り返すことにより、成形荷重がプレス成形装置の荷重容量を超過することによる成形停止を生じさせることなく、図６Ｂに示すように金型内部に素材１の材料を充満させてプレス成形が完了する。

[0069] 逆に、図７Ａに示すように、素材１の突起部１Ａに素材が充満した場合、この充満部分に対応する金型の部分が変形する。この変形は、筒状部１Ａに対応した位置に設けられたセンサー７により、判定値を超える信号として検知される。一方、縦壁部１ｂと金型との間に未充満部が残り、センサー７から検知される信号が判定値よりも小さい場合は、外周パンチ４の降下速度V_oを増加させる、パンチ２の降下速度V_pを遅くする、またはこれらの両方を行う、の何れかを行う。その結果、縦壁部１ｂの部分における材料充満を促進して金型全体に材料を充満させることができ、図７Ｂに示すような所定形状の製品が得られる。

[0070] 素材１の突起部１Ａが所定寸法にプレス成形される前に縦壁部１ｂに材料が充満して過負荷状態となり荷重が増加するような場合には、金型の変形に伴うセンサー７からの出力信号を元に、外周パンチ４及びパンチ２間の相対的な降下速度を適宜変更する。その結果、縦壁部１ｂにおける未充満部分の発生を防止しつつ、しかも過負荷状態となって成形荷重がプレス成形装置の荷重容量を超過するような事態を生じることもなく、所定形状の製品を得ることが可能となる。

なお、上記実施形態では、外周パンチ４及びパンチ２間の相対的な降下速度を適宜変更するものとしたが、制御要素は降下速度のみに限らず、金型の各部に付与する駆動力、駆動速度、駆動タイミングのうちの少なくとも一つ

を用いることが可能である。すなわち、外周パンチ４の駆動力とパンチ２の駆動力との間に相対差を設けても良いし、外周パンチ４の駆動タイミングとパンチ２の駆動タイミングとの間に相対差を設けても良い。さらには、駆動力、駆動速度、駆動タイミングの三要素の組み合わせ全てにおいて、外周パンチ４及びパンチ２間で相対差を設けてもよい。

[0071] 以上に説明した通り、本実施形態の骨子は、以下に列記する通りである。

本実施形態に係るプレス成形方法は、複数に分割された金型である、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６のそれぞれを独立に駆動して素材１をプレス成形しながら、プレス成形中の素材１が金型のダイ５に付与する押圧力をセンサー７で求める第１の工程と；過負荷状態に近づいたことが前記押圧力に基づいて検出された素材１のプレス加工部分を、素材１の他のプレス加工部分に流動させるように、付与する駆動力、駆動速度、駆動タイミングのうちの少なくとも一つを、金型のパンチ２及び外周パンチ４毎に調整する第２の工程と；を備える。

[0072] 前記第１の工程では、前記押圧力を、プレス成形中の素材１の流動に伴って発生する、金型のダイ５の変形量（歪み量）に基づいて求めている。

前記第２の工程で、前記押圧力が、所定の閾値（判定値）を超えたか否かにより、前記過負荷状態に近付いたか否かを判定している。

また、前記プレス成形は、素材１を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形である。なお、例えば図８Ａ及び図８Ｂに示すように、前記押圧力を、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所で求めるようにしてもよい。すなわち、同図の例では、ダイ５における図１ＡのＡ－Ａ断面とＢ－Ｂ断面のそれぞれの高さ位置において、軸線回りに４５°の等角度間隔で４個ずつセンサー７がダイ５内に配置されている。

[0073] さらには、前記押圧力を、ダイ５内に設けたセンサー７のみで検知する形態のみに限らず、パンチ２、しわ押え３、外周パンチ４、カウンターパンチ６の少なくとも一つに設ける形態も採用可能である。例えば、図９に示す形態では、前記押圧力を、ダイ５内に設けたセンサー７に加えて、パンチ２に

設けたセンサー７と、カウンターパンチ６に設けたセンサー７とにより、検出している。

[0074] なお、センサー７の検出部の位置としては、同センサー７が設けられた金型の各部（例えばダイ５やパンチ２など）の成形面より、５ｍｍ以上５０ｍｍ以下の深さ位置に配置されることが好ましい。前記検出部の位置が成形面より５０ｍｍ以上深くなると、歪み量の検出感度が急激に低下するため好ましくない。逆に、前記検出部の位置が成形面より５ｍｍ以内に浅くなると、センサー７の感度を超えてしまって歪み量を正しく測定できない虞がある。

[0075] ［第２実施形態］

以下に、本発明の第２実施形態を説明するが、上記第１実施形態との相違点を主に説明し、その他については上記第１実施形態と同様であるとして重複説明を省略する。

本実施形態では、図１０Ａ及び図１０Ｂに示すように、縦壁部１ｂ及び突起部１Ａのそれぞれに対応した位置に組み込まれる各センサー７が、それぞれ軸線方向に沿って複数個ずつ配置されている。

[0076] 前述したように、縦壁部１ｂや突起部１Ａでの材料充満は必ずしも一様に生じない場合が有る。例えば図１０Ａに示すように、材料充満は、縦壁部１ｂの上縁部から底壁部１ａに向かって順次進む。そして、部分的に充満した縦壁部１ｂを外周パンチ４が継続して押下したために過負荷状態となって成形荷重が増加した場合、縦壁部１ｂの全体に材料が充満する前に成形荷重が過大となり、金型内部に未充満部を残した状態でプレス成形が完了する場合がある。

[0077] そこで、複数個のセンサー７を配置することにより、局部的な充満を検出して部分的な過負荷状態が生じないように外周パンチ４及びパンチ２それぞれの降下速度を制御することができる。この場合、局部的な過負荷状態の発生による荷重増加をより精度良く防止して成形荷重の低減を図り、プレス成形装置の許容荷重を超過することなく、しかも未充満部を残さずにプレス成形をすることが可能となる。

[0078] 例えば、図１０Ａ及び図１０Ｂに示したように、成形途中で縦壁部１ｂの上端部分における素材１の金型内での部分的な充満が進み、この充満部分に対応した位置に配置されたセンサー７から金型の変形を感知する信号が発信された場合、外周パンチ４の降下速度を遅くする、パンチ２の降下速度を速くする、またはこれらの両方を行うことにより、縦壁部１ｂにおける局部的な充満を緩和できる。その結果、過負荷状態の発生に伴う荷重増加を生じさせることなく、素材を金型内に均等に充満させて所定形状の製品を得ることが可能となる。

[0079] 以上、本発明の各実施形態を図面に基づいて説明したが、本発明はこれら実施形態の開示内容のみに限定されるものではない。

例えば、各実施形態が対象とする成形方法は、必ずしも、図１Ａ～図１Ｃに示したようなカップ形状の中間素材を用いる工法のみに限定されず、例えば図１１Ａ～図１１Ｃに示すような円板状の素材から一工程で最終製品を成形する工法にも適用できる。

[0080] また、各実施形態が対象とする成形方法において、相対的な速度比が制御される複数の部分に分割された金型は、必ずしも上述のパンチ側のみに限定されることはなく、複数の部分に分割されたダイス側（不図示）に適用して、複数のダイスとパンチとの間の相対的な速度制御に適用することも可能である。さらには、ダイス及びパンチの双方をそれぞれ複数の部分に分割（不図示）して、それぞれにおいて相対的な速度制御を行うようにしてもよい。

各実施形態で示した素材１の形状や金型形状は、本発明の説明に際しての例示であり、その他の形状を採用してもよい。

なお、金型の各部に対して被成形素材が付与する押圧力を検知する手段として上記実施形態では歪みセンサーを用いたが、その他の手段として、超音波や磁気変化を利用することも考えられる。

実施例

[0081]（実施例１）

外径１００ｍｍで板厚３ｍｍの円板状の炭素鋼素材から絞り成形した、外

径４８ｍｍ、板厚３ｍｍ、高さ４０ｍｍを有するカップ形状の中間素材を用いて、図１Ａ～図１Ｃに示した成形方法により、底壁部１ａに外径２３ｍｍで厚さ３ｍｍの筒状の突起部１Ａを成形した。その際、金型内には図１Ａ～図１Ｃに示す各位置にセンサー７を配置して、金型の変形に伴う歪み量を測定した。

[0082] まず、比較のために単純なプレス成形を行った。すなわち、図１Ｂの状態までプレス成形を進めた後に、外周パンチ４の降下速度をパンチ２の降下速度の１．４倍である一定値に設定してプレス成形を行った。その結果、プレス成形の途中で縦壁部１ｂに過負荷状態が発生し、荷重がプレス成形装置の許容限界を超えたために成形が中断した。

次に、上記第１実施形態を適用してプレス成形を行った。すなわち、図１Ｂの状態まで成形を進めた後に、外周パンチ４の降下速度をパンチ２の降下速度の１．４倍に設定した上で、金型内に配置した各センサー７を用いて金型の変形に伴う歪み量を測定しながら成形を開始した。そして、プレス成形の途中で、縦壁部１ｂに対応した位置に配置されたセンサー７で測定された歪み信号が、予め定めた判定値に達したため、コントローラ１０からの指示で外周パンチ４の降下速度を遅くした。

[0083] ここでは、前記判定値としては、通常生産において蓄積した、荷重超過等の問題が生じることなくプレス成形が正常終了した場合の成形過程における、センサー７からの出力値の最大値を用いた。そして、前記歪み信号が前記判定値に達した際、外周パンチ４の降下速度を、初期におけるパンチ２の降下速度の１．４倍から１．０倍まで遅くした。

その後、センサー７からの歪み信号の値が徐々に低下し、前記判定値の０．９倍となった時点で、コントローラ１０からの指示により外周パンチ４の降下速度を、初期におけるパンチ２の降下速度の１．４倍まで増加させた。その結果、プレス成形荷重が成形装置の許容限界を超えることなく、プレス成形を完了させることができた。

[0084] （実施例２）

まず、比較のために単純なプレス成形を行った。すなわち、外径１５０ｍｍで板厚４ｍｍの円板状のステンレス鋼素材を用いて、図１１Ａ～図１１Ｃに示したプレス成形方法により、外径８０ｍｍで厚さ４ｍｍのカップ状部材の底面に、外径３５ｍｍで厚さ４ｍｍの筒状の突起部１Ａを成形した。その際、金型内には、図１１Ａに示したように、縦壁部１ｂ及び突起部１Ａのそれぞれに対して、３個ずつセンサー７を配置して、金型の変形に伴う歪み量分布を細かく測定した。図１１Ｂの状態までプレス成形を進めた後、外周パンチ４の降下速度を、パンチ２の降下速度の１．２倍に固定して成形を行った。その結果、プレス成形の途中で荷重がプレス成形装置の許容限界を超えたため、プレス成形が中断した。

[0085] 次に、図１１Ａ～図１１Ｃに示した実施形態を適用して、図１１Ｂの状態までプレス成形を進めた後に、外周パンチ４の降下速度をパンチ２の降下速度の１．２倍とし、さらに、金型内に配置した各センサー７を用いて金型の変形に伴う歪み量を測定しながらプレス成形を開始した。そして、プレス成形の途中で、縦壁部１ｂに配置されたセンサー７で測定した歪み信号が、予め定めた判定値に達したため、コントローラ１０からの指示で外周パンチ４の降下速度を遅くした。

[0086] ここで、前記判定値としては、別途、プレス成形実験で採取した、金型内部におけるプレス成形品の成形状況とセンサーの出力値との関係から求めた過負荷時の出力値を用いた。そして、前記歪み信号が前記判定値に達した際、外周パンチ４の降下速度を、初期におけるパンチ２の降下速度の１．２倍から０．９倍まで遅くした。

その後、センサー７からの歪み信号の値が徐々に低下し、前記判定値の０．８倍となった時点で、コントローラ１０からの指示により外周パンチ４の降下速度を初期におけるパンチ２の降下速度の１．２倍にまで増加させた。その結果、プレス成形荷重がプレス成形装置の許容限界を超えることなく、プレス成形を完了させることができた。

産業上の利用可能性

[0087] 本発明によれば、金型に付与する荷重がプレス成形装置の荷重制限を超過して成形不能となることなく、しかも、金型内の材料未充満による形状不良のない製品を素材から安定して絞り成形することが可能な、プレス成形方法及びプレス成形用金型を提供することが可能となる。

符号の説明

[0088] １　被成形素材

２　パンチ

３　しわ押え

４　外周パンチ

５　ダイ

６　カウンターパンチ

７　歪みセンサー、センサー

１０　コントローラ

１１　記憶部

２１　パンチ駆動部

２２　しわ押え駆動部

２３　外周パンチ駆動部

２４　カウンターパンチ駆動部

請求の範囲

[請求項1] 複数に分割された金型の各部それぞれを独立に駆動して被成形素材をプレス成形しながら、プレス成形中の前記被成形素材が前記金型の前記各部に付与する押圧力を求める第１の工程と；

過負荷状態に近づいたことが前記押圧力に基づいて検出された前記被成形素材の加工部分を、前記被成形素材の他の加工部分に流動させるように、付与する駆動力、駆動速度、駆動タイミングのうちの少なくとも一つを、前記金型の前記各部毎に調整する第２の工程と；

を備えることを特徴とするプレス成形方法。

[請求項2] 前記第１の工程で、前記押圧力を、前記プレス成形中の前記被成形素材の流動に伴って発生する前記金型の変形量に基づいて求めることを特徴とする請求項１に記載のプレス成形方法。

[請求項3] 前記第２の工程で、前記押圧力が、所定の閾値を超えたか否かにより、前記過負荷状態に近付いたか否かを判定することを特徴とする請求項１又は２に記載のプレス成形方法。

[請求項4] 前記プレス成形が、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形であり；

前記押圧力を、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所で求める；

ことを特徴とする請求項１～３の何れか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項5] 前記プレス成形が、前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形であり；

前記押圧力を、前記軸線の延在方向に沿った複数箇所で求める；

ことを特徴とする請求項１～３の何れか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項6] さらに、前記押圧力を、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所で求める

ことを特徴とする請求項５に記載のプレス成形方法。

[請求項7] 前記金型が、ダイ及びパンチを含み；

前記押圧力を、前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方に設けられた歪みセンサーにより求める；

ことを特徴とする請求項１～６の何れか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項8] 前記第１の工程の前に、

前記駆動力及び前記駆動速度及び前記駆動タイミングのうちの少なくとも一つと、前記過負荷状態を伴わない前記押圧力との間における予測対応関係を数値計算で求める計算工程と；

前記計算工程で得られた前記予測対応関係に従って、前記金型の前記各部それぞれを独立に駆動して前記被成形素材をプレス成形しながら、成形中の前記被成形素材が前記金型の前記各部に付与する前記押圧力を実測することで、実測された前記押圧力と、前記駆動力及び前記駆動速度及び前記駆動タイミングのうちの少なくとも一つとの間における実測対応関係を求める実測工程と；

前記計算工程で得られた前記予測対応関係と、前記実測工程で得られた前記実測対応関係との差異を求め、前記予測対応関係を補正する補正工程と；

を含む予備工程を行い、

前記予備工程で得られた補正後の前記予測対応関係に従って、前記第１の工程を行う

ことを特徴とする請求項１～７の何れか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項9] 複数に分割され、各部が駆動力を個別に受けて被成形素材をプレス成形する金型であって、

前記プレス成形時に前記被成形素材から前記金型の成形面が受ける押圧力を取得するセンサーが設けられている

ことを特徴とするプレス成形用金型。

[請求項10] 前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形用であり；

前記センサーが、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所に設けられている；

ことを特徴とする請求項９に記載のプレス成形用金型。

[請求項11] 前記被成形素材を、軸線を有する円筒状部材に成形する絞り成形用であり；

前記センサーが、前記軸線の延在方向に沿った複数箇所に設けられている；

ことを特徴とする請求項９に記載のプレス成形用金型。

[請求項12] さらに、前記センサーが、前記軸線を中心とする周方向の複数箇所に設けられている

ことを特徴とする請求項１１に記載のプレス成形用金型。

[請求項13] ダイ及びパンチを含み；

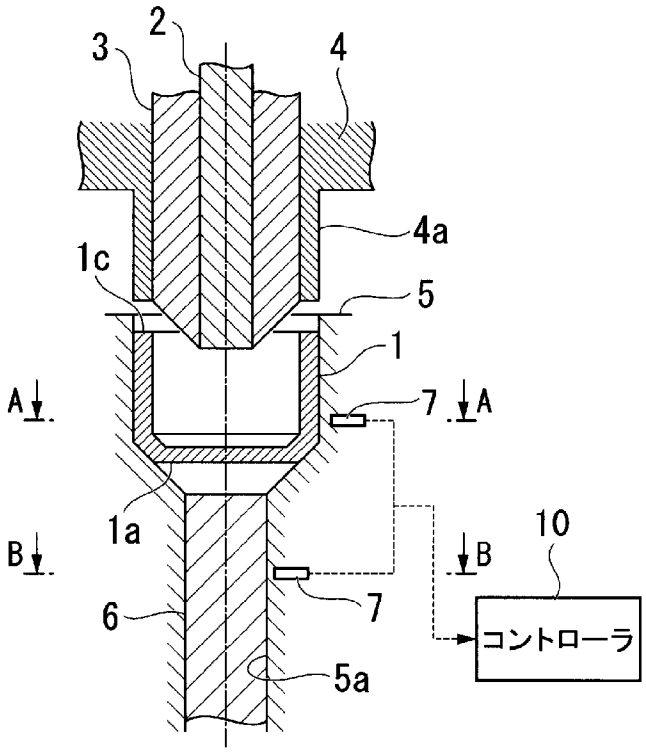
前記センサーが、前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方に設けられた歪みセンサーである；

ことを特徴とする請求項９～１２の何れか一項に記載のプレス成形用金型。

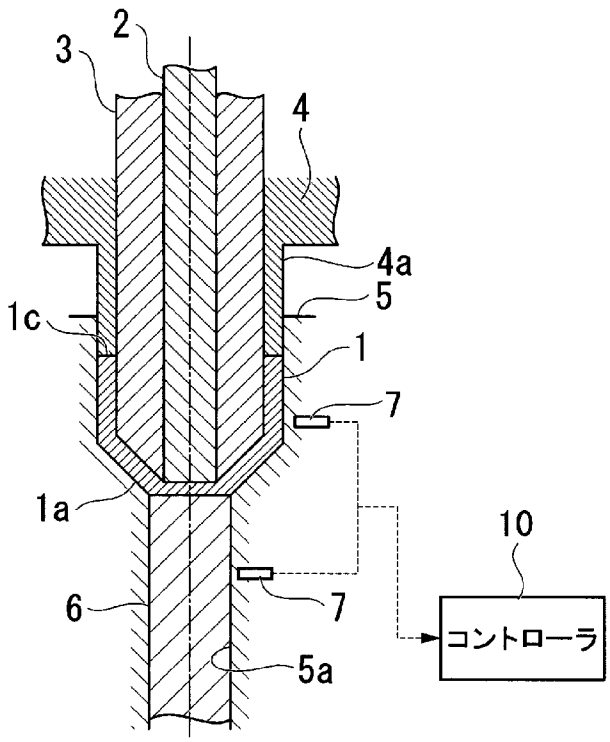
[請求項14] 前記歪みセンサーの検出部が、前記歪みセンサーが設けられた前記ダイ及び前記パンチの少なくとも一方の成形面より、５ｍｍ以上５０ｍｍ以下の深さ位置に設けられている

ことを特徴とする請求項１３に記載のプレス成形用金型。

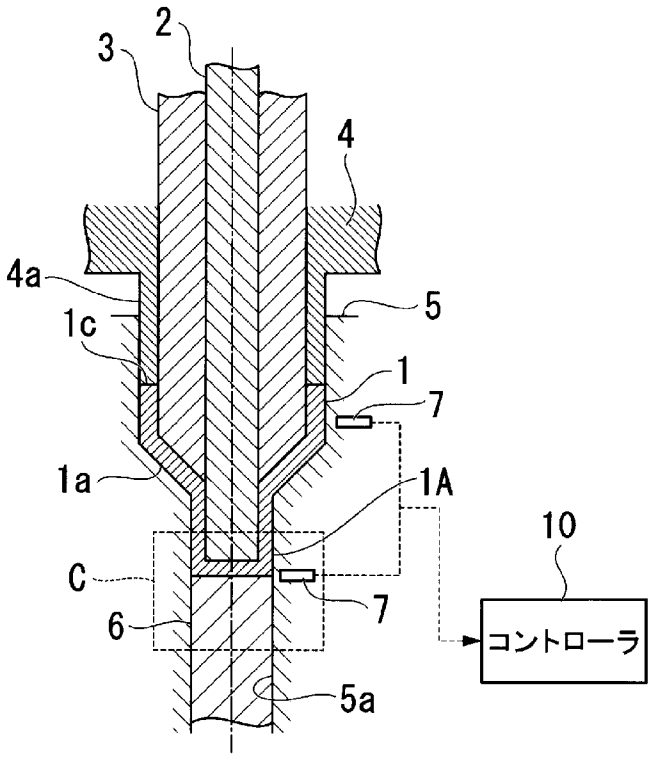
[図1A]


2
3
4
4a
1c
5
1
A
7
A
1a
B
B
10
6
7
コントローラ
5a

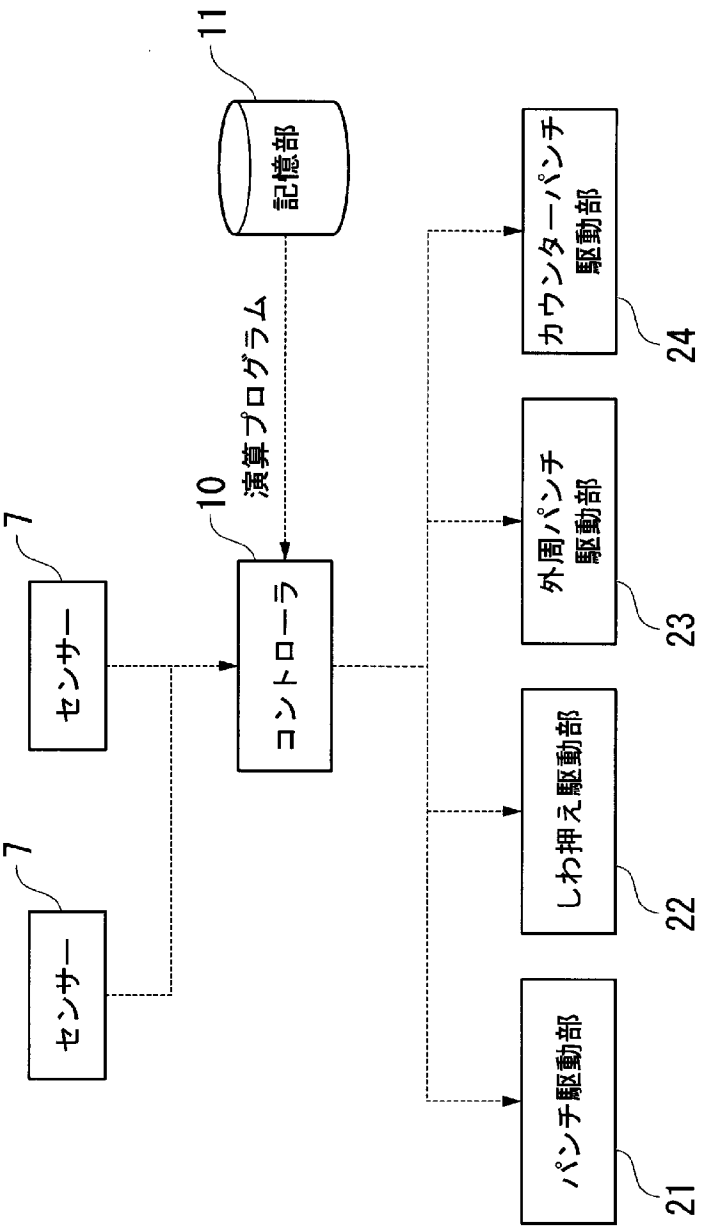
[図1B]


2
3
4
4a
5
1c
1
7
1a
10
6
7
コントローラ
5a

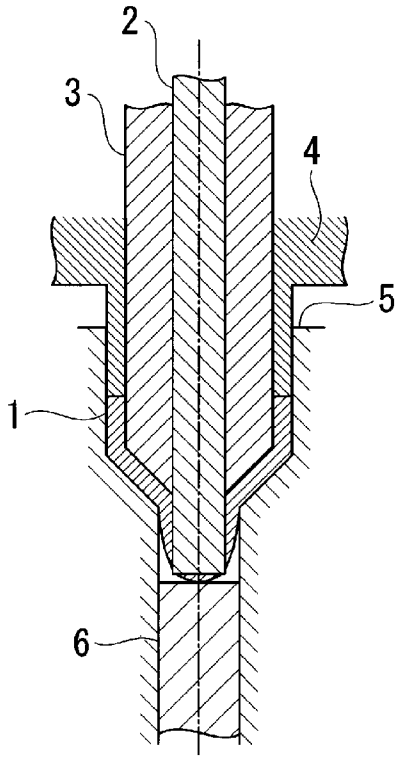
[図1C]



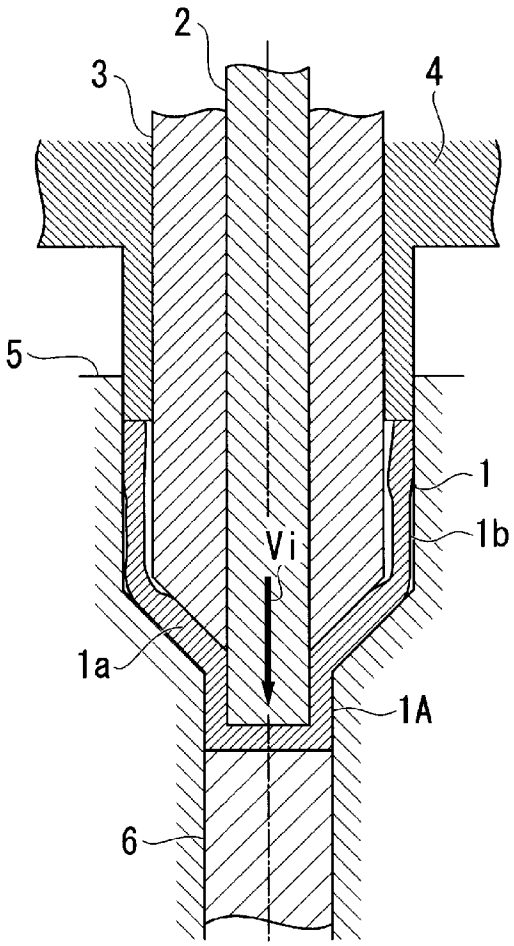
[図2]


11
記憶部
演算プログラム
10
コントローラ
7
センサー
7
センサー
カウンターパンチ駆動部
24
外周パンチ駆動部
23
しわ押え駆動部
22
パンチ駆動部
21

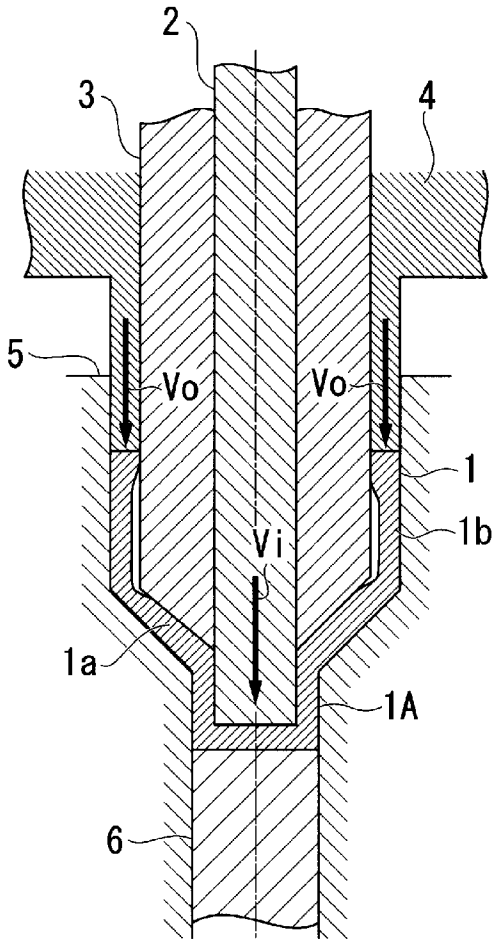
[図3]



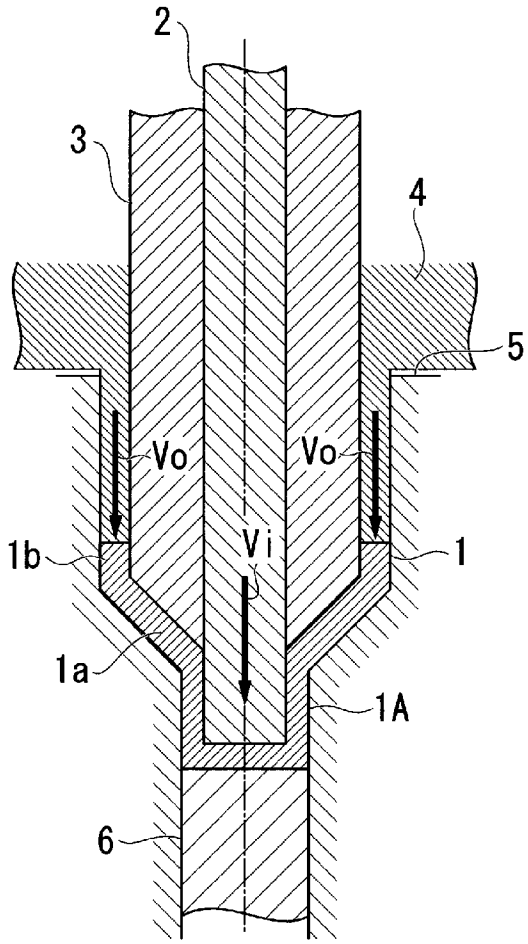
[図4A]



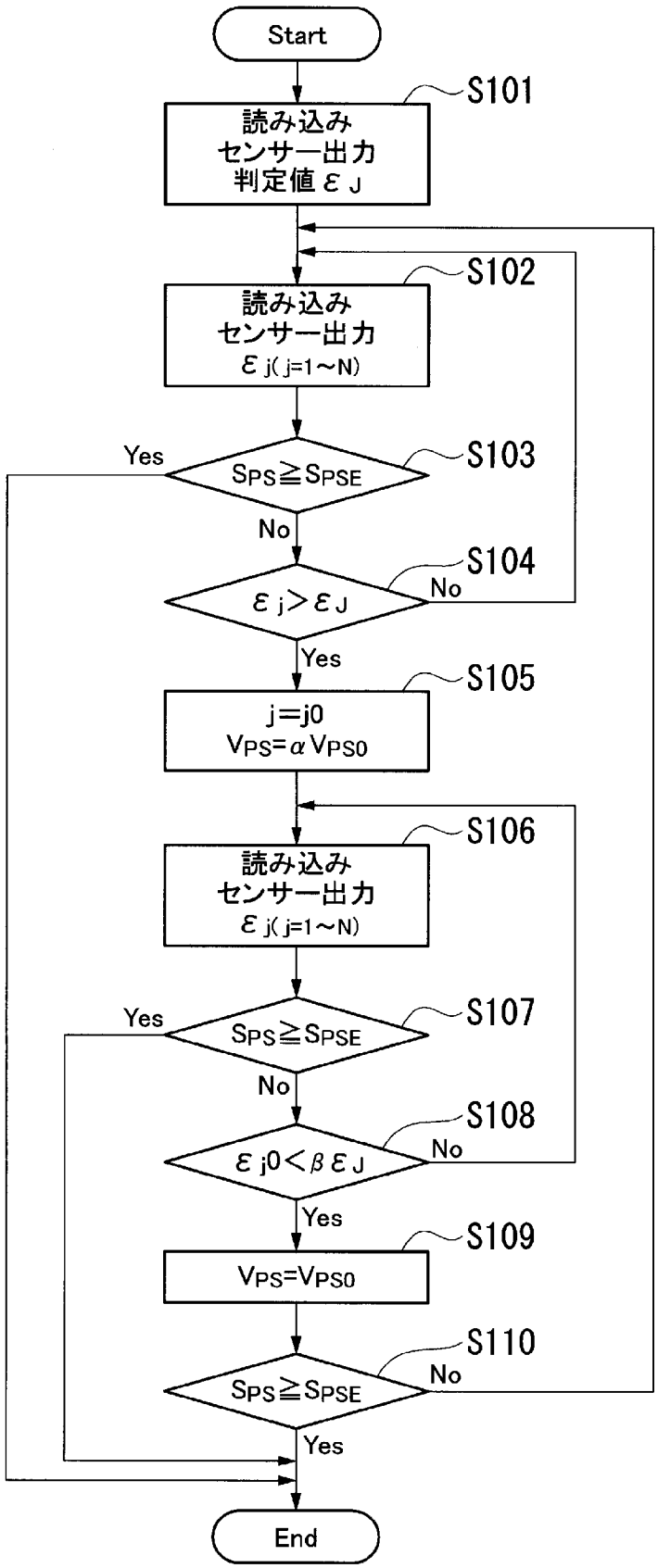
[図4B]



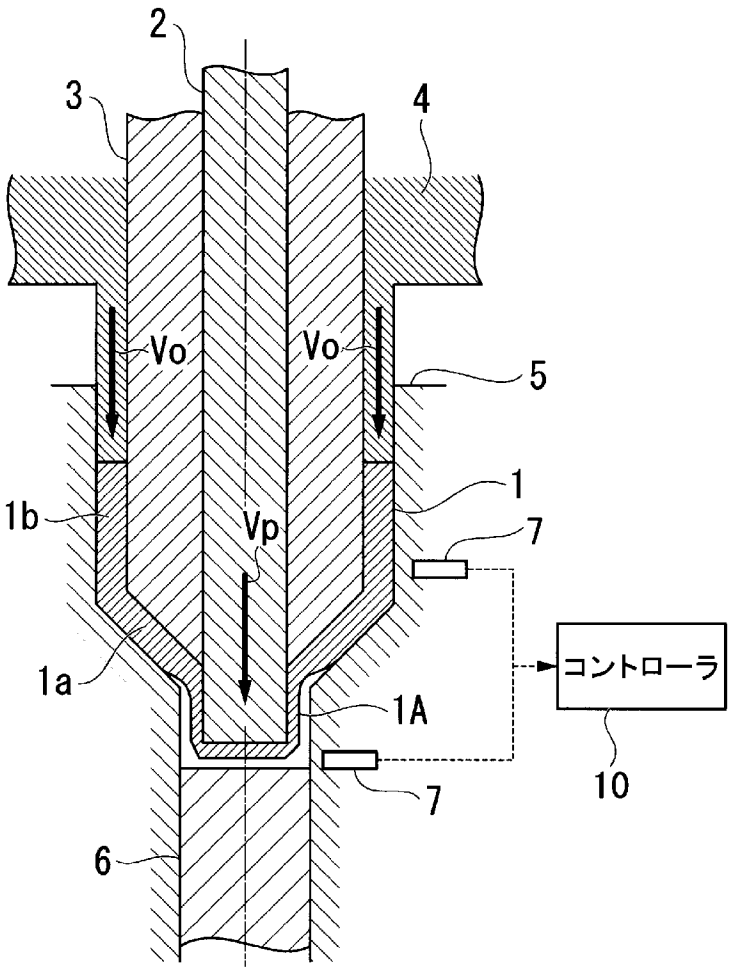
[図4C]



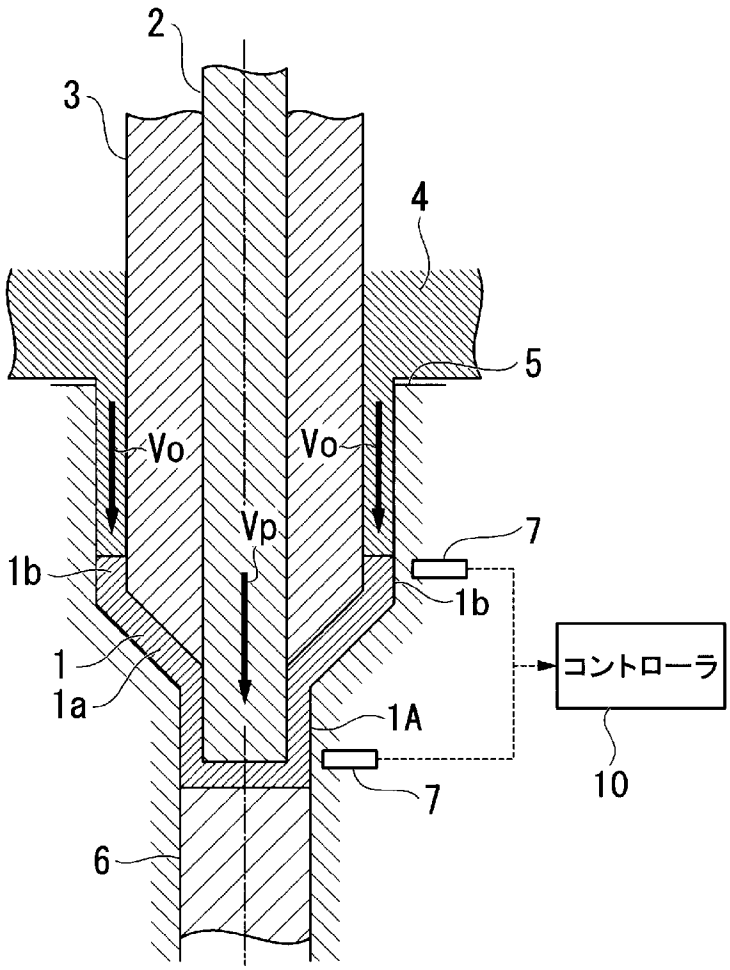
[図5]


Start
S101
読み込み
センサー出力
判定値 ε J
S102
読み込み
センサー出力
ε j(j=1～N)
S103
Yes
SPS≧SPSE
No
S104
ε j＞ε J
No
Yes
S105
j=j0
VPS=αVPS0
S106
読み込み
センサー出力
ε j(j=1～N)
S107
Yes
SPS≧SPSE
No
S108
ε j0＜β ε J
No
Yes
S109
VPS=VPS0
S110
SPS≧SPSE
No
Yes
End

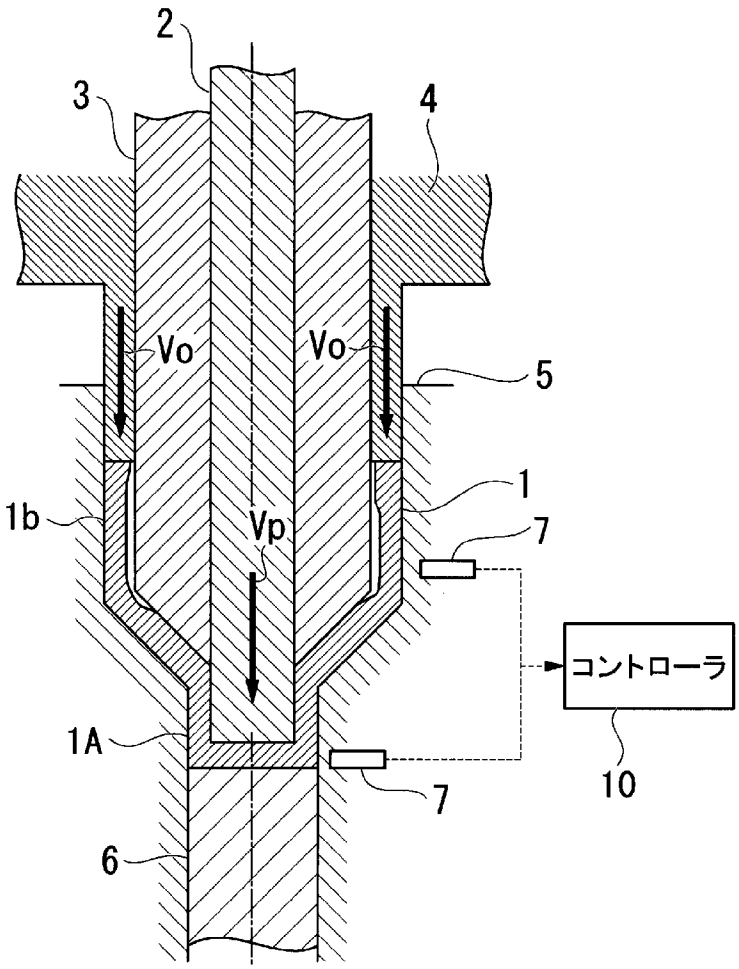
[図6A]



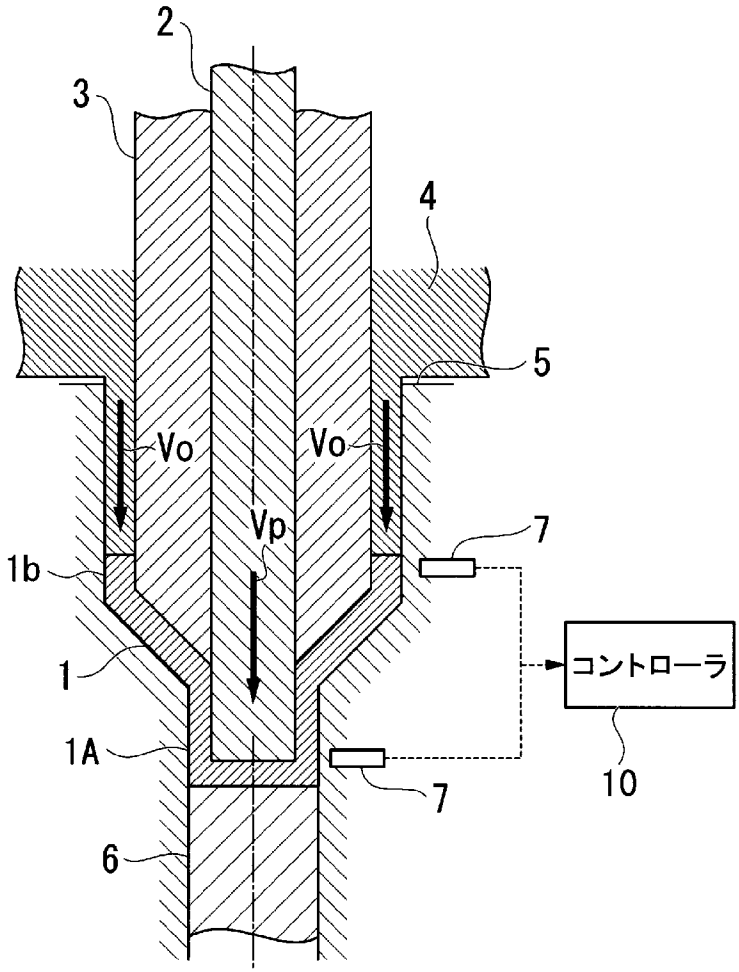
[図6B]



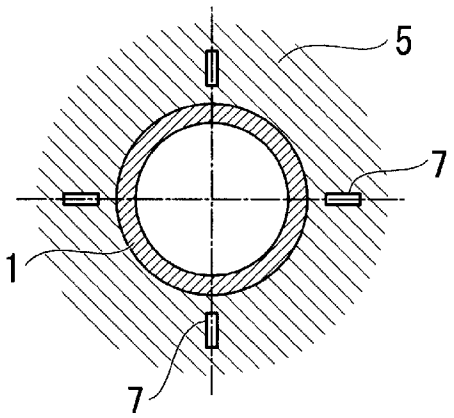
[図7A]



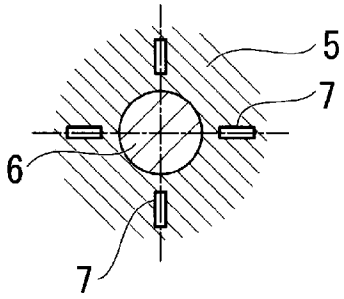
[図7B]



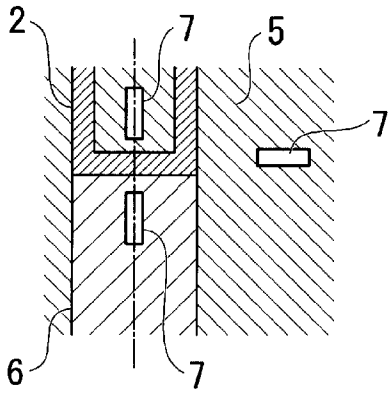
[図8A]



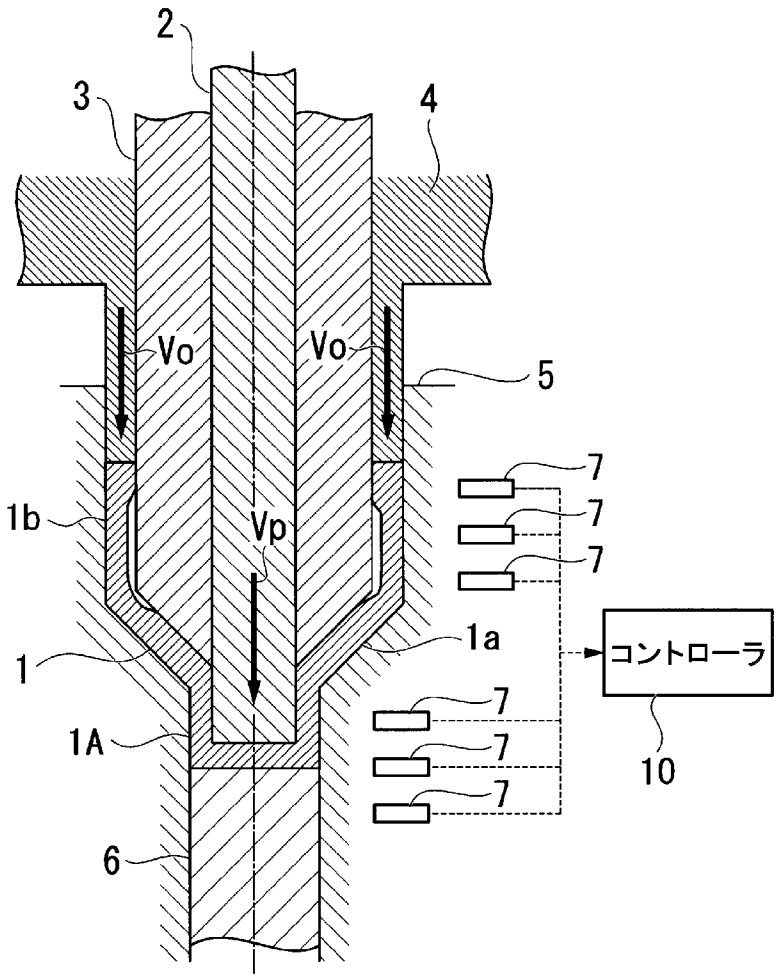
[図8B]



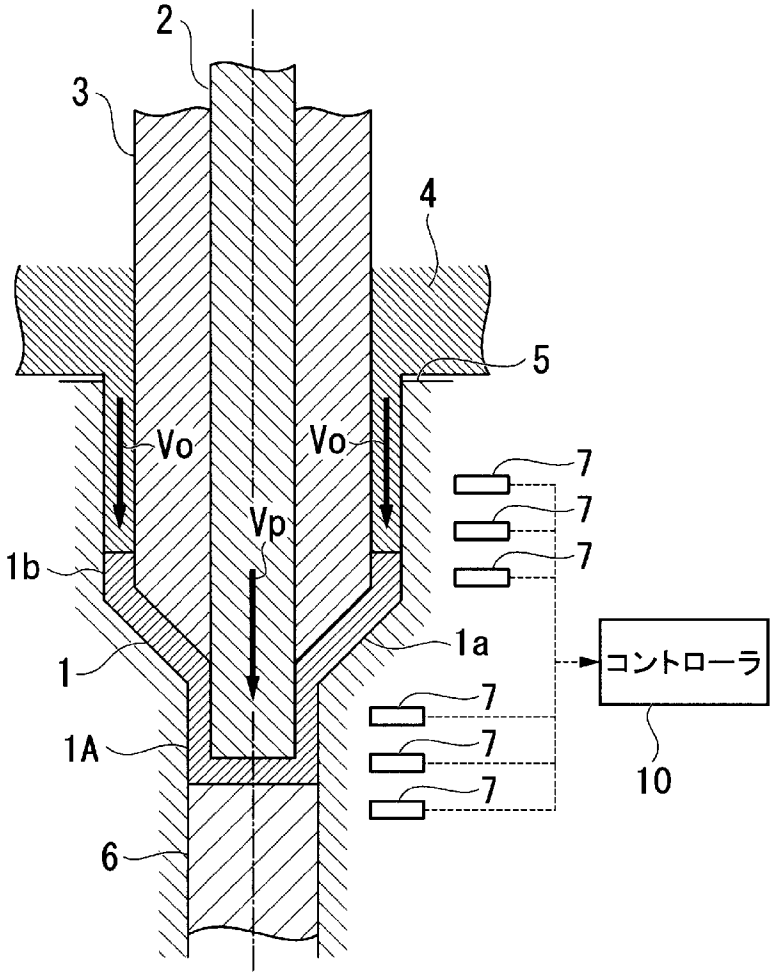
[図9]



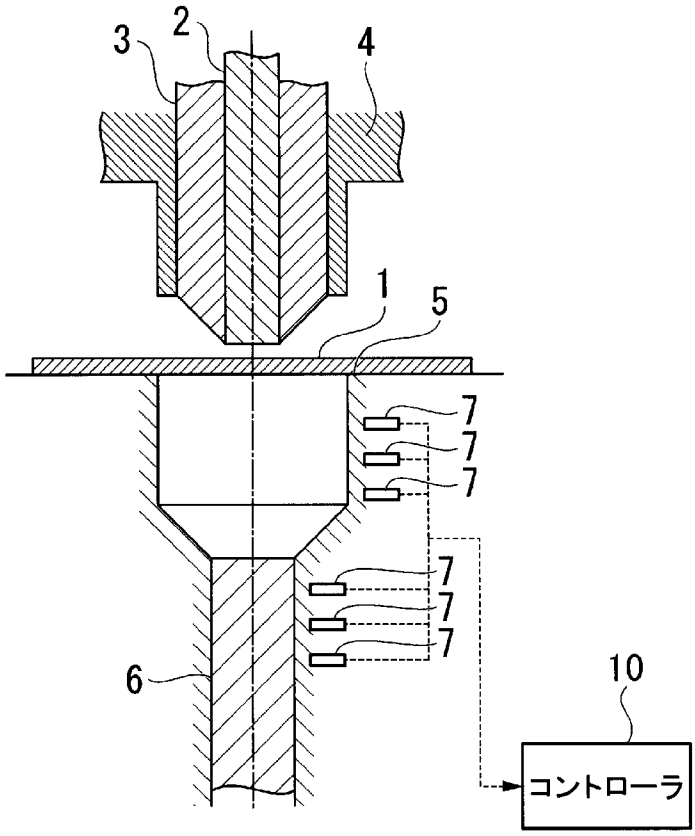
[図10A]



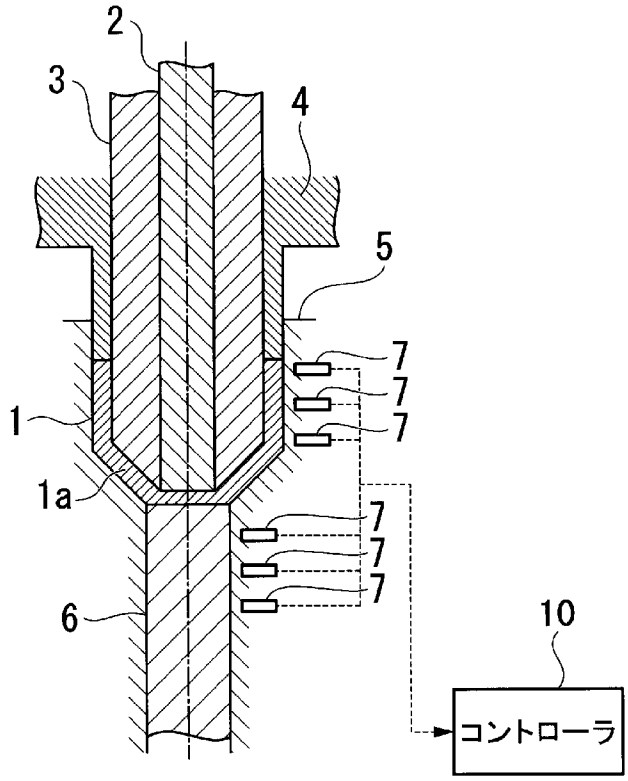
[図10B]



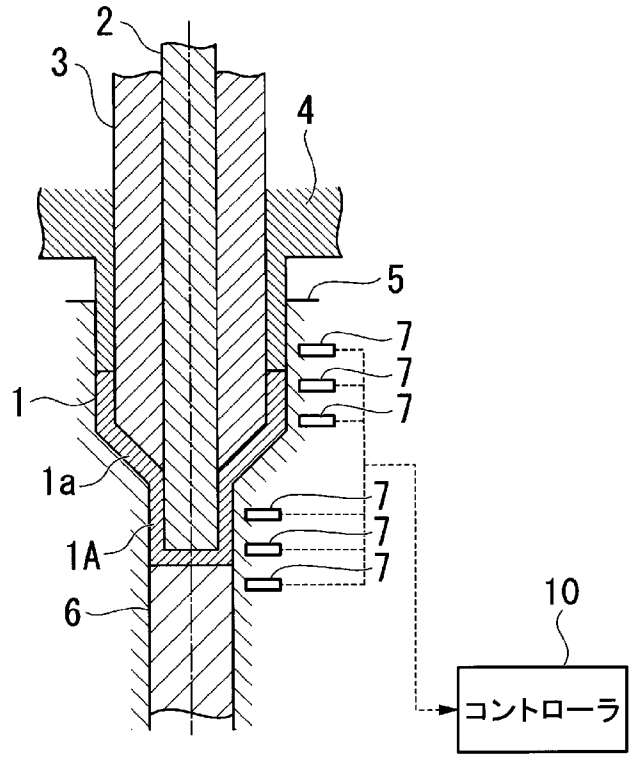
[図11A]



[図11B]



[図11C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/063750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B21D24/00(2006.01)i, *B21D22/20*(2006.01)i, *B21D37/00*(2006.01)i, *B30B15/28*(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)
B21D24/00, B21D22/20, B21D37/00, B30B15/28

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 5-57496 A (Fanuc Ltd.), 09 March 1993 (09.03.1993), claims 1 to 2; paragraphs [0019] to [0037]; all drawings (Family: none)	9 1-3,7-8, 13-14 4-6,10-12
Y A	JP 2005-186142 A (Toyota Motor Corp.), 14 July 2005 (14.07.2005), paragraphs [0026] to [0027] (Family: none)	1-3,7-8 4-6,9-14
Y A	JP 2008-132502 A (Nihon Spindle Mfg. Co., Ltd.), 12 June 2008 (12.06.2008), paragraphs [0015] to [0016] (Family: none)	1-3,7-8 4-6,9-14

☒ 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
06 July 2015 (06.07.15)	21 July 2015 (21.07.15)

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/JP2015/063750

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 2005-205438 A (Daido Steel Co., Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), paragraph [0009] (Family: none)	2-3,7-8, 13-14 1,4-6,9-12
Y A	JP 8-174075 A (Amada Co., Ltd.), 09 July 1996 (09.07.1996), paragraph [0027] (Family: none)	2-3,7-8, 13-14 1,4-6,9-12
A	JP 2011-136368 A (Hitachi, Ltd.), 14 July 2011 (14.07.2011), paragraph [0050] & US 2011/0132208 A1 & CN 102152493 A	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６３７５０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21D24/00(2006.01)i, B21D22/20(2006.01)i, B21D37/00(2006.01)i, B30B15/28(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21D24/00, B21D22/20, B21D37/00, B30B15/28

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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	JP 5-57496 A（フアナツク株式会社）1993.03.09, 請求項１－２、段落１９－３７及び全図（ファミリーなし）	9 1-3, 7-8, 13-14
A		4-6, 10-12
Y A	JP 2005-186142 A（トヨタ自動車株式会社）2005.07.14, 段落２６－２７（ファミリーなし）	1-3, 7-8 4-6, 9-14

☑　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	国際調査報告の発送日
０６．０７．２０１５	２１．０７．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｐ　４０１９
石黒　雄一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

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
Y A	JP 2008-132502 A（日本スピンドル製造株式会社）2008.06.12，段落１５－１６（ファミリーなし）	1-3，7-8 4-6，9-14
Y A	JP 2005-205438 A（大同特殊鋼株式会社）2005.08.04，段落９（ファミリーなし）	2-3，7-8，13-14 1，4-6，9-12
Y A	JP 8-174075 A（株式会社アマダ）1996.07.09，段落２７（ファミリーなし）	2-3，7-8，13-14 1，4-6，9-12
A	JP 2011-136368 A（株式会社日立製作所）2011.07.14，段落５０ & US 2011/0132208 A1 & CN 102152493 A	1-14