

(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 10 月 8 日(08.10.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/152107 A1

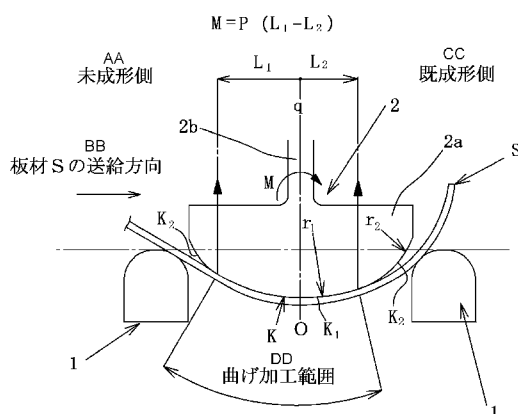
- (51) 国際特許分類:
B21D 5/01 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059833
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 30 日(30.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-072523 2014 年 3 月 31 日(31.03.2014) JP
特願 2015-046163 2015 年 3 月 9 日(09.03.2015) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堀江 正之 (HORIE Masayuki); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 安原 勇 (YASUHARA Isamu); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 田村 征哉 (TAMURA Yukuya); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 谷一 憲司 (TANIICHI Kenji); 〒6740093 兵庫県明石市二見町南二見 1 5 番地の 1 川崎油工株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人銀座マロニエ特許事務所 (GINZA MARONIE P.C.); 〒1040061 東京都中央区銀座 2 丁目 8 番 9 号木挽館銀座ビル 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, 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.

[続葉有]

(54) Title: DIE FOR BENDING-PRESS FORMING

(54) 発明の名称: ベンディングプレス成形用金型

[図2]



AA... NOT-YET-SHAPED SIDE
BB... DIRECTION IN WHICH SHEET MATERIAL (S) IS ADVANCED
CC... ALREADY-SHAPED SIDE
DD... EXTENT OVER WHICH BENDING IS PERFORMED

(57) Abstract: [Problem] To propose a die for bending-press forming whereby the effects of bending moments are small and a high-roundness cylinder can be obtained. [Solution] In this die for bending-press forming, said die comprising a left/right pair of die blocks (1) that support a sheet material (S) at two points and a punch (2) that can move toward and away from the die blocks (1) and bends the sheet material (S) sandwiched between the die blocks (1) and the punch (2) by successively applying pressure thereto in the width direction thereof, the punch (2) comprises the following: a punch head (2a) that has a working surface (K) that directly contacts the sheet material (S) and applies pressure thereto so as to give the sheet material (S) a concave shape; and a punch support (2b) that is attached to the punch head (2a) so as to be held thereby and supports said punch head (2a). The center (O) of the working surface (K) of the punch head (2a) coincides with the central axis (q) of the punch support (2b), and the shape of said working surface (K) is a non-uniform circular arc, the radius thereof in the widthwise middle thereof being the maximum radius thereof.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/152107 A1



(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))

【課題】 曲げモーメントによる影響が少なく、真円度の高い円筒体を得ることができるベンディングプレス成形用金型を提案する。【解決手段】 板材 (S) を 2 箇所において支持する左右一対のダイ (1) と、このダイ (1) に近接、離隔する向きに移動可能で、かつ、ダイ (1) との挟持下に板材 (S) をその幅方向に沿い逐次押圧して曲げ加工を施すパンチ (2) とを備えたベンディングプレス成形金型において、パンチ (2) を、板材 (S) に直接接して板材 (S) を凹形状に押圧する加工面 (K) を有するパンチ先端部 (2 a) と、このパンチ先端部 (2 a) に連結保持され、該パンチ先端部 (2 a) を支持するパンチ支持体 (2 b) にて構成する。そして、パンチ先端部 (2 a) に、パンチ支持体 (2 b) の軸芯 (q) に合致する加工中心 (O) を有し、その幅方向の中央域における半径を最大半径とする非一様円弧にて形成された加工面 (K) を設ける。

明 細 書

発明の名称：ベンディングプレス成形用金型

技術分野

[0001] 本発明は、３点曲げプレスにより、板材をその送給方向に沿い逐次押圧して曲げ加工を施すことによって、例えば、ラインパイプ等に使用される大径、かつ厚肉の鋼管を効率的に製造するのに適したベンディングプレス成形用金型に関するものである。

背景技術

[0002] ラインパイプ等に使用される大径、かつ厚肉の鋼管を製造する技術としては、所定の長さ、幅、板厚を有する鋼板を、Ｕ字状にプレス加工し、次いで、Ｏ字状にプレス成形したのちその端部を、溶接により突き合わせ接合して鋼管となし、さらに真円度を高めるべく、その径を拡大（いわゆる拡管）する、いわゆるＵＯＥ成形技術が広く普及している。

[0003] しかし、上記ＵＯＥ成形技術では、鋼板をプレス加工してＵ字状、Ｏ字状に成形する工程において高いプレス圧力を必要とすることから大掛かりなプレス機械を使用せざるを得ない状況にある。

[0004] このため、最近では、この種の鋼管を製造するに当たっては、プレス圧力を軽減する技術の検討がなされている。

[0005] この点に関する先行技術としては、鋼板の幅方向の端部に予め曲げ加工を施し（端曲げ）、次いで、複数回の３点曲げプレスにより鋼板をほぼ円形に成形したのち、さらに、形状を矯正して鋼管とするベンディングプレス成形技術が実用化されている。

[0006] 図９は、かかるベンディングプレス成形を行う場合の実施する形態の一例を示した図である。図における符号１０１は、板材Ｓの搬送経路内に配置されたダイである。このダイ１０１は、板材Ｓをその搬送方向に沿って２箇所支持する左右一対の棒状部材１０１ａ、１０１ｂから構成されており、成形すべき鋼管のサイズに応じてその相互間隔 e が変更できるようになってい

る。ただし、１枚の板材Ｓをプレス成形して１体のオープン管を製造する過程の中では、相互間隔 e は変更されない。

[0007] また、１０２は、ダイ１０１に近接、離隔する向きに移動可能としたパンチである。このパンチ１０２は、板材Ｓに直接接して該板材Ｓを凹形状に押圧する下向き凸状の加工面Ｋを有するパンチ先端部１０２ａと、このパンチ先端部１０２ａの背面につながり、該パンチ先端部１０２ａを支持するパンチ支持体１０２ｂからなる。通常、パンチ先端部１０２ａの最大幅とパンチ支持体１０２ｂの幅（厚さ）とは等しくなっている。また、１０３は、板材Ｓの搬送経路を形成するローラである。

[0008] そして、上記の３点曲げプレスを適用した加工では、加工時における負荷や製品形状を考慮に入れて加工回数や使用する工具（特に形状）を経験的に決めているのが普通である（例えば、工具の加工幅１２０ｍｍ、加工回数５０～６０回程度）。

[0009] ところで、この曲げ加工方式は、加工回数が増大し効率的な製造を行うのが難しく、このための取り組みとして、例えば、特許文献１には、鋼板の幅方向におけるプレス成形に当たって、該鋼板の幅方向における両端部分と中間の特定部分とに、それぞれ所望長さの直状部が残存しかつ直状部間を円弧部として曲げ形成するとともに、継ぎ目部を溶接して半成形丸鋼管を形成し、この半成形丸鋼管の全体を加熱したのち、その成形面を最終半径に対応する半円状とした複数の成形ロールの間を通して熱間成形することによって形状を整える方法が提案されている。

[0010] しかしながら、上記特許文献１に開示されたものは、プレス成形後の成形体が４角形に近い形状を有しており、形状を矯正するための工程（熱間）を別途に設けることが不可欠であって、加熱にかかる熱エネルギーの消費量を含めると製造コストの著しい上昇を招くという問題がある。

[0011] また、この方法は、強度や靱性、溶接性を兼備するために加工熱処理プロセスを経て製造された板材を原板として用いる場合に、その特性を損なうおそれもある。

[0012] 一方、特許文献2には、上工具として機能するパンチと、それを支持する曲げボード（上記パンチ支持体に相当する）との接続部において作用する応力を緩和しながら、3点曲げプレスでの加工回数を減じる方法が提案されている。

[0013] 上記特許文献2によれば、該パンチの加工幅は曲げボードの幅よりも広いので、上掲図9に示した如きパンチの場合に比べ、3点曲げプレスでの加工回数を減じることができる。また、該パンチが、曲げボードに対して回転自在に取り付けられていることから、該曲げボードには、回転部の摩擦によって生じる小さな曲げモーメント以外に作用することがないため設備にかかる負荷が軽減される利点がある。しかしながら、回転支持部は、曲げボードの幅よりも小さくなるため、その部位に大きな面圧が作用し、該回転支持部の摩耗や変形を引き起こすことが懸念され、早期のうちに回転機能が維持できなくなる可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開2005-324255号公報

特許文献2：特開2004-82219号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 上述したように、従来技術においては、ベンディングプレス成形で使用するパンチの加工幅を単純に広げることは容易ではなく、パンチの加工幅を広げつつパンチ先端部とパンチ支持体との接続部に過大な負荷が加わらないようにするためには、パンチ支持体の幅（厚さ）を十分に大きくすることが有用である。

[0016] しかし、近年、ベンディングプレス成形の後の工程での精度向上を図る観点から、ベンディングプレス成形で使用するパンチのパンチ支持体の幅（厚さ）を小さくすることが要求されている。

[0017] また、ベンディングプレス成形により板材を円筒状に成形して管体となす場合、被成形材である管体をパンチから外す際に該管体をその長手方向に沿って抜き出すようにしたとしても、管体において互いに向かい合う板端部相互の間隔は、パンチ支持体の幅（厚さ）よりも小さくすることは原理的にできない。

[0018] こうした、板材を円筒状に成形して互いに向かい合う板端部が溶接されておらずギャップを有する状態の管体（以下、このような管体をオープン管とも称する）において、互いに向かい合う板端部（以下、このような部位をシーム部とも称する）を溶接する際に、管体の外部から力を加えて管体を変形させ、互いに向かい合う板端部を相互に突き合わせてギャップをなくす必要がある。ここで、ベンディングプレス成形においては、板端部におけるギャップが小さいほど該板端部を相互に突き合わせるのに必要な力が小さくてすむとともに、真円度低下などの形状不良も生じにくくなる。このようにベンディングプレス成形において、パンチの加工幅を広げつつもパンチ支持体の幅（厚さ）の増加を極力抑える技術の要請が高まっている。

[0019] そこで、本発明の目的は、３点曲げプレスにより板材から鋼管を製造するに当たり、加工工具の摩耗や変形を引き起こしたり、製品品質を損なったりすることなしに、効率的に曲げ加工を施すことができるベンディングプレス成形用金型を提案するところにある。

課題を解決するための手段

[0020] 本発明は、板材の送給方向に沿い間隔をおいて配置され、該板材を二箇所において支持するダイと、このダイに近接、離隔する向きに移動可能で、かつ、前記ダイに支持された前記板材をその送給方向に沿って逐次押圧して曲げ加工を施すパンチとを備えたベンディングプレス成形用金型であって、前記パンチは、前記板材に直に当接して前記板材を押圧するパンチ先端部と、該パンチ先端部の背面に連結保持され、該パンチ先端部を支持するパンチ支持体を備え、前記パンチ先端部に、前記パンチ支持体の軸芯に合致する加工中心を有し、その幅方向の中央域における半径を最大半径とする非一様円弧

にて形成された加工面を設けたことを特徴とするベンディングプレス成形用金型である。

[0021] 上記の構成からなるベンディングプレス成形用金型において、

- 1) 非一様円弧が、連続円弧または不連続円弧からなること、
 - 2) 非一様円弧が、インポリュート曲線からなること、
 - 3) 非一様円弧が、連続円弧または不連続円弧から構成される場合において、該連続円弧、不連続円弧を、加工すべき円筒体の内径に対応する半径を有し、前記加工中心を境にして左右同等の加工長さ（接触長さ）を有する主円弧と、この主円弧の幅端縁につながり、該半径よりも小さい半径を有する副円弧にて構成すること、さらに
 - 4) 非一様円弧のうち、主として曲げ加工に寄与する円弧は、板材の送り量の0.90倍未満の加工長さを有すること
 - 5) 連続円弧、不連続円弧において、主円弧は、板材の送り量の0.90倍未満の加工長さを有すること、
- が本発明の課題解決のための具体的手段として好ましい。

発明の効果

[0022] 上記の構成からなる本発明のベンディングプレス成形用金型によれば、パンチ先端部に、前記パンチ支持体の軸芯に合致する加工中心を有し、その幅方向の中央部における半径を最大半径とする非一様円弧からなる加工面を設けるようにしたため、板材の曲げ範囲が増大していても、加工面の幅端が板材に強く接触することがなく、パンチの変形や損傷を引き起こすような過大な曲げモーメントの発生を抑制することができ、しかも、従来よりも幅広い板材を一度に加工することができるため、少ない加工回数で真円度の高い鋼管を得ることができる。また、板材を加熱するような工程も不要であり、板材（原板）の製造工程で得られた強度、靱性、溶接性といった特性をそのまま維持することが可能となる。

[0023] また、本発明にかかるベンディングプレス成形用金型によれば、非一様円弧を、異なる半径を有する少なくとも2つの円弧を組み合わせた連続円弧ま

たは不連続円弧としたため、曲げ加工時にパンチの加工面の幅端が板材に強く接触することがなくなる。このため、パンチの変形や損傷を引き起こす過大な曲げモーメントが発生するのを回避することが可能となる。また、比較的簡単に加工面を形成することができる。

[0024] また、上記の構成からなるベンディングプレス成形用金型によれば、非一様円弧を、インポリュート曲線からなるものとするにより、パンチの加工面を容易に形成することができる。

[0025] さらに、本発明のベンディングプレス成形用金型によれば、連続円弧、不連続円弧を、加工すべき鋼管の内径に対応する半径を有し、前記加工中心を境にして左右同等の加工長さを有する主円弧と、この主円弧の幅端縁につながり、該主円弧の半径よりも小さい半径を有する副円弧とによって構成するようにしたため、板材の未変形部と既変形部とで、板材とパンチとの接触開始点からパンチ中心までの距離の差を小さくしてパンチに働く力のアンバランスを小さくすることが可能となり、パンチの加工幅を広く確保しながら、パンチ先端部とパンチ支持体との接続部に極度の負荷がかかるのを回避することができる。

[0026] 上記の構成からなる本発明のベンディングプレス成形用金型によれば、非一様円弧が形成された加工面の、主として曲げ加工に寄与する円弧が形成された領域の加工長さを、板材の送り量の0.90倍未満とすることにより、パンチに過大な曲げモーメントが生じることがないため、パンチの寿命が延長され、長期にわたり安定した曲げ加工を行うことが可能であり、しかも、鋼管の真円度を高めることができる。とくに、非一様円弧を、連続円弧あるいは不連続円弧とし、この連続円弧あるいは不連続円弧を主円弧と副円弧にて構成したものにおいては、該主円弧が主として曲げ加工に寄与することになるので、該主円弧が形成された領域の加工長さを板材の送り量の0.90倍未満とすることで過大な曲げモーメントが生じるのを抑制し得る。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は、本発明にしたがうベンディングプレス成形用金型の実施の形態

を示した図である。

[図2]図2は、図1に示したベンディングプレス成形用金型を用いて押圧した場合における板材の変形状態を模式的に示した図である。

[図3]図3(a)～(c)は、ベンディングプレス成形用金型の他の実施の形態を示した図である。

[図4]図4は、ベンディングプレス成形による曲げ加工要領を示した図である。

[図5]図5は、一様な円弧を有するパンチを用いてベンディングプレス成形を行った場合の板材の変形状況を模式的に示した図である。

[図6]図6は、金型の曲げ加工に寄与する加工長さ n_1 の説明図である。

[図7]図7は、実施例で使用したパンチの具体的寸法を示した図である。

[図8](a)は、鋼管の局部真円度を評価する際に使用したダイヤルゲージを示した図であり、(b)は、局部真円度の測定要領を示した図である。

[図9]従来法に従ってベンディングプレス成形を行う場合の実施の形態の一例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明を図面を用いてより具体的に説明する。

図1は、本発明に従うベンディングプレス成形用金型の実施の形態を示した図である。

[0029] 図における符号1は、板材Sの搬送経路内に配置されたダイである。このダイ1は、板材Sをその送給方向に沿って2箇所支持する左右一対の棒状部材1a、1bから構成されており、成形すべき鋼管のサイズに応じてその相互間隔eが変更できるようになっている。ただし、1枚の板材Sをプレス成形して1体のオープン管を製造する過程の中では、相互間隔eは変更されない。

[0030] また、2は、ダイ1に近接、離隔する向きに移動可能としたパンチである。パンチ2は、板材Sに直接接して該板材を凹形状に押圧する下向き凸状の加工面Kを有するパンチ先端部2aと、このパンチ先端部2aの背面につな

がり、該パンチ先端部 2 a を支持するパンチ支持体 2 b を備える。また、3 は、板材 S の搬送経路を形成するローラである。

[0031] 上記パンチ 2 のパンチ支持体 2 b は、具体的な構造については図示はしないが、その上端部が、油圧シリンダーの如き駆動手段に連結しており、該駆動手段によってパンチ先端部 2 a に押圧力を付与することができるようになっている。

[0032] パンチ支持体 2 b の幅（厚さ）は、被成形材である板材 S の板厚・強度や、成形すべき管体の形状により、適宜設計される。また、パンチ支持体 2 b は、板材 S の端部と接触することがあるので、パンチ支持体 2 b の表面に、交換可能な摩耗板を備えておくことができる。該摩耗板は、それを適宜交換することにより、パンチ支持体 2 b を摩耗させることなく長期間使用することが可能となるので好ましい。

[0033] また、パンチ 2 のパンチ先端部 2 a は、その要部を図 2 に示すように、パンチ支持体 2 b の軸芯 q に合致する加工中心 O を有するものであって、その先端部に設けられた加工面 K には、幅方向の中央域における半径 r_1 を最大半径（他の部位は半径 r_1 よりも小さい半径 r_2 を有する）とする非一様円弧が形成されている。

[0034] ここに、本発明において規定する非一様円弧とは、異なる半径を有する少なくとも 2 つの円弧の組み合わせた図 3 (a) ~ (c) に示すような組み合わせからなるもの、すなわち、加工中心部 O に位置する半径 r_1 の円弧（以下、この円弧を主円弧 K_1 という）と、この主円弧 K_1 よりも小さい半径 r_2 を有する円弧（以下、この円弧を副円弧 K_2 という）から構成されるものをいうものとする。図 3 において、(a) は、主円弧 K_1 と副円弧 K_2 の接続点で共通の接線を有するもの（主円弧 K_1 の接線と副円弧 K_2 の接線のなす角度が 0° となる場合）であり、(b) は、主円弧 K_1 の接線と副円弧 K_2 の接線が角度をなしてつながるもの（角度が 0° でないもの）であり、(c) は、主円弧 K_1 の接線と副円弧 K_2 の接線のなす角度は 0° であるが段差 d を介してつながるものであって、(a) に示すような形態の円弧を以下、連続円弧（イン

ボリュート曲線等のように、共通の接線を有しながら、半径が徐々に変化するものも含む）と称し、（b）（c）に示すような形態の円弧を以下、不連続円弧と称することとする。なお、不連続円弧としては、円弧の半径が徐々に変わるものも含まれる。

[0035] パンチ2は、基本的には、上述したように、パンチ先端部2aとパンチ支持体2bを備えたもので構成されるが、パンチ先端部2aとパンチ支持体2bとの間には図示はしないスペーサを介在させておくことができる。スペーサを介在させておくことにより、例えば、パンチ支持体2bへのパンチ先端部2aの取り付け角度を微調整する場合に、パンチ支持体2b自体ではなくスペーサの形状を調整するだけで、該取り付け角度を適切な角度に調整することが可能となる。また、パンチ先端部2aがダイ1の長手方向に分割されている場合には、分割された複数個のパンチ先端部2aを単一のスペーサで保持することにより、パンチ先端部2aを保管する場合やパンチ先端部2aをパンチ支持体2bに装着する場合のハンドリング効率を向上させることができる。以上述べたような利点があるため、パンチ先端部2aとパンチ支持体2bとの間に図示しないスペーサを介在させておくことが好ましい。

[0036] 上記の構成からなる金型を用いてベンディングプレスにより板材Sに曲げ加工を施すには、該板材Sをダイ1の上に載置し、板材Sを所定の送り量で間欠的に送給しながら、図4に示す如き要領で、該板材Sを左右ともにその幅方向の縁部から中央部に向けてパンチ2により逐次、3点曲げ加工を行っていけばよい。なお、図4は、予め端曲げ加工（後述する）を施した板材Sに対して、左列の上から下へ、次いで、中央列の上から下へ、さらに、右列の上から下へと曲げ加工および板材Sの送給を実施することにより右側最下図に示す如きオープン管を成形する工程を示した図であって、この図4中、板材Sあるいはパンチ2に付されている矢印は、それぞれの工程における板材Sあるいはパンチ2の移動方向を示している。

[0037] ところで、上記のような要領で板材Sに曲げ加工を施す場合（押圧時）、板材Sは、その全体が傾いた状態でダイ1に接触することとなり、パンチ先

端部 2 a の加工中心 O を基準にすると、該板材 S は左右非対称の状態に変形していくことになる。

- [0038] このような状態で板材 S の曲げ加工が進められていくと、パンチ 2 およびダイ 1 との接触状態を維持するために、板材 S は、パンチ 2 の幅方向の中央（加工中心 O）よりも未成形側において大きく傾き（パンチに対する板材 S の倣い角度が大きくなる）、図 5 に示すように、パンチ 2 が板材 S に接触する接触範囲（曲げ加工範囲）は、既成形側に比べ未成形側で広くなる。
- [0039] パンチ 2 は、上記の接触範囲の両端で成形反力を受けることになるので、パンチ 2 の幅方向の中心（加工中心 O）から接触範囲の両端までの距離（ L_3 、 L_4 ）に差が生じると、パンチ先端部 2 a とパンチ支持体 2 b との接続部において曲げモーメント $M (= P (L_3 - L_4))$ が作用することとなる。そして、とくに、単一の円弧からなる加工面を有するパンチを用いた 3 点曲げ加工では、過大な曲げモーメントが作用し、これにより、パンチ先端部 2 a やパンチ支持体 2 b に変形をきたしたり損傷を引き起こしたりすることが懸念される。
- [0040] 本発明のベンディングプレス成形用金型は、図 2 に示すように、加工面 K が非一様円弧からなっており、しかも、副円弧 K_2 の半径が主円弧 K_1 の半径よりも小さいため、単一の加工面を有するパンチに比較して非対称範囲を狭くすることが可能であり、従って、板材 S の加工が進行していてもパンチ 2 の幅端部域における負荷が極端に大きくなることはなく、その結果として過大な曲げモーメントが発生するのを抑制することができる。
- [0041] 本発明においては、ベンディングプレス成形により真円度の高い鋼管を得るために、加工面 K に形成した主円弧 K_1 は、前記加工中心 O を起点にして左右同等の接触長さ有するものとする。
- [0042] また、主円弧 K_1 と副円弧 K_2 は、連続円弧あるは不連続円弧にて構成することとしたが、円弧の数はとくに限定されることはない。
- [0043] また、加工面 K の長さ（周長）は、加工すべき鋼管のサイズや押圧回数によって決定されるが、加工面 K の、主として曲げ加工に寄与する円弧で形成

された領域の加工長さは、パンチ2に生じる曲げモーメントを軽減しかつ、押圧回数を減らして効率的な曲げ加工を実現するため、板材の送り量（送り長さ）の0.90倍未満（主として曲げ加工に寄与する円弧が形成された領域の加工長さを n_i とし、板材Sの送り量を δ とした場合に、該加工長さ n_i と板材Sの送り量 δ との比（ n_i/δ ）が0.90倍未満）とするのが好ましい。加工面Kが主円弧 K_1 と、副円弧 K_2 から構成されるパンチ2にあっては、主円弧 K_1 が主として曲げ加工に寄与することになるため、主円弧 K_1 で形成された領域の加工長さを板材の送り量 δ の0.90倍未満とする。

[0044] ここに、主として曲げ加工に寄与する円弧が形成された領域の加工長さ n_i とは、図6に示すように、パンチ2の加工面Kで加工中心Oを中心にして目標とする曲げ成形量（一回当たりの曲げ角度） θ_i が設定されている場合において、この目標とする曲げ成形量 θ_i の範囲に対応する加工面K上の長さ（円弧の長）をいうものとする。なお、目標とする曲げ成形量 θ_i は、加工回数をNとすると、加工すべき板材を、端曲げと併せて360°のパイプ状に曲げ加工することから、 $(360^\circ - 2 \times \text{端曲げ角度}) / N$ が1回当たりの曲げ成形量の目安になる。

[0045] 本発明のパンチ2を使用するベンディングプレスにおいて、加工回数Nは通常3回以上であるから、1回当たりの曲げ成形量の目安は、端曲げ角度を0°と仮定した場合に計算される値である120°であれば十分である。したがって、パンチ2の加工面Kにおける曲げ成形量を120°以下（パンチ2の加工中心Oを基準にして片側60°以下に相当）とすることができ、さらに小さく90°以下（パンチ2の加工中心Oを基準にして片側45°以下に相当）としてもよい。

[0046] 一般に、ベンディングプレス成形により板材を管状に成形する場合、ベンディングプレス成形に先立って、板材の板幅端部に端曲げ加工（クリンピング加工とも称される）が施される。これは、ベンディングプレス成形にて板幅中央部に曲げ加工を施す場合に比べて相対的に曲げ難い板幅端部について、高い真円度を確保するために実施されるものである。そして、その後のベ

ンディングプレス成形と合わせて 360° の曲げ加工を施すことで、パイプ状となるので、ベンディングプレス成形では、端曲げで付与された分を除いて曲げ成形を付与することになる。ベンディングプレスにおける1回当たりの曲げ成形量（角度） θ_i は、 $(360^\circ - 2 \times \text{端曲げ角度}) / N$ であり、また、1回当たりの曲げが付与される範囲が送り量（送り長さ）となる。つまり、送り量毎に曲げ成形量 θ_i の曲げを付与することで板材はパイプ状となる。

[0047] このとき、板材がパンチ2の加工面Kに沿うとすると、パンチ2上で曲げ成形量（中心角） θ_i の範囲の形状が転写されてベンディングプレス後の形状となる。この曲げ成形量 θ_i の区間の加工面Kに沿った長さ（周長（又は円弧長さ））を板材の送り量に近づけるほど、曲率が付与される部分が広くなり、高い真円度を確保できることになる。しかし、曲げ加工範囲が広くなると、成形反力（加工反力）を受ける位置がパンチ2の加工面Kの加工中心Oから遠くなり、パンチ支持体2bとパンチ先端部2aとの接続部における曲げモーメントが大きくなる不具合がある。このような不具合を軽減するため、本発明では、主として曲げ加工に寄与する円弧が形成された領域の加工長さ n_i を、板材の送り量（長さ）の0.90倍未満とすることとしたものである。

[0048] また、製品の半径に比べて小さい半径を有するパンチ2で板材Sを曲げ加工する場合、板材Sの曲げ部の曲率半径も小さくなる。この場合、被成形体である管体にも局所的に曲率半径が他よりも小さな曲げ成形部が形成されるため、そのまま製品に残存するとその形状は劣ったものとなる。加工面Kの副円弧 K_2 の半径は、主円弧 K_1 の半径よりも小さいので、このような不具合の発生に注意する必要がある。このため、副円弧 K_2 での曲げ加工範囲は、副円弧 K_2 の中心角で 15° 以下とするのが好ましい、

[0049] なお、板材との接触する加工面の長さが短くなると、曲率が付与されない（つまり平坦な）部分が多くなり真円度が損なわれるおそれもあるので、対象とする製品の仕様（強度、管厚、寸法形状）に応じて主として曲げ加工に

寄与する円弧が形成された領域の加工長さ（距離） n_i を適宜設定するのが好ましい。

実施例

- [0050] 板材Sの送給方向に沿う寸法が3713mm、板厚25.4mm、引張強さ745～757MPaになる鋼板（鋼種：APIグレード、X80）を9枚準備し、曲率半径380mmの金型により各鋼板の両端部を215mmの範囲にわたり16.9度の角度となるように端曲げを行った。
- [0051] 続いて、鋼板の中心（送給方向に沿う寸法の中心）から片側1492mmの位置を加工開始点として、送りピッチ298mm／回、曲げ成形量29.6°／回、プレス回数5回の条件のもとに鋼板の中心に向けて左右両側からそれぞれ3点曲げ加工を実施した。
- [0052] そして、3点曲げ加工を施した鋼板につき、さらに、その中心で1回の3点曲げ加工を行い（合計11回の曲げ加工）、鋼板両端の突き合わせ部の間隔を125mmとした後、その部位を溶接して外径寸法が1219mmになる鋼管を製造し、得られた鋼管の品質およびパンチ先端部を支持するパンチ支持体に作用した応力についての調査を行った。その結果を、単一の円弧からなる加工面を備えたパンチ2を用いて曲げ加工を行った場合の結果とともに表1に示す。
- [0053] なお、この曲げ加工においては、先端部の半径が75mm、棒状部材1a、1bの相互間隔e（中心間の距離）を550mmに設定したダイを用いた。また、パンチ先端部は幅が400mmになるものを用い、それを支持するパンチ支持体としては、図7に示すように、本体部分の幅（厚み）が100mmでその先端部にパンチ先端部を固定、保持する幅400mmの受け部を備えたものを用い、その本体部分と受け部との接続部に設けた半径50mmのRの端部（Rの開始部位）にひずみゲージを取り付け、該ゲージによってパンチ支持体2bに作用した応力を測定することとした。
- [0054] また、表1の項目において加工面の形態が連続円弧とは、主円弧と副円弧がパンチ先端部の加工中心Oから角度15°の位置で、該主円弧の接線と該

副円弧の接線とのなす角度が 0° でもってつながる加工面を有するパンチを用いて曲げ加工を行った場合である。加工面の形態がインボリュートとは、インボリュート曲線によりパンチ先端部の加工中心 O から離れるに従って半径が漸次小さくなる加工面を有するパンチを用いて曲げ加工を行った場合である。このインボリュートの場合、主円弧の半径とは、加工中心 O における半径の値（すなわち半径の最大値）を、また、副円弧の半径とは、加工中心 O から曲げ成形量 $\theta_1: 29.6^\circ$ の $1/2$ 離れた位置、すなわち、主として曲げ加工に寄与する範囲の半径の最小値を、それぞれ示すものとする。さらに、加工面の形態が不連続円弧とは、主円弧と副円弧がパンチ先端部 $2a$ の加工中心 O から 15° の位置で、該主円弧の接線と該副円弧の接線とのなす角度が 6° の差をもってつながる加工面を有するパンチを用いて曲げ加工を行った場合である。

[0055] また、表1の、疲労限応力に対するパンチ支持体に作用した応力の比において、パンチ支持体に作用した応力とは、11回の曲げ加工の中で最も大きな値を表示したものである。ただし、実施に考慮すべきものは、パンチ支持体に作用する応力が疲労限応力に対してどの程度の量になるかである。そこで、表1においては、パンチ支持体に作用した応力を、当該パンチ支持体について、社団法人日本鋼構造協会編「鋼構造の疲労設計指針・同解説」における 2×10^6 回応力繰り返し数での基本許容応力範囲で除した値、すなわち、基本許容応力範囲に対するパンチ支持体に作用した応力の比を示した。

[0056] パンチの評価は、パンチ支持体に作用する応力が疲労限応力を下回るものを、すなわち、疲労限応力に対するパンチ支持体に作用した応力の比が1未満のものを◎（優）、応力比の比が1.25以下のものを○（可）、それ以上のものを×（不可）として表示したものである。ここで、応力繰り返し数が 1×10^6 回以上となる応力の比1.25を閾値とした。なお、この閾値以下であれば、パイプ1本につき10回（最後11回目はほぼ対称な形成となり曲げによる応力はほとんど作用せず疲労寿命に影響を与えない）の繰り返し応力が作用するので 1×10^5 本（標準的な40ft長さの場合、1219

k m相当)のパイプの製造に耐えることができ、実用上問題ない。

[0057] さらに、表1において鋼管の評価は、局部真円度について実施した。局部真円度とは、例えば、図8(a)に示すような、脚間距離がDになる一対の脚部4a、4bを有するダイヤルゲージ4を使用し、該脚部4a、4bの脚端4c、4dを、得られた鋼管の周面に接触させるとともに、さらにスピンドル4eの先端に備えられた測定子(図示せず)を鋼管の周面に接触させ、鋼管の目標形状である仮想真円からの径方向の変位を読み取ることにより測定されるものであり、その値が小さいほど真円に近いことを意味する。本実施例では、パンチやダイが当たった部分とそうでない部分との形状の変動の評価指標となる。ここでは、脚間距離Dが150mmのダイヤルゲージを用い、図8(b)に示すような局部真円度を鋼管の周面の円周方向に沿って測定し、測定された局部真円度の最大値を求め、この値が鋼管の代表的な規格であるAPI規格のAPI-2Bの公差2.0mm以下のものを◎(優)、API-5Lの公差3.2mm以下のものを○(良)、それを超える値のものを×(不可)として表1に表示した。

[0058]

[表1]

パンチ No.	パンチ						鋼 管		備 考
	主円弧 の半径 (mm)	副円弧 の半径 (mm)	疲労限応力に 対するパンチ 支持体に作用 した応力の比	評価	加工面の 形態	n_i/δ	局部真 円度の 最大値 (mm)	評価	
A	480	290	0.87	◎	連続円弧	0.84	2.0	◎	本発明
B	480	350	1.10	○	連続円弧	0.84	1.9	◎	本発明
C	480	400	1.25	○	連続円弧	0.84	1.8	◎	本発明
D	480	417	0.94	◎	インボ リュート	0.78	2.3	○	本発明
E	480	433	1.02	○	インボ リュート	0.80	2.0	◎	本発明
F	500	425	1.25	○	インボ リュート	0.81	1.7	◎	本発明
G	480	340	0.97	◎	不連続円 弧	0.84	2.2	○	本発明
H	480	360	1.02	○	不連続円 弧	0.84	2.1	○	本発明
I	510	340	1.30	×	不連続円 弧	0.90	2.1	○	比較例
J	480	—	1.37	×	単一円弧	0.84	2.3	○	比較例
K	455	—	1.16	○	単一円弧	0.80	3.1	×	比較例
L	420	—	0.97	◎	単一円弧	0.74	3.5	×	比較例

[0059] 表1より明らかなように、本発明に適合するパンチNo. A～Hは、曲げ加工の際にパンチ支持体にかかる応力の比が1.25以下であり、パンチの変形や損傷は見られなかった。

また、パンチNo. A～Hのパンチによって成形された鋼管は局所真円度が2.3mm以下であり、API規格を十分に満足することが確認された。

[0060] とくに、パンチ先端部の加工面が連続円弧によって形成されたもの（No. A、B、C、E、F）にあっては、鋼管の局部真円度が2.0mm以下であり、API規格の中でも厳格な2B規格を満足しており、余計な工程を付加することなしに品質の良好な鋼管を成形できることが明らかとなった。

[0061] なお、パンチ先端部の加工面に連続円弧を適用した場合において、副円弧

の半径を最も小さくしたパンチNo. Aは、接合部における応力の比は、0.87と最も小さく、かかるパンチ支持体については半永久的に使用可能であることが判明した。

[0062] これに対して、主として曲げ加工に寄与する領域の加工長さ (n_i) と板材の送り量 (δ) との比 (n_i / δ) が0.90となるパンチNo. Iでは、非一様円弧にした場合でも、パンチ支持体にかかる応力の比が1.30と大きく、パンチの変形や損傷が懸念される。

[0063] さらに、単一の円弧からなる加工面を有するパンチ先端部を有するパンチを用いた曲げ加工において、半径が480mmになる加工面を有するパンチNo. Jを適用した場合には、パンチ支持体にかかる応力の比が高くなりパンチの変形や損傷が懸念される一方、半径が455mm、420mmになる加工面を有するパンチNo. K、Lを適用した場合には、鋼管の局部真円度が劣化する傾向にあることがわかった。

産業上の利用可能性

[0064] 本発明によれば、過大な曲げモーメントの発生によるパンチの変形や損傷への影響が抑制され、真円度の高い鋼管を長期にわたって安定的、かつ効率的に成形し得るベンディングプレス成形用金型が提供できる。

符号の説明

- [0065] 1、101 ダイ
1a、101a 棒状部材
1b、101b 棒状部材
2、102 パンチ
2a、102a パンチ先端部
2b、102b パンチ支持体
3、103 ローラ
4 ダイアルゲージ
4a 脚部
4b 脚部

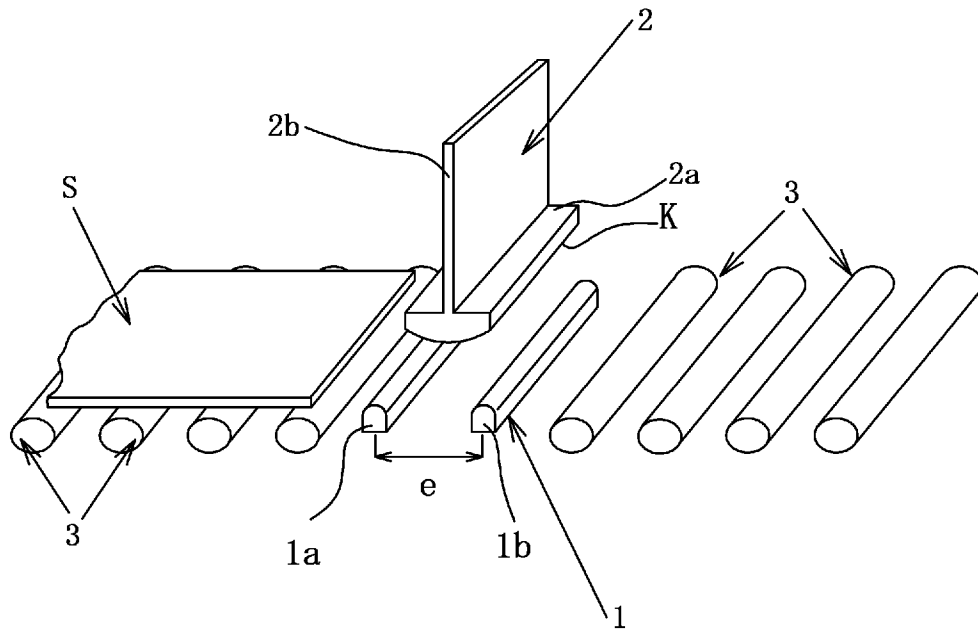
4 c	脚端
4 d	脚端
4 e	スピンドル
S	板材
e	相互間隔
K_1	主円弧
K_2	副円弧
r_1	半径
r_2	半径
O	加工中心
q	押圧軸芯

請求の範囲

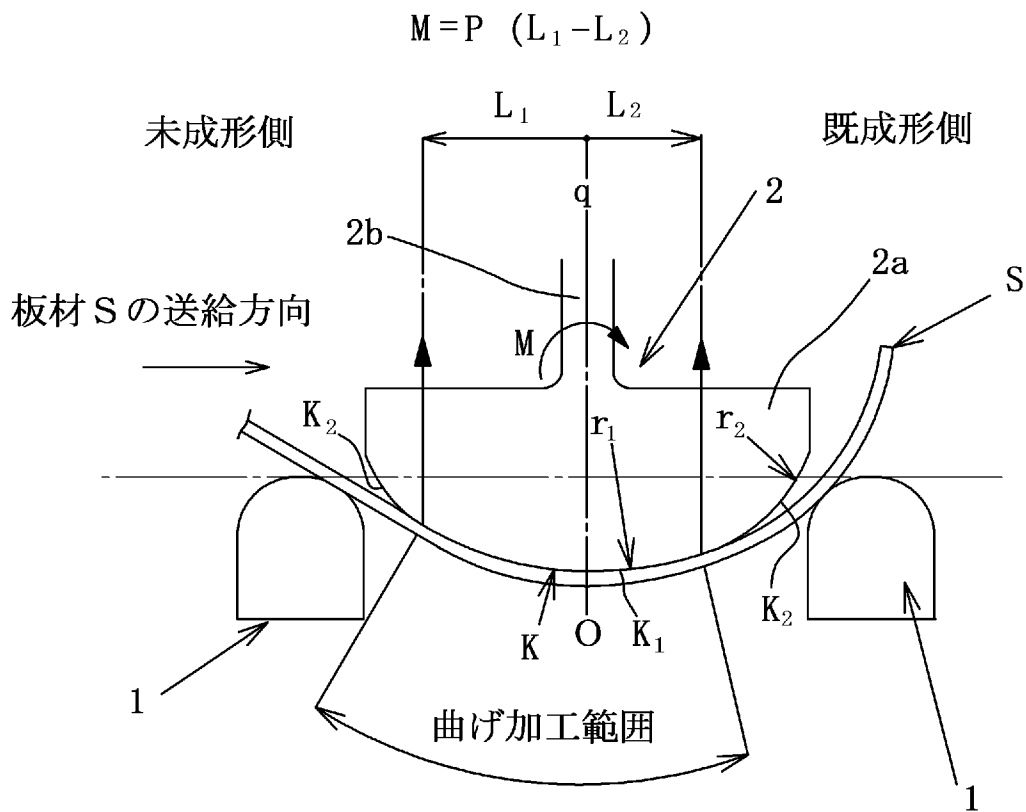
- [請求項1] 板材の送給方向に沿い間隔をおいて配置され、該板材を二箇所において支持するダイと、このダイに近接、離隔する向きに移動可能で、かつ、前記ダイに支持された前記板材をその送給方向に沿って逐次押圧して曲げ加工を施すパンチとを備えたベンディングプレス成形用金型であって、
- 前記パンチは、前記板材に直に当接して前記板材を押圧するパンチ先端部と、該パンチ先端部の背面に連結され、該パンチ先端部を支持するパンチ支持体とを備え、
- 前記パンチ先端部に、前記パンチ支持体の軸芯に合致する加工中心を有し、その幅方向の中央域における半径を最大半径とする非一様円弧にて形成された加工面を設けたことを特徴とするベンディングプレス成形用金型。
- [請求項2] 前記非一様円弧が、異なる半径を有する少なくとも2つの円弧を組み合わせた連続円弧または不連続円弧であることを特徴とする請求項1に記載したベンディングプレス成形用金型。
- [請求項3] 前記非一様円弧が、インボリュート曲線からなることを特徴とする請求項1に記載したベンディングプレス成形用金型。
- [請求項4] 前記連続円弧または不連続円弧が、加工すべき鋼管の内径に対応する半径を有し、前記加工中心を境にして左右同等の加工長さを有する主円弧と、この主円弧の幅端縁につながり、該半径よりも小さい半径を有する副円弧からなることを特徴とする請求項2に記載したベンディングプレス成形用金型。
- [請求項5] 前記非一様円弧の、主として曲げ加工に寄与する円弧が形成された領域は、前記板材の送り量の0.90倍未満の加工長さを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1に記載したベンディングプレス成形用金型。
- [請求項6] 前記連続円弧または不連続円弧の、主円弧が形成された領域は、前

記板材の送り量の0.90倍未満の加工長さを有することを特徴とする請求項4に記載したベンディングプレス成形用金型。

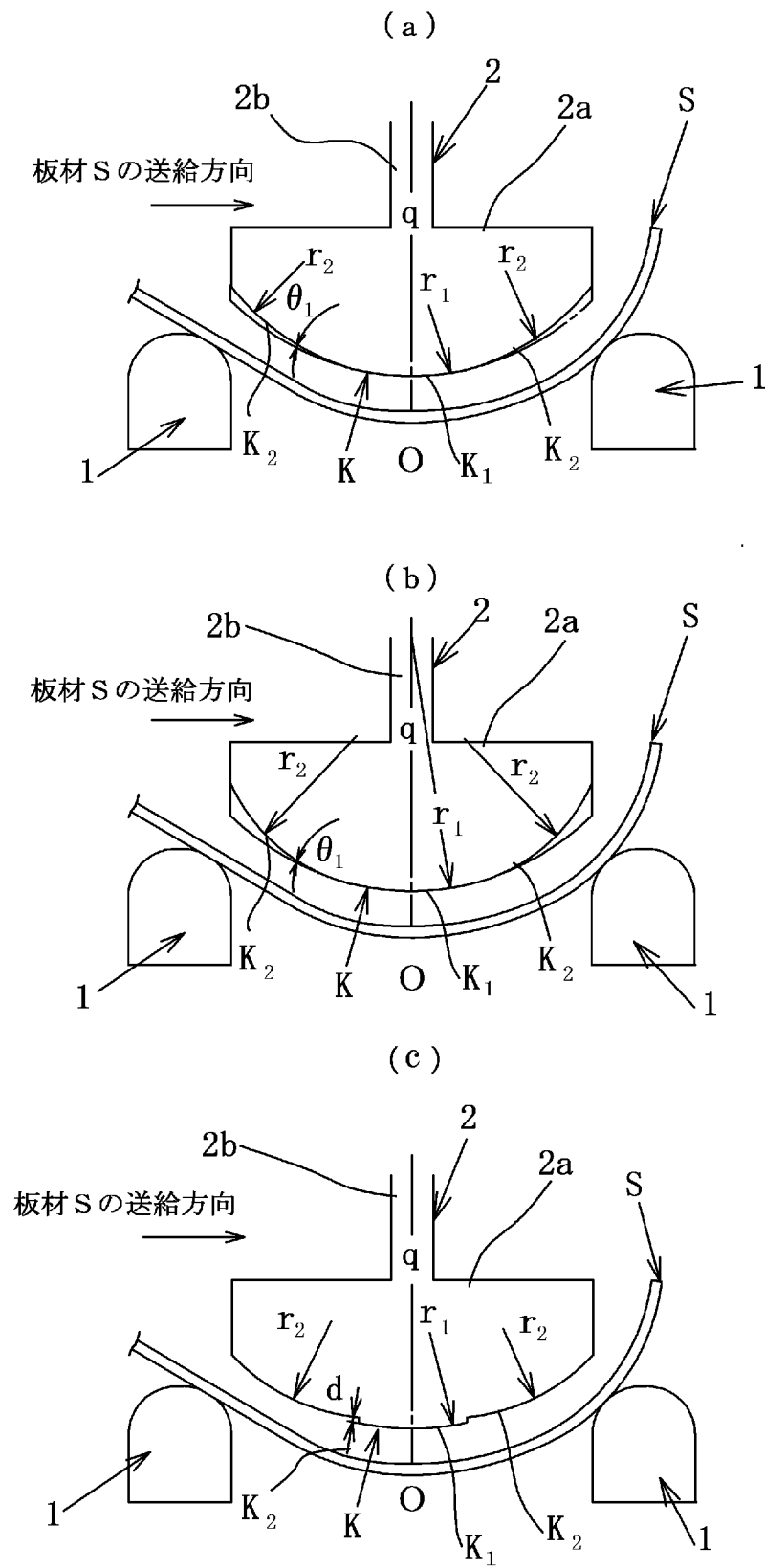
[図1]



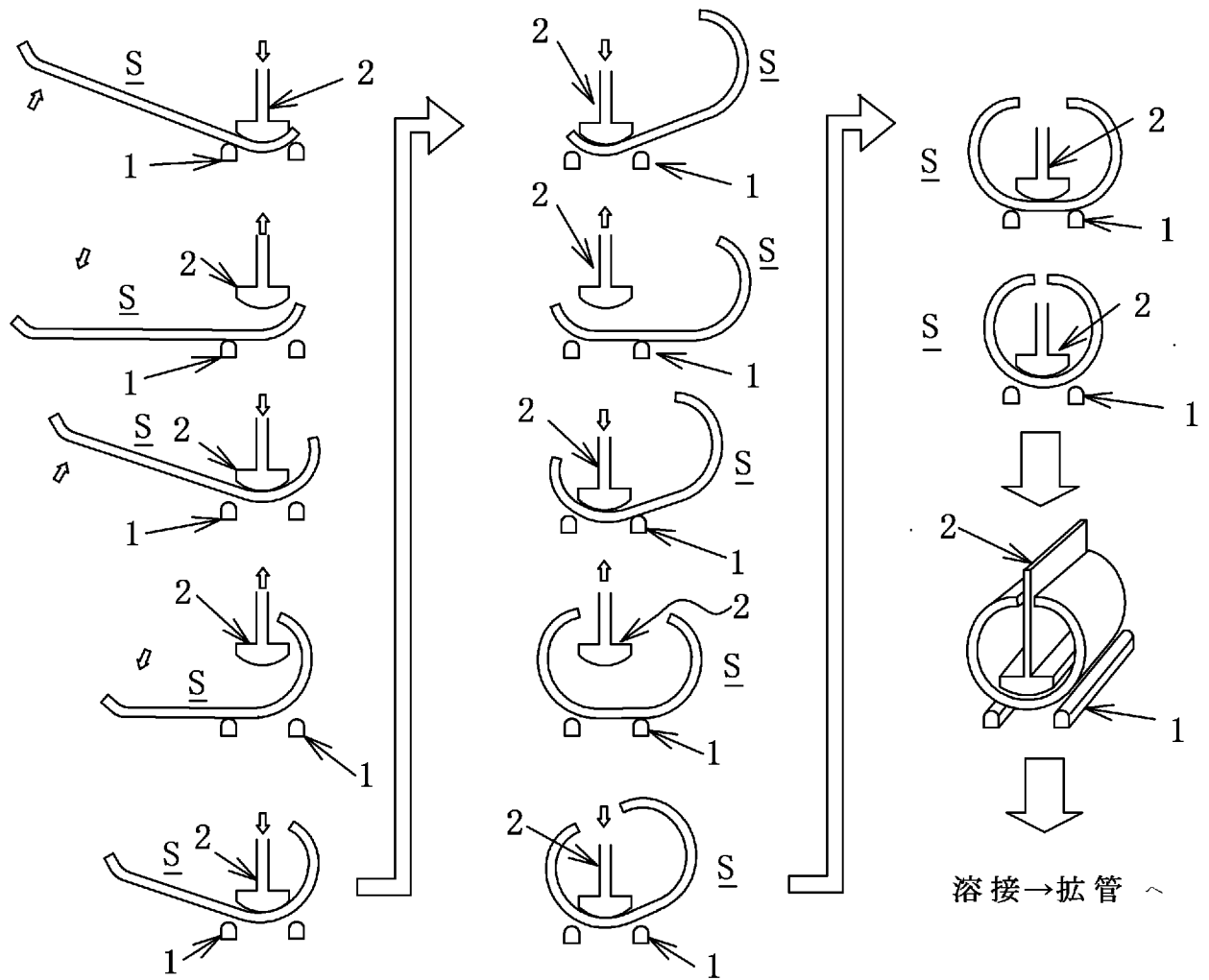
[図2]



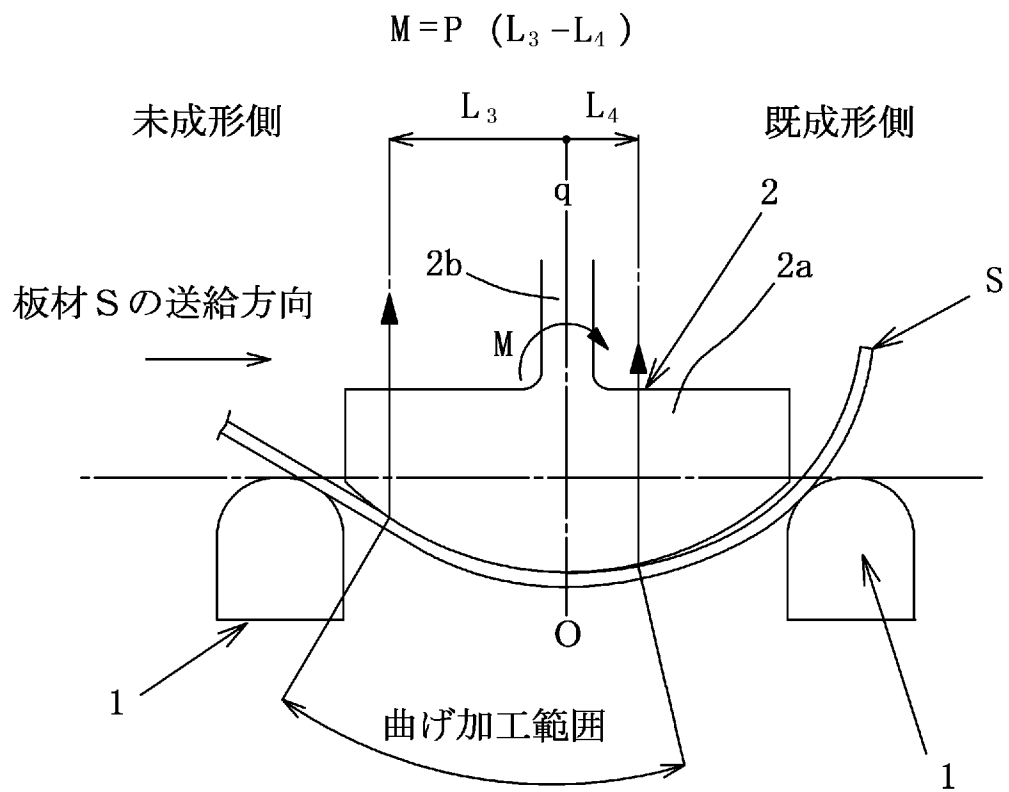
[図3]



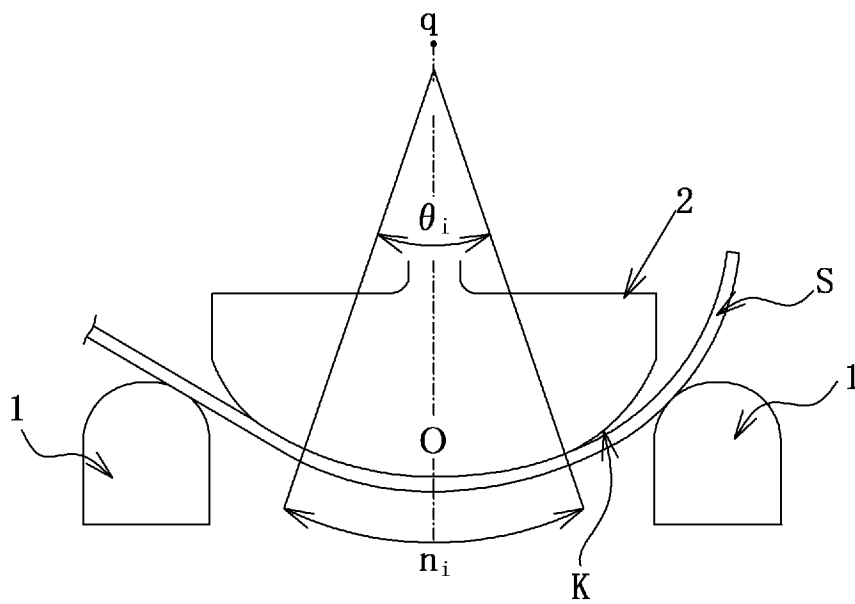
[図4]



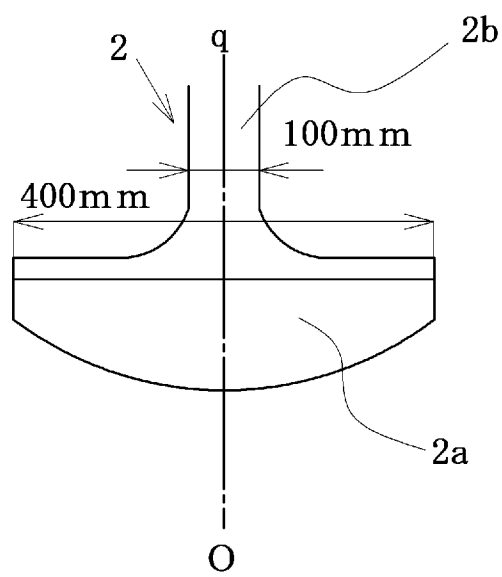
[図5]



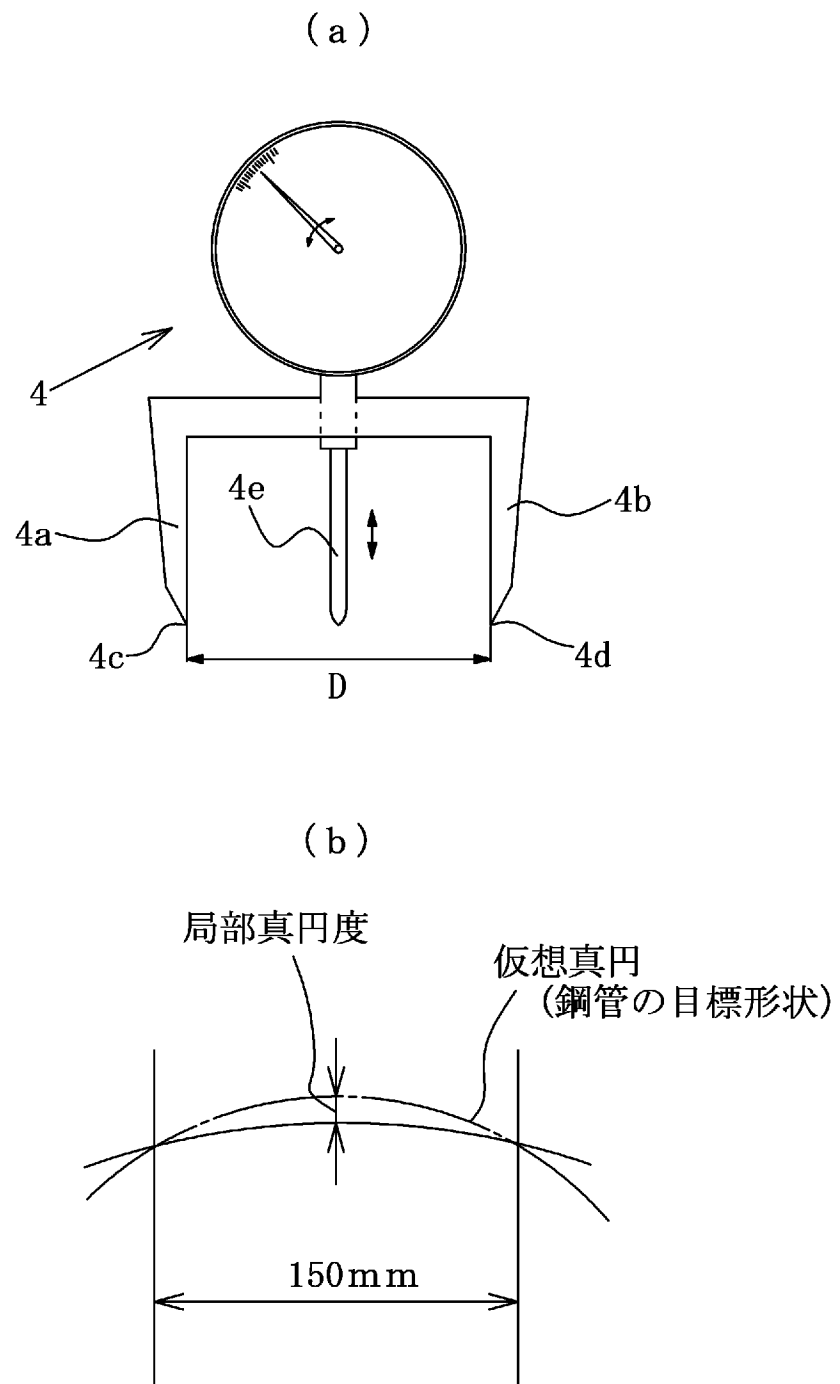
[図6]



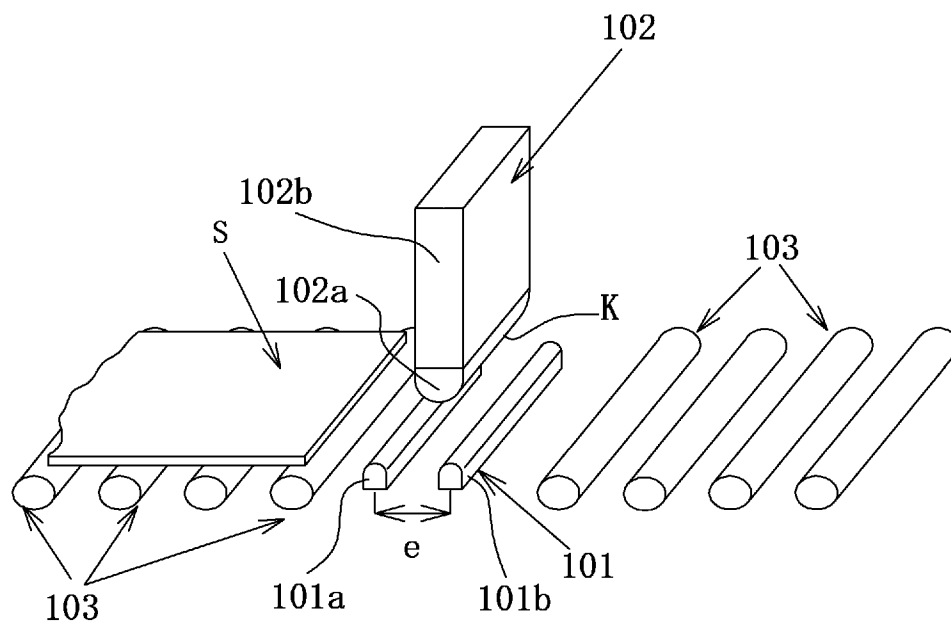
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21D5/01(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)

B21D5/01, B21C37/08

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.
Y A	JP 2012-250285 A (SMS Meer GmbH), 20 December 2012 (20.12.2012), paragraph [0028]; fig. 1 & EP 2529849 A2 & CN 102806245 A & RU 2012122452 A	1-2, 4-6 3
Y A	DE 19504736 A1 (MANNESMANN AG), 14 August 1996 (14.08.1996), specification, column 3, line 51 to column 5, line 20; fig. 2 (Family: none)	1-2, 4-6 3
A	JP 2004-261845 A (JFE Steel Corp.), 24 September 2004 (24.09.2004), paragraphs [0056] to [0103]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-6

☒ 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
20 May 2015 (20.05.15)

Date of mailing of the international search report
02 June 2015 (02.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059833

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-324255 A (Nakajima Steel Pipe Co., Ltd.), 24 November 2005 (24.11.2005), paragraphs [0015] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2004-82219 A (SMS Meer GmbH), 18 March 2004 (18.03.2004), paragraphs [0014] to [0017]; fig. 1 to 3 & US 2004/0055356 A1 & EP 1382402 A2 & DE 10232098 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21D5/01(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. B21D5/01, B21C37/08

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
Y A	JP 2012-250285 A（エスエムエス メーア ゲゼルシャフト ミッ ト ベシュレンクテル ハフツング）2012.12.20, 段落[0028], 図1 & EP 2529849 A2 & CN 102806245 A & RU 2012122452 A	1-2, 4-6 3
Y A	DE 19504736 A1（MANNESMANN AG）1996.08.14, 明細書第3欄第51行－第5欄第20行, 図2（ファミリーなし）	1-2, 4-6 3
A	JP 2004-261845 A（J F E スチール株式会社）2004.09.24, 段落[0056]－[0103], 図1－9（ファミリーなし）	1-6

☒ 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

2 0 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 6 . 2 0 1 5

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）

石川 健一

3 P

3 5 0 7

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
A	JP 2005-324255 A (ナカジマ鋼管株式会社) 2005. 11. 24, 段落 [0015] – [0018], 図1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2004-82219 A (エスエムエス メーア ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 2004. 03. 18, 段落 [0014] – [0017], 図1 – 3 & US 2004/0055356 A1 & EP 1382402 A2 & DE 10232098 A1	1-6