

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月19日(19.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/054051 A1

- (51) 国際特許分類:
B21D 5/01 (2006.01) *B21C 37/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/034145
- (22) 国際出願日: 2018年9月14日(14.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堀江 正之 (HORIE, Masayuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 日当 洸介(HINATA, Kosuke); 〒1000011

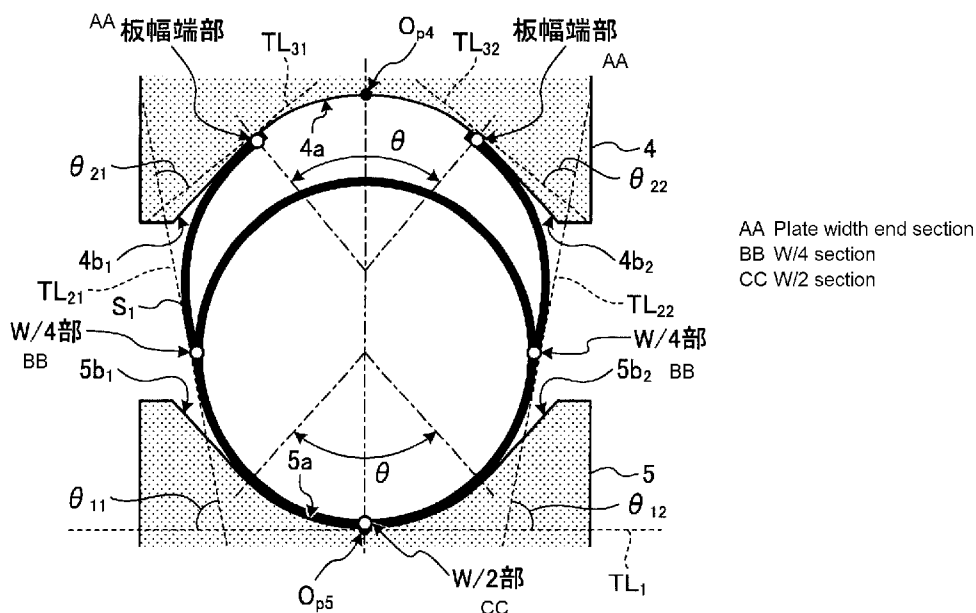
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 川野 友裕(KAWANO, Tomohiro); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 田村 征哉(TAMURA, Yukuya); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

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

(54) Title: STEEL PIPE MANUFACTURING METHOD AND PRESS DIE

(54) 発明の名称: 鋼管の製造方法及びプレス金型



(57) Abstract: Provided is a steel pipe manufacturing method wherein: a plate material, which has had an edge bending process performed on both ends in the width direction, is subjected at least three times to a bending process along the width direction to form a formed body having a U-shaped cross-section; a press process is performed on the formed body to form an open pipe having seam gap sections in the longitudinal direction; and then the seam gap sections are joined to form the steel pipe. The press process is performed such that: when the width of the plate material before the edge bending process is a plate width W, the formed body has lightly processed sections, given smaller curvatures than other regions,

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

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

or non-processed sections, on which the bending process was omitted, centered around portions that are at a distance of $W/4$ from the plate width end sections; and the shape of the open pipe is such that the range of 20 [%] or more of the plate width W from the lowermost portion of the U-shaped cross-section, and the range of 10 [%] or more of the plate width W from the plate width edges form a shape inscribed in an arc having the same or approximately the same diameter as the outer diameter of the steel pipe.

(57) 要約: 幅方向両端部に端曲げ加工が施された板材に、幅方向に沿って3回以上の曲げ加工を施してU字状断面をなす成形体を成形し、成形体にプレス加工を施すことにより、長手方向にシームギャップ部を有するオープン管とした後、シームギャップ部を接合して鋼管とする鋼管の製造方法であって、端曲げ加工前の板材の幅を板幅 W としたとき、成形体は、板幅端部から $W/4$ だけ離れた部位を中心に、他の領域に比較して小さな曲率を付与した軽加工部、または、曲げ加工を省略した未加工部を有し、オープン管の形状が、U字状断面の最下部を中心に板幅 W の20 [%]以上の範囲と、板幅端から板幅 W の10 [%]以上の範囲とが、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となるように、プレス加工する。

明 細 書

発明の名称： 鋼管の製造方法及びプレス金型

技術分野

[0001] 本発明は、鋼管の製造方法、及び、その鋼管の製造方法に使用されるプレス金型に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、鋼管を成形する技術としては、UOE成形技術が広く普及している。このUOE成形技術は、鋼板を、まずU字状にプレス加工し、次いでO字状にプレス加工して、周方向で互いに向き合った板幅端間にシームギャップ部を有する管体であるオープン管とし、このオープン管のシームギャップ部を、溶接により突き合わせ接合することで鋼管とした後、さらに鋼管の径を拡大する拡管を行うものである。しかし、UOE成形技術では、鋼板をU字状やO字状にプレス加工を施してオープン管を成形する工程において、高いプレス力を必要とすることから、大掛かりなプレス機を使用せざるを得ない状況にある。

[0003] そこで、鋼管を製造するにあたって、プレス力を軽減してオープン管を成形する技術としては、例えば、鋼板の幅方向端部に曲げ加工を施して端曲げ部を付与した後、パンチ支持体に支持されたパンチと、ダイとによる複数回の3点曲げプレスを行って、鋼板を略円形にし、オープン管を成形するプレスバンド方式が実用化されている。一方で、このプレスバンド方式で成形したオープン管のシームギャップ部の開き量は、パンチ支持体の幅よりも大きくなるが、この開き量が大きすぎると、シームギャップ部を溶接するために、互いに向き合った板幅端を突き当ててシームギャップ部を閉じるために必要な力が大きくなり、シームギャップ部を閉じるための設備が大型化する。また、開き量が大きすぎるシームギャップ部を溶接した後の溶接部分には、スプリングバックによりシームギャップ部が開こうとする力が作用するため、溶接欠陥が生じやすく、その力が大きすぎると溶接部分が破断してしまう

。

[0004] そこで、プレスベンド後のオープン管のシームギャップ部の開き量を小さくするための技術が、特許文献1～4に開示されている。特許文献1では、パンチ先端部とパンチ支持体との結合部を回転自由とすることにより、パンチ支持体の幅を小さくして、オープン管のシームギャップ部の開き量を小さくする技術が開示されている。特許文献2では、パンチの移動方向と直交する方向への板材の移動を制限する間隔保持手段を設け、板幅端部がパンチ支持体に接触することなく、最終曲げ加工において大きな加圧をしてオープン管のシームギャップ部の開き量を小さくする技術が開示されている。特許文献3では、最終圧下工程後の板幅端部とパンチ支持体との隙間を測定し、その隙間を極力小さくすることでオープン管のシームギャップ部の開き量を小さくする技術が開示されている。さらに、特許文献4では、最終曲げ工程の圧下時に板幅端間の間隔が所定の値となった時点を基準に、最終工程のパンチによる圧下量を定めることにより、それまでのプレスベンド成形工程で生じた形状の差によらず、オープン管のシームギャップ部の開き量を小さくする技術が開示されている。

[0005] しかし、特許文献1～4に開示された技術では、オープン管のシームギャップ部の開き量をパンチ支持体の幅より小さくすることができない。そこで、プレスベンド成形後のオープン管にさらに加工を加えてシームギャップ部の開き量を小さくする技術が、特許文献5～9に開示されている。特許文献5では、プレスベンド後の鋼管に対して熱間ロール成形を行うことで、少ない荷重で成形する技術が開示されている。特許文献6には、スライドに装着した押圧材の傾きまたは歪の検出を可能とする歪検出器を配設するとともに、歪検出器の傾きまたは歪の検出に対応して押圧材を傾動可能または平行移動可能に配設し、成形材料をパイプ状にプレス成形するときに、押圧材の傾斜量または歪量に対して、その歪量が小さくなるように押圧材を傾斜または平行移動してプレス成形する技術が開示されている。特許文献7には、漸次成形される板材に進入する上側工具の長手方向軸線により規定される中央に

関して、それぞれ左右で板材の内面に作用する少なくとも1回の曲げステップで、他の曲げステップに比べて僅かな成形を行うことによって、非円形のプリフォームを備えるスリット管を形成し、その後、外側から非円形のプリフォームにその都度適当に、中央の両側の予め僅かに成形された領域において作用する押し付け力を加えることにより、完成したスリット管を成形する技術が開示されている。さらに、特許文献8には、少なくとも2つのパイプ曲率に曲げられた部分の間に平坦な部分がある成形体に、少なくとも1か所の平坦な部分にのみ塑性変形を与えて所定の曲率にして、スリット部が閉じたパイプを成形する技術が開示されている。さらに、特許文献9には、他の領域に比較しごく僅かな曲率を付与した軽加工部を設けるか、もしくは、曲げ加工を省略した未加工部を設けるかした成形体を圧下してオープン管とする際に、軽加工部もしくは未加工部を拘束することなしに、押圧力を付加することで、スリット部を閉じたパイプを成形する方法が開示されている。また、その押圧の際には、開放部を上方に向けたU字姿勢で成形体が金型に保持され、成形体の最下端で支持することが推奨されている。

[0006] 特許文献10及び11では、Oプレス金型の内面の径と製品管の外径と異なる製品径のUOE管の製造技術が開示されている。特許文献10にて開示している金型は、上下ダイの内面が横長円形の一部だけを切り欠いた形状であり、その金型の作用を説明する、特許文献10の図3(a)及び図4(a)では、Oプレス金型の内面全体にO管が接触している。また、特許文献11では、製品外径よりも大きな半径の円弧が内面に形成され、端面を予め研削しておきギャップを十分に大きくした金型を用い、金型内に材料を充填させて所定の圧縮を行った後、この成形したパイプを略90[°]回転し、再度Oプレスを行うことによって円形に成形する方法が開示されている。このときの第1回目のOプレス工程でも、金型全面に鋼管が密着した状態となっている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2004-82219号公報

特許文献2：特開2011-56524号公報

特許文献3：国際公開第2014/188468号

特許文献4：国際公開第2014/192043号

特許文献5：特開2005-324255号公報

特許文献6：特開2005-21907号公報

特許文献7：特開2012-250285号公報

特許文献8：米国特許第4149399号明細書

特許文献9：国際公開第2016/084607号

特許文献10：特開2003-39115号公報

特許文献11：特開2002-178026号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献5に開示された技術では、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。また、この技術は、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用いる場合に、その特性を損なうおそれもある。特許文献6～8に開示された技術では、成形材料あるいは非円形のプリフォームを左右それぞれ別々に成形しているため、変形量が左右で異なった場合、溶接部分となるシームギャップ部あるいはスリット部に、段差（目違い）が形成されてしまうことが懸念される。また、これら技術では、1回で所望の形状にまで変形させようとする局部に変形が集中し、鋼管の真円度を悪化させてしまうおそれがあることから、複数回にわたる変形が不可欠であり効率的な成形を行うにも限界がある。また、特許文献9に開示された技術では、下金型の半径がパイプ外径よりも大きいため、U字姿勢の成形体の最下端で曲げ戻しが行われ、ギャップ部が開くような変形が生じるため、スリット部の間隔を小さくできない場合がある。また、特許文献10及び11に開示された技術では、金型全面にO管が密着した状態でのプレス加工であるた

め、上述したように高いプレス力を必要とすることから、大掛かりなプレス機を使用せざるを得ない状況にあることは変わらない。

[0009] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、真円度の高い鋼管を効率的に成形することができる鋼管の製造方法及びプレス金型を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る鋼管の製造方法は、幅方向両端部に端曲げ加工が施された板材に、その幅方向に沿って3回以上の曲げ加工を施してU字状断面をなす成形体を成形し、次いで、該成形体にプレス加工を施すことにより、その長手方向にシームギャップ部を有する管体であるオープン管とした後、該シームギャップ部を接合して鋼管とする鋼管の製造方法であって、前記端曲げ加工前の前記板材の幅を板幅Wとしたとき、前記成形体は、板幅端部から $W/4$ だけ離れた部位を中心に、他の領域に比較して小さな曲率を付与した軽加工部、または、曲げ加工を省略した未加工部を有し、前記オープン管の形状が、前記U字状断面の最下部を中心に前記板幅Wの20 [%]以上の範囲と、前記板幅端から前記板幅Wの10 [%]以上の範囲とが、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となるように、プレス加工することを特徴とするものである。

[0011] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明において、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する前記U字状断面の最下部を中心に前記板幅Wの20 [%]以上の範囲をAとし、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する板幅両端から前記板幅Wの10 [%]以上の範囲の合計をBとしたとき、式(1)を満たすことを特徴とするものである。

$$2 | A - B | / (A + B) < 0.4 \quad \cdots (1)$$

ここで、 $| A - B |$ は、 $A - B$ の絶対値を示す。

[0012] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明において、一对の金型のうちの一方の金型と前記成形体のU字開放側とが対向するように他方の金型に該成形体を載置して、該一对の金型で該成形体を挟み込んで該成形体に

プレス加工を施すにあたり、前記他方の金型は、前記他方の金型に前記成形体を載置した状態で、前記U字状断面の最下部を中心に、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となる範囲を除いて前記成形体が接触せず、プレス加工が完了した状態で、前記他方の金型の一部に前記オープン管に接触しない加工面を備えており、前記一方の金型は、前記他方の金型に前記成形体を載置した状態で、前記成形体が接触せず、プレス加工が完了した状態で、前記一方の金型の一部に前記オープン管に接触しない加工面を備えたことを特徴とするものである。

[0013] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明において、前記鋼管の外半径に相当する半径に対して ± 3.5 [%]の範囲にある円弧部の半径を有する金型を用いてプレス加工を実施することを特徴とするものである。

[0014] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明において、前記成形体のプレス加工に際して、前記成形体のプレス加工に用いるプレス金型の中心と、前記成形体の幅方向の中心とが一致していることを特徴とするものである。

[0015] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明において、前記成形体は、U字開放側を上方に向けたU字姿勢に保持されることを特徴とするものである。

[0016] また、本発明に係るプレス金型は、上記の発明の鋼管の製造方法において使用するプレス金型であって、前記プレス金型は、前記成形体を挟持する一対の押圧体からなり、各金型の前記成形体と接触し得る面には、各金型の加工中心と一致する位置に円弧中心が位置するように、前記鋼管の外半径に相当する半径に対して ± 3.5 [%]の範囲にある半径の円弧部が形成されており、各金型における前記円弧部の中心角が70度以上であり、両金型の前記中心角の角度の合計が360度未満であることを特徴とするものである。

[0017] また、本発明に係るプレス金型は、上記の発明において、両金型の前記中心角の角度が同じであることを特徴とするものである。

[0018] また、本発明に係るプレス金型は、上記の発明において、各金型は、前記

円弧部の円弧方向両端にそれぞれつながった、直線部、または、該円弧部よりも曲率が小さい小曲率円弧部を有することを特徴とするものである。

[0019] また、本発明に係る鋼管の製造方法は、上記の発明の鋼管の製造方法において、上記の発明のプレス金型を用いることを特徴とするものである。

発明の効果

[0020] 本発明に係る鋼管の製造方法及びプレス金型においては、真円度の高い鋼管を効率的に成形することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、実施形態に係るプレスベンド方式でU字状断面をなす成形体を成形するのに用いるダイ及びパンチなどの外観斜視図である。

[図2]図2は、プレスベンド方式によりU字状断面をなす成形体を成形する手順を示す図である。

[図3]図3は、U字状断面をなす成形体の断面図である。

[図4]図4は、成形体にOプレスを施してオープン管を成形する工程を模式的に示した図である。

[図5]図5は、上金型及び下金型の円弧部と直線部と中心角とについての説明図である。

[図6]図6は、オープン管のシームギャップ部の開き量と拘束範囲との関係を示すグラフである。

[図7]図7は、拘束範囲が0度の上金型及び下金型を用いてオープン管を成形した際の変形状況を模式的に示した図である。

[図8]図8は、拘束範囲と、オープン管のシームギャップ部を溶接で閉じたときの拡管前における鋼管の真円度との関係を示すグラフである。

[図9]図9は、拘束範囲とプレス荷重との関係を示すグラフである。

[図10]図10は、上金型及び下金型の個々の拘束範囲を変化させた場合におけるオープン管のシームギャップ部の開き量の結果を示すグラフである。

[図11]図11は、上金型及び下金型の個々の拘束範囲を変化させた場合における、オープン管のシームギャップ部を溶接で閉じて成形された拡管前の鋼

管の真円度の結果を示すグラフである。

[図12]図 1 2 は、上金型及び下金型の個々の拘束範囲を変化させた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラフである。

[図13]図 1 3 は、上金型の拘束範囲と下金型の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体の軽加工部もしくは未加工部の長さを変化させた場合におけるシームギャップ部の開き量の結果を示すグラフである。

[図14]図 1 4 は、上金型の拘束範囲と下金型の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体の軽加工部もしくは未加工部の長さを変化させた場合における拡管前の鋼管の真円度の結果を示すグラフである。

[図15]図 1 5 は、上金型の拘束範囲と下金型の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体の軽加工部もしくは未加工部の長さを変えた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラフである。

[図16]図 1 6 は、上金型及び下金型の円弧部の半径を変化させた場合におけるオープン管のシームギャップ部の開き量の結果を示すグラフである。

[図17]図 1 7 は、上金型及び下金型の円弧部の半径を変化させた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に、本発明に係る鋼管の製造方法、及び、その鋼管の製造方法に使用されるプレス金型の一実施形態について説明する。図 1 は、本実施形態に係るプレスベンド方式で U 字状断面をなす成形体を成形するのに用いるダイ 1 及びパンチ 2 などの外観斜視図である。ダイ 1 は、複数の搬送ローラ 3 によって形成された、板材 S の搬送経路内に配置されており、板材 S を板材搬送方向に沿って 2 箇所支持する左右一対の棒状部材 1 a, 1 b で構成されている。また、棒状部材 1 a, 1 b の板材搬送方向における間隔 e は、最終的に成形される鋼管のサイズに応じて変更可能となっている。

[0023] パンチ 2 は、ダイ 1 に対して近接及び離隔する向きに移動可能となっており、板材 S を押圧する下向き凸状のパンチ先端部 2 a と、このパンチ先端部 2 a の背面（上端面）に同一の幅をもってつながり、パンチ先端部 2 a を支

持するパンチ支持体 2 b とから構成されている。パンチ支持体 2 b は、上端部が図示しない駆動手段に連結されており、その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ものである。

[0024] 図 2 に、プレスベンド方式により U 字状断面をなす成形体 S_1 を成形する手順を示す。なお、この手順は、予め端曲げ加工を施した板材 S に対して、図 2 の左列の上から下、次いで、図 2 の中央列の上から下、最後に図 2 の右列の順で、曲げ加工及び板材 S の送りを実施する場合の一例を具体的に示したものである。また、図 2 中のパンチ 2 や板材 S にそれぞれ付されている矢印は、各段階でのパンチ 2 や板材 S の移動方向を示している。

[0025] 板材 S を出発材料として、この板材 S を管状に成形するには、まず、板材 S に端曲げ加工を施しておく。この端曲げ加工は、ダイ 1 及びパンチ 2 を用いて板材 S 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行われるものであり、この端曲げ加工により板材 S の板幅端部に端曲げ加工部を設けておくことで、端曲げ加工部を設けない場合よりも、高い真円度の確保された鋼管が得やすくなる。なお、鋼管の真円度とは、鋼管の断面形状がどれだけ円に近いかを表す指標であり、鋼管の全周において近似円弧からの変動量の最大と最小との差を、鋼管径で除した率で示される値である。例えば、外直径 D の鋼管の任意の管長位置で管を周方向に、8 等分、12 等分、16 等分、あるいは 24 等分して対向する位置での外直径を測定し、それらのうちの最大径と最小径とをそれぞれ D_{max} 、 D_{min} とした場合に、真円度 [%] は $\{(D_{max} - D_{min}) / D\} \times 100$ で定義される。真円度が 0 に近いほど、鋼管の断面形状が完全な円に近い形状となる。

[0026] 端曲げ加工部が設けられた板材 S は、図 1 に示したダイ 1 の上に載置され、板材 S を所定の送り量で間欠的に送られつつ、図 2 に示す手順で、板材 S の幅方向に沿って 3 回以上の曲げ加工が施され、全体として U 字状断面をなす成形体 S_1 に成形される。

[0027] 図 3 は、U 字状断面をなす成形体 S_1 の断面図である。端曲げ加工前の板材 S の幅を板幅 W としたとき、図 3 に示すように、成形体 S_1 の一部分、特に板

幅端からそれぞれ $W/4$ だけ離れた部位である $W/4$ 部を中心に、曲げ加工を省略した未加工部Pが設けられている。この未加工部Pは、板材Sの送りを大きくしてパンチ2による押圧を省略することにより設けることができる。なお、成形体 S_1 の一部分、特に板幅端からそれぞれ $W/4$ 部を中心に、未加工部Pではなく、他の部分よりも曲率が小さな（他の部分と比較して、ごく僅かな曲率を付与した）軽加工部を設けても良い。その場合には、以下の説明において「未加工部P」を「軽加工部」に適宜読み替えれば良い。軽加工部は、パンチ2によって付加される押圧量を他の部分よりも小さくして圧下することにより設けることができる。

[0028] また、図1及び図2に示したパンチ2の形状は、パンチ先端部2aの板材搬送方向における幅と、パンチ支持体2bの板材搬送方向における幅とを同じにしたI字形状のものであるが、パンチ2の形状としては、これに限るものでない。例えば、パンチ2として、パンチ先端部2aの板材搬送方向における幅を、パンチ支持体2bの板材搬送方向における幅よりも大きくした、略逆T字形状のものを用いることもできる。パンチ支持体2bの板材搬送方向における幅が同じ場合、略逆T字形状のパンチ2を用いたほうが、I字形状のパンチ2を用いる場合に比べて、1回の押圧で、板材Sに対してより大きな面積を押圧することができ、押圧回数の低減を図ることが可能となる。

[0029] 板材Sに対してプレスベンド方式により曲げ加工を施し、U字状断面をなす成形体 S_1 を成形したら、図4に示すような一对の金型である上金型4及び下金型5からなるプレス金型を用いて成形体 S_1 をO字状にプレス加工するOプレスを施すことで、周方向で互いに向き合った板幅端部間にシームギャップ部Gを有する管体であるオープン管 S_2 を成形する。

[0030] 次に、図4を用いて、成形体 S_1 にOプレスを施してオープン管 S_2 を成形する手順について説明する。まず、図4(a)に示すように、上金型4と成形体 S_1 のU字開放側とが対向するように（成形体 S_1 のU字開放側が上方を向くように）、下金型5に成形体 S_1 を設置して、上金型4と下金型5とで成形体 S_1 を挟み込む。また、成形体 S_1 のプレス加工に際しては、プレス金型

の加工中心と、成形体 S_1 の幅方向の中心とを一致させるようにしている。これにより、成形体 S_1 のU字開放側において、板幅端部を左右均等に押圧することが可能となる。

[0031] なお、図5に示すように、上金型4及び下金型5の成形体 S_1 と接触し得る面には、成形する鋼管の外径と同径または略同径であって中心角 θ の円弧部4a, 5aが形成されており、この範囲が鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状にプレス加工される。例えば、中心角 θ が360度の場合が、板幅の100 [%] が前記内接する形状にプレス加工される場合に相当することになる。なお、以後、円弧部4a, 5aの中心角 θ を拘束範囲と称し、その角度を360度で除した値が、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となるようにプレス加工される範囲となる。円弧部4aは、上金型4の加工中心 O_{p4} と一致する位置に円弧中心が位置しており、円弧部5aは、下金型5の加工中心 O_{p5} と一致する位置に円弧中心が位置している。また、上金型4は、円弧部4aの円弧方向両端にそれぞれつながった直線部4b₁, 4b₂を有しており、下金型5は、円弧部5aの円弧方向両端にそれぞれつながった直線部5b₁, 5b₂を有している。なお、上金型4及び下金型5においては、直線部4b₁, 4b₂, 5b₁, 5b₂に替えて、円弧部4a, 5aよりも曲率が小さい小曲率円弧部を有するようにしてもよい。なお、本発明において、最終的に得られる鋼管の対称性を高める観点から、円弧部4a, 5aにつながつた直線部4b₁, 4b₂, 5b₁, 5b₂または小曲率円弧部は、加工中心 O_{p4} , O_{p5} に対して、すなわち、円弧部4a, 5aの中心に対して対称であることが好ましい。また、鋼管の外半径に相当する半径に対して±3.5 [%] の範囲にある円弧部の半径を有する金型を用いてプレス加工を実施することが好ましい。その理由については、後述する。

[0032] 次に、上金型4と下金型5とで挟み込まれた成形体 S_1 を、図4(b)に示すように上金型4で圧下してOプレスを施す。このとき、成形体 S_1 における上金型4及び下金型5の円弧部4a, 5aと対向する部分は、上金型4及び下金型5によって拘束されるが、成形体 S_1 の未加工部Pは、上金型4及び下

金型 5 によって拘束されない。そのため、上金型 4 及び下金型 5 によって成形体 S_1 の全周が拘束される場合に必要とされる押圧力よりも小さな押圧力で、図 4 (c) に示すようなオープン管 S_2 を成形することができる。

[0033] そして、本実施形態に係る鋼管の製造方法においては、上金型 4 と下金型 5 とからなるプレス金型によって、オープン管 S_2 の形状が、U 字状断面の最下部を中心に板幅 W の 20 [%] 以上（中心角 θ が 70 度以上に相当）の範囲と、板幅端から板幅 W の 10 [%] 以上（中心角 θ が 35 度以上に相当）の範囲とが、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となるように、成形体 S_1 をプレス加工する。

[0034] そして、本実施形態においては、最終的に得られる鋼管形状を向上させる観点から、オープン管 S_2 が金型に内接する範囲が、上金型 4 側と下金型 5 側とで、略同じ大きさであることが好ましい。すなわち、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する U 字状断面の最下部を中心に板幅 W の 20 [%] 以上の範囲を A とし、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する板幅両端から板幅 W の 10 [%] 以上の範囲の合計を B としたとき、式 (1) を満たすことが好ましい。

$$2 | A - B | / (A + B) < 0.4 \quad \dots (1)$$

ここで、 $| A - B |$ は、 $A - B$ の絶対値を示す。

また、式 (1) の意味については、後で詳述する。

[0035] 本実施形態に係る鋼管の製造方法においては、オープン管 S_2 を、所定の範囲で確実に金型に内接させ、良好な形状を得るためには、図 5 に示すように、プレス加工が施される前の成形体 S_1 は、U 字状断面内において、板幅中央部である $W/2$ 部における接線 TL_1 と、 $W/4$ 部における接線 TL_{21} 、 TL_{22} とのなす角 θ_{11} 、 θ_{12} が 35 度以上 90 度未満であることが好ましい。さらに、プレス加工が施される前の成形体 S_1 は、板幅端部における接線 TL_{31} 、 TL_{32} と、 $W/4$ 部における接線 TL_{21} 、 TL_{22} とのなす角 θ_{21} 、 θ_{22} が 35 度以上 90 度未満であることが好ましい。また、上金型 4 側と下金型 5 側とで内接する範囲を同じにするためには、接線 TL_1 と接線 TL_{21} 、 TL_{22}

とのなす角 θ_{11} , θ_{12} の和と、接線 TL_{31} , TL_{32} と接線 TL_{21} , TL_{22} とのなす角 θ_{21} , θ_{22} の和と、が略同じであることが好ましい。

[0036] なお、これらの角度については、以下の理由により、U字状の成形体 S_1 に曲げ加工する設備や、U字状の成形体 S_1 をオープン管 S_2 に加工する際の金型の形状を勘案して定める必要がある。これらの角度が大きすぎると、板幅端間の距離が小さくなる。その距離が、U字状の成形体 S_1 に曲げ加工する際のパンチ支持体 $2b$ の幅より小さくなると、U字状の成形体 S_1 を得ることができなくなる。一方、これらの角度が小さすぎると、U字状の成形体 S_1 の板幅端間の距離が大きくなるので、U字状の成形体 S_1 を金型に載置した際に、板幅端が上金型 4 の開口部よりも大きくなり、加工力を付与できなくなる。また、左右の未加工部 P の間の距離が大きくなり過ぎ、下金型 5 に正しく載置されなくなる。

[0037] また、一对の金型のうちの一方の金型である上金型 4 と成形体 S_1 のU字開放側とが対向するように他方の金型である下金型 5 に成形体 S_1 を載置して、上金型 4 と下金型 5 とにより成形体 S_1 を挟み込んで成形体 S_1 にプレス加工を施すにあたり、上金型 4 と下金型 5 とは、次のような加工面を備えている。すなわち、下金型 5 は、下金型 5 に成形体 S_1 を載置した状態で、U字状断面の最下部を中心に、板幅 W の 20 [%] 以上（中心角 θ が 70 度以上に相当）の範囲を除いて成形体 S_1 が接触せず、プレス加工が完了した状態で、下金型 5 の一部にオープン管 S_2 に接触しない加工面を備えている。また、上金型 4 は、下金型 5 に成形体 S_1 を載置した状態で、成形体 S_1 が接触せず、プレス加工が完了した状態で、上金型 4 の一部にオープン管 S_2 に接触しない加工面を備えている。

[0038] そして、本実施形態においては、成形体 S_1 のプレス加工に際して、成形体 S_1 のプレス加工に用いるプレス金型の中心と、成形体 S_1 の幅方向の中心とが一致していることが好ましい。これは、成形体 S_1 の幅方向の中心に対して対称な力を加えることが、最終的に得られる鋼管の形状精度向上に寄与するからである。

[0039] そして、本実施形態においては、成形体 S_1 は、U字開放側を上方に向けたU字姿勢に保持されることが好ましい。これは、一つには、この姿勢でプレス加工するほうが、作業がしやすいからである。また、別の理由としては、仮にU字開放側を下方に向けた場合には、成形体 S_1 の自重が成形体 S_1 の板幅端部に加わるため、板幅端部に、あるいは、金型に擦り疵をつける可能性があるため、それを避けるためである。

[0040] ここで、本実施形態においては、上金型4及び下金型5を用いて成形体 S_1 にOプレスを施してオープン管 S_2 を成形する際、成形体 S_1 における未加工部Pの中心から板幅端部に向かって $W/4$ だけ離れた部位に押圧力が付加されるようにしているが、その理由は以下の通りである。すなわち、成形体 S_1 の全体が円形になったときの曲げモーメントは、押圧部から中心角が角度 ϕ だけ離れた位置では、 $M = F \cdot r \cdot \cos \phi$ (F : 押圧力、 r : 円の半径) となり、押圧部から90度離れた位置で最大となり、変形も最大となる。そこで、未加工部Pの中心から90度すなわち全周の $1/4$ 離れた位置に押圧力を付加することで、未加工部Pが効果的に変形することになる。このとき、曲げモーメントは、押圧力を付加する位置から90度離れた位置が最大で、この位置から離れると小さくなっていく。そのため、未加工部Pに十分な塑性変形が生じるためには、未加工部Pの中心から板幅端部に向かって $W/4 \pm 0.07W$ だけ離れた部位に押圧力を付加するのが好ましい。

[0041] また、本実施形態においては、未加工部Pの中心を、板幅端から $W/4$ だけ離れた位置を含む部位に設けることにしたが、その理由は以下の通りである。すなわち、上述したように、押圧力は未加工部Pの中心から板幅端部に向かって $W/4$ だけ離れた部位に付加することが望ましいが、成形体 S_1 をオープン管 S_2 とする段階で、成形体 S_1 の形状は変化するので、上金型4と成形体 S_1 との接触位置が変わり押圧力を付加する位置も変化する。未加工部Pを、成形体 S_1 における板幅端から $W/4$ だけ離れた位置を含む部位に設けた場合は、押圧力を付加する部分は常に成形体 S_1 の板幅端部となり、未加工部Pが最も変形するようになる。このようにすることで、押圧位置を変えるこ

となく、1回の押圧で未加工部Pに変形を与えることができる。また、未加工部Pを、押圧力を付加する位置すなわち成形体 S_1 の板幅端から $W/4 \pm 0.07W$ の範囲に設けるのが好ましい。

[0042] また、図4(a)及び図4(b)のような押圧の初期の段階では、板幅端部が上金型4に接するので、未加工部Pは成形体 S_1 の板幅端から $W/4$ だけ離れた部位を含む部位に設けることが好ましい。

[0043] 図6は、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量と拘束範囲との関係を、プレス荷重と合わせて示したグラフである。なお、図6に示す開き量と拘束範囲との関係、及び、プレス荷重は、オープン管 S_2 の両端部を溶接後に拡張率1[%]の拡張による形状矯正を行って、引張強度630[MPa]、外径660.4[mm]、管厚40.0[mm]の鋼管を成形する際にけるものである。

[0044] プレスバンド後の成形体 S_1 は、その両側の板幅端からそれぞれ $W/4$ の部分に長さ $W/12$ の未加工部Pを設け、板幅中央部における接線と、板幅端から $W/4$ だけ離れた部位である $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{11} 、 θ_{12} が75度、板幅端部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{21} 、 θ_{22} が75度の形状とした。この成形体 S_1 を拘束範囲が同じ上金型4と下金型5とで挟持した場合のものである。また、押圧量は、オープン管 S_2 の $W/2$ の部分をつんだ距離が、拡張前の直径と等しくなるようにしている（Oプレスでの圧下量は、縦径が拡張前の径と一致するようにしている）。図6から、拘束範囲が大きいほど、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量が小さくなることがわかる。

[0045] 図7は、拘束範囲が0度の上金型4及び下金型5を用いてオープン管 S_2 を成形した際の変形状況を模式的に示した図である。上金型4及び下金型5の拘束範囲が0度のときには、上金型4が成形体 S_1 の両端部のみと接触し、下金型5が成形体 S_1 の板幅中央部のみで接触するように、円弧部4a、5aを鋼管外径の1.16倍の直径を有する円弧とした場合である。図7(a)に示すように、成形体 S_1 の断面を時計に見立てたときに6時部分のみが下金型

5と接触するように、下金型5の円弧部5aの径が鋼管径よりも大きな径となっている。そのため、図7(b)に示すように、Oプレス中には成形体 S_1 の6時部分及びその近傍に、下金型5の円弧部5aになじむような曲げ戻しが生じ、曲率半径が鋼管径よりも大きくなる。そのため、Oプレス後では、図7(c)に示すようなオープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量が、成形体 S_1 の3時部分及び9時部分でのスプリングバックと合わせて大きなものとなる。

[0046] 図8は、拘束範囲と、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gを溶接で閉じたときの拡管前における鋼管の真円度との関係を示すグラフである。図8から、拘束範囲が60度の場合には、拘束範囲が0度の場合よりも真円度が悪くなっているが、拘束範囲を大きくすると真円度は良くなり、拘束範囲が70度以上の場合では拘束範囲が0度の場合よりも真円度が良くなることがわかる。また、拘束範囲が100度～110度で最も真円度が良くなっているのがわかる。

[0047] 図9は、拘束範囲とプレス荷重との関係を示すグラフである。図9から、拘束範囲が大きくなるとプレス荷重が大きくなるのがわかる。そのため、拘束範囲を大きくすると、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量は小さくなるが、プレス荷重が大きくなる分、プレス設備が大型化するので、所望の開き量が得られる範囲で拘束範囲を小さくするのが望ましい。例えば、プレス荷重を、上金型4及び下金型5で成形体 S_1 の全周を拘束する上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲が180度の場合の90[%]以下とするには、拘束範囲を150度以下とすればよい。

[0048] 図10は、上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲を変化させた場合におけるオープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量の結果を示すグラフである。図11は、上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲を変化させた場合における、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gを溶接で閉じて成形された拡管前の鋼管の真円度の結果を示すグラフである。図12は、上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲を変化させた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラ

フである。なお、図10～図12においては、図6、図8及び図9と同様の引張強度630 [MPa]、外径660.4 [mm]、管厚40.0 [mm]の鋼管を対象としており、横軸は上金型4及び下金型5の拘束範囲の平均値であり、下金型5の拘束範囲毎にグラフ中のシンボルを変えている。図中で、例えば、「下60度」とは、下金型5における拘束範囲が60度であることを意味する。

[0049] 図10から、上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲によらず、上金型4及び下金型5の拘束範囲の平均値が大きくなると、オープン管S₂のシームギャップ部Gの開き量は小さくなっていることがわかる。また、図11から、上金型4と下金型5とのいずれかの拘束範囲が60度未満の場合には、鋼管の真円度が悪くなっていることがわかる。そのため、上金型4及び下金型5の個々の拘束範囲は、上金型4と下金型5とで必ずしも等しくする必要はないが、鋼管の真円度が良好な形状を得るためには、上金型4及び下金型5の拘束範囲を、どちらも60度を超える拘束範囲とするのが望ましい。また、図12から、上金型4及び下金型5の拘束範囲の平均値が大きいほど、プレス荷重は大きくなることがわかる。そのため、許容できるプレス荷重の上限値を設定した場合には、そのプレス荷重の上限値に応じて、適用可能な上金型4及び下金型5の拘束範囲の平均値の範囲が決まる。

[0050] また、図11において、上下の拘束範囲の差が30度であり、その差が上下の拘束範囲の平均値の29 [%]である、上90度／下90度、上90度／下120度、上120度／下90度のものでは、溶接後の拡管前における真円度が1.5 [%]以下と非常に優れている。一方、上下拘束範囲の差は30度であるが、その差が上下拘束範囲の平均値の40 [%]と大きい、上90度／下60度のものは、溶接後の拡管前における真円度が2.0 [%]と若干悪くなっている。このように、上下の拘束範囲の差を小さくすることで、良好な形状を得ることができる。すなわち、本発明においては、上下の拘束範囲の差を上下拘束範囲の平均値の40 [%]未満とすることが好ましく、30 [%]以下とすることがさらに好ましい。また、上下の拘束範囲の

差を30度未満とすることが好ましい。この上下の拘束範囲の差と上下拘束範囲の平均値との関係を言い換えれば、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接するU字状断面の最下部を中心に板幅Wの20 [%] 以上の範囲をAとし、鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する板幅両端から板幅Wの10 [%] 以上の範囲の合計をBとしたとき、式(1)を満たすことが好ましい。

$$2 | A - B | / (A + B) < 0.4 \quad \cdots (1)$$

ここで、 $| A - B |$ は、 $A - B$ の絶対値を示す。

[0051] 図13は、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体 S_1 の未加工部Pの長さLを変化させた場合におけるシームギャップ部Gの開き量の結果を示すグラフである。図14は、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体 S_1 の未加工部Pの長さLを変化させた場合における拡管前の鋼管の真円度の結果を示すグラフである。図15は、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲とを同一として、プレスベンド後の成形体 S_1 の未加工部Pの長さLを変えた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラフである。なお、図13～図15において、板幅中央部における接線と、板幅端から $W/4$ だけ離れた部位である $W/4$ 部における接線とのなす角を θ_{11} , θ_{12} 、板幅端部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角を θ_{21} , θ_{22} としたとき、これらの角度は全て等しい値とし、それぞれ未加工部Pの幅に応じて変化させている。また、横軸は、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲との平均値である。

[0052] 図13から、成形体 S_1 の未加工部Pの長さLや接線のなす角 θ_{11} , θ_{12} , θ_{21} , θ_{22} の角度によらず、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲との平均値が大きくなるほど、シームギャップ部Gの開き量は小さくなっており、また、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲との平均値が同じ場合には、前記長さLが長く、接線のなす角 θ_{11} , θ_{12} , θ_{21} , θ_{22} の角度が小さいほど開き量が小さくなっていることがわかる。また、図14及び図15か

ら、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲との平均値が同じ場合には、鋼管の真円度及びプレス荷重に、成形体 S_1 の未加工部Pの長さLや接線のなす角 θ_{11} , θ_{12} , θ_{21} , θ_{22} の角度による差異はほとんどみられないことがわかる。このように、上金型4の拘束範囲と下金型5の拘束範囲との平均値が同じ場合には、成形体 S_1 の未加工部Pの長さLを長く、接線のなす角 θ_{11} , θ_{12} , θ_{21} , θ_{22} の角度を小さくすることで、鋼管の真円度やプレス荷重の差異を前記長さLによって生じさせることなく、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量を小さくすることが可能となる。

[0053] 図16は、上金型4及び下金型5の円弧部半径を変化させた場合におけるオープン管 S_2 のシームギャップ部Gの開き量の結果を示すグラフである。図17は、上金型4及び下金型5の円弧部半径を変化させた場合におけるプレス荷重の結果を示すグラフである。なお、図16及び図17においては、上金型4及び下金型5の円弧部4a, 5aの中心角を45度とし、円弧部4a, 5aの半径である円弧部半径を変えて、引張強度630MPa、外径660.4 [mm]、管厚40.0 [mm]の鋼管を、縦径が拡管前の径と一致するようにOプレスで圧下した場合を示している。また、図16及び図17の横軸は、円弧部半径と鋼管外半径（鋼管外径に相当する半径）との比であり、円弧部半径が鋼管外半径よりも大きい場合は1.0より大きくなり、円弧部半径が鋼管外半径よりも小さい場合は1.0よりも小さくなる。

[0054] 図16に示すように、上金型4及び下金型5の円弧部半径が鋼管外半径と等しい（図16の横軸が1.0）ときには、シームギャップ部Gの開き量が最も小さくなっている。一方、上金型4及び下金型5の円弧部半径が鋼管外半径よりも大きくなると、図7で示したように成形体 S_1 の6時部分及びその近傍に曲げ戻し変形が生じるため、上金型4及び下金型5の円弧部半径が大きくなるにしたがって、シームギャップ部Gの開き量が大きくなっている。また、上金型4及び下金型5の円弧部半径が鋼管外半径よりも小さくなると、上金型4及び下金型5の円弧部4a, 5aが終了した部分で曲げ戻し変形が生じるため、円弧部半径が小さくなるにしたがって、シームギャップ部G

の開き量が大きくなっている。このように、上金型4及び下金型5の円弧部半径が鋼管外半径と同じ場合が最も望ましいが、上金型4及び下金型5の円弧部半径が鋼管外半径に相当する半径 ± 3.5 [%] のときには、シームギャップ部Gの開き量が40 [mm] 以下に抑えられている。

[0055] しかしながら、図17からわかるように、プレス荷重は、円弧部半径が小さくなるにしたがって大きくなっており、特に円弧部半径が小さい場合には、プレス機の荷重も考慮してその半径を決める必要がある。

[0056] [実施例1]

エッジミラーを用いて開先を設けて、板幅Wを1928 [mm] に加工した、長さ1000 [mm]、板厚40 [mm]、引張強度635 [MPa] の鋼板に、端曲げを行った後、プレスベンド加工を行った成形体S₁を準備した。次に、この成形体S₁に対し、様々な拘束範囲の上金型4及び下金型5を用いて、30 [MN] のプレス機によりOプレスを行うことで、成形体A、Bを成形した。表1及び表2に、成形体A、Bの形状を示す。なお、表1及び表2の「No.」における最初のアルファベットA、Bは、成形体の形状（成形体A、B）を示しており、そのアルファベットA、Bの後の数字は、上金型4及び下金型5の拘束範囲の組み合わせを示している。

[0057] 表1には、条件Aとして板幅端からW/4部を中心に160 [mm] (W/12) の幅で未加工部を設け、板幅端部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{21} 、 θ_{22} が65度、板幅中央部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{11} 、 θ_{12} が73度とした成形体Aを示している。表2には、条件Bとして板幅端からW/4部を中心に321 [mm] (W/6) の幅（条件Aの2倍の幅）で未加工部を設け、板幅端部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{21} 、 θ_{22} が59度、板幅中央部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{11} 、 θ_{12} が61度とした成形体Bを示している。なお、成形体A、Bは、板幅端部の中央と板幅1/2を結ぶ直線に対して対称であり、表1及び表2には、その板幅1/2の部分の値を示している。また、Oプレス時における圧下量は、W/2部の外面側

と板幅端部の外面側との距離が654 [mm] となる圧下量とした。

[0058] そして、成形体A, BのOプレス後のオープン管 S_2 の開き量を測定した後に、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gを溶接して外径654 [mm] の鋼管を成形した後、その直径を周方向に22.5度のピッチで8カ所測定し、前記直径の最大と最小との差を求めた。表1及び表2に、金型形状（拘束範囲）、プレス荷重、開き量、及び、真円度も合わせて示す。このときの真円度は、最大と最小の差を鋼管外径（前記直径の全測定値の平均値）で除した数字である。

[0059] なお、本実施例で使用した溶接機では、Oプレス後の開き量が40 [mm] を超えているものは、その開きを閉じることができず、別のプレス機で開きを閉じた状態で管軸方向の両端及び中央を仮溶接した後、シームギャップ部Gの全長の本溶接を行った。また、真円度については、拡管前で2.5 [%] を合格の目安とした。これは、拡管前の真円度が2.5 [%] 以下であれば、拡管後の真円度を1.0 [%] 以下という良好な値にすることができるからである。

[0060]

[表1]

(表1)

No.	プレスベンド後の成形体の形状					金型形状			結果			備考
	板幅 [mm]		接線のなす角 [度]		板幅中央側 加工部分	拘束範囲 [度]		プレス 荷重 [MN/m]	開き量 [mm]	真円度 [%]		
	板端側 加工部分	未加工部分	板幅中央側 加工部分	板端側 加工部分		板幅中央側 加工部分						
							上金型				下金型	
A1	402	160	402	65	73	150	150	150	28	5	1.5	本発明例
A2						120	120	120	26	8	1.3	本発明例
A3						110	110	110	24	15	0.9	本発明例
A4						100	100	100	19	20	0.9	本発明例
A5						90	90	90	15	28	1.0	本発明例
A6						80	90	85	14	31	1.2	本発明例
A7						70	90	80	12	34	1.6	本発明例
A8						60	90	75	10	37	3.1	比較例
A9						80	80	80	12	35	1.5	本発明例
A10						70	70	70	9	38	2.4	本発明例
A11						90	60	75	10	36	3.0	比較例
A12						60	60	60	6	40	3.5	比較例
A13						0	90	45	6	45	3.3	比較例
A14						90	0	45	6	50	2.4	比較例
A15						60	0	30	5	52	*	比較例
A16						0	0	0	5	60	*	比較例

[0061]

[表2]

(表2)

No.	プレスベンド後の成形体の形状					金型形状			結果			備考
	板幅 [mm]		接線のなす角 [度]			拘束範囲 [度]			プレス 荷重 [MN/m]	開き量 [mm]	真円度 [%]	
	板端側 加工部分	未加工部分	板幅中央側 加工部分	板端側 加工部分	板幅中央側 加工部分	上金型	下金型	上下平均				
B1	321	321	321	59	61	150	150	150	28	1	1.5	本発明例
B2						120	120	120	26	4	1.4	本発明例
B3						110	110	110	24	11	1.0	本発明例
B4						100	100	100	19	16	0.9	本発明例
B5						90	90	90	15	24	0.9	本発明例
B6						80	90	85	14	27	1.1	本発明例
B7						70	90	80	12	30	1.6	本発明例
B8						60	90	75	10	33	3.0	比較例
B9						80	80	80	12	31	1.5	本発明例
B10						70	70	70	9	34	2.4	本発明例
B11						90	60	75	10	32	3.0	比較例
B12						60	60	60	6	36	3.5	比較例
B13						0	90	45	6	41	3.3	比較例
B14						90	0	45	6	46	2.4	比較例
B15						60	0	30	5	48	2.5	比較例
B16						0	0	0	5	56	*	比較例

[0062] 本発明例の範囲である、表1のNo. A1～A7, A9, A10、表2の

N o. B 1 ~ B 7, B 9, B 1 0では、開き量が小さく、真円度も良好である。特に、拘束範囲が90度~110度のものは、拡管を行わなくても真円度が1.0 [%] 以下となっている。また、拘束範囲の平均値が小さくなるほど、プレス荷重が小さくなっている。

[0063] これに対し、上金型4及び下金型5の拘束範囲が60度と90度との組み合わせになっている、表1のN o. A 8, A 1 1、表2のN o. B 8, B 1 1では、開き量は小さいが、真円度が悪くなっている。また、拘束範囲の平均値が60度以下になっている、表1のN o. A 1 2~A 1 6、表2のN o. B 1 2~B 1 6では、開き量が大きく、特に、表1のN o. A 1 5, A 1 6、表2のN o. B 1 6では、シームギャップ部Gを溶接した後の溶接部分が破断したために真円度の測定はできなかった。

[0064] また、未加工部の幅が成形体Aよりも大きい成形体Bを用いたものでは、成形体Aを用いたものと比べて、プレス荷重及び真円度は略同じであったが、開き量が小さくなっている。

[0065] 以上、本発明を適用した実施形態について説明したが、本実施形態による本発明の開示の一部をなす記述及び図面により本発明は限定されることはない。すなわち、本実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施形態、実施例及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

[0066] [実施例2]

エッジミラーを用いて開先を設けて板幅1639 [mm] に加工した、長さ1000 [mm]、板厚31.8 [mm]、引張強度779 [MPa] の鋼板に、端曲げを行った後、プレスベンド加工を行った成形体S₁を準備した。次に、この成形体S₁に対し、様々な拘束範囲の上金型4及び下金型5を用いて、30 [MN] のプレス機によりOプレスを行うことで、成形体A, Bを成形した。表3及び表4に、成形体A, Bの形状を示す。なお、表3及び表4の「N o. 」における最初のアルファベットA, Bは、成形体の形状（成形体A, B）を示しており、そのアルファベットA, Bの後の数字は、上金型4及び下金型5の拘束範囲の組み合わせを示している。

[0067] 表3には、条件Aとして板幅端から $W/4$ 部を中心に137 [mm] ($W/12$)の幅で未加工部を設け、板幅端部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{21} , θ_{22} が65度、板幅中央部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{11} , θ_{12} が72度とした成形体Aを示している。表4には、条件Bとして板幅端から $W/4$ を中心に273 [mm] ($W/6$)の幅(条件Aの2倍の幅)で未加工部を設け、板幅端部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{21} , θ_{22} が59度、板幅中央における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{11} , θ_{12} が61度とした成形体Bを示している。なお、成形体A, Bは、板幅端部の中央と板幅 $1/2$ を結ぶ直線に対して対称であり、表3及び表4には、その板幅 $1/2$ の部分の値を示している。また、Oプレス時における圧下量は、 $W/2$ 部の外面側と板幅端部の外面側との距離が553 [mm]となる圧下量とした。

[0068] そして、成形体A, BのOプレス後のオープン管 S_2 の開き量を測定した後に、オープン管 S_2 のシームギャップ部Gを溶接して外径553 [mm]の鋼管を成形した後、その直径を周方向に22.5度のピッチで8カ所測定し、前記直径の最大と最小との差を求めた。表3及び表4に、金型形状(拘束範囲)、プレス荷重、開き量、及び、真円度も合わせて示す。このときの真円度は、最大と最小の差を鋼管外径で除した数字である。

[0069] なお、本実施例で使用した溶接機では、Oプレス後の開き量が40 [mm]を超えているものは、その開きを閉じることができず、別のプレス機で開きを閉じた状態で管軸方向の両端及び中央を仮溶接した後、シームギャップ部Gの全長の本溶接を行った。また、真円度については、拡管を行うことで1.0 [%]以下になる拡管前で2.5 [%]を合格の目安とした。

[0070]

[表3]

(表3)

No.	プレスベンド後の成形体の形状					金型形状			結果			備考
	板幅 [mm]		接線のなす角 [度]			拘束範囲 [度]			プレス荷重 [MN/m]	開き量 [mm]	真円度 [%]	
	板端側加工部分	未加工部分	板幅中央側加工部分	板端側加工部分		板幅中央側加工部分						
							上金型	下金型				
A1	341	137	341	65	72	150	150	150	27	3	1.5	本発明例
A2						120	120	120	26	6	1.3	本発明例
A3						110	110	110	23	13	0.9	本発明例
A4						100	100	100	20	19	0.9	本発明例
A5						90	90	90	14	25	1.0	本発明例
A6						80	90	85	13	28	1.2	本発明例
A7						70	90	80	11	32	1.6	本発明例
A8						60	90	75	10	35	3.1	比較例
A9						80	80	80	11	33	1.5	本発明例
A10						70	70	70	9	36	2.4	本発明例
A11						90	60	75	10	34	3.0	比較例
A12						60	60	60	6	38	3.5	比較例
A13						0	90	45	5	43	3.3	比較例
A14						90	0	45	5	50	2.4	比較例
A15						60	0	30	4	54	*	比較例
A16						0	0	0	4	60	*	比較例

(表3)

[表4]

(表4)

No.	プレスベンド後の成形体の形状				金型形状			結果			備考															
	板幅 [mm]		接線のなす角 [度]		拘束範囲 [度]		プレス 荷重 [MN/m]	開き量 [mm]	真円度 [%]																	
	板端側 加工部分	未加工部分	板幅中央側 加工部分	板端側 加工部分	板幅中央側 加工部分	上下平均																				
						上金型				下金型																
B1	273	273	273	59	61	150	150	150	27	0	1.5	本発明例														
B2						120	120	120	26	3	1.4	本発明例														
B3						110	110	110	23	9	1.0	本発明例														
B4						100	100	100	20	13	0.9	本発明例														
B5						90	90	90	14	22	0.9	本発明例														
B6						80	90	85	13	25	1.1	本発明例														
B7						70	90	80	11	28	1.6	本発明例														
B8						60	90	75	10	30	3.0	比較例														
B9													80	80	11	29	1.5	本発明例								
B10																			70	70	9	32	2.4	本発明例		
B11																									90	60
B12						60	60	60	6	34	3.5	比較例														
B13													0	90	45	5	40	3.3								
B14																			90	0	45	5	44	2.4		
B15																									60	0
B16						0	0	0	4	53	*	比較例														

[0072] 本発明例の範囲である、表3のNo. A1～A7, A9, A10、表4のNo. B1～B7, B9, B10では、開き量が小さく、真円度も良好であ

る。特に、拘束範囲が90度～110度のものは、拡管を行わなくても真円度が1.0 [%] 以下となっている。また、拘束範囲の平均値が小さくなるほど、プレス荷重が小さくなっている。

[0073] これに対し、上金型4及び下金型5の拘束範囲が60度と90度との組み合わせになっている、表3のNo. A8, A11、表4のNo. B8, B11では、開き量は小さいが、真円度が悪くなっている。また、拘束範囲の平均値が60度以下になっている、表3のNo. A12～A16、表4のNo. B12～B16では、開き量が大きく、特に、表3のNo. A15, A16、表4のNo. B16では、シームギャップ部Gを溶接した後の溶接部分が破断したために真円度の測定はできなかった。

[0074] また、未加工部の幅が成形体Aよりも大きい成形体Bを用いたものでは、成形体Aを用いたものと比べて、プレス荷重及び真円度は略同じであったが、開き量が小さくなっている。

[0075] [実施例3]

エッジミラーを用いて開先を設けて板幅2687 [mm] に加工した、長さ1000 [mm]、板厚50.8 [mm]、引張強度779 [MPa] の鋼板に、端曲げを行った後、プレスベンド加工を行った成形体S₁を準備した。次に、この成形体S₁に対し、様々な拘束範囲の上金型4及び下金型5を用いて、30 [MN] のプレス機によりOプレスを行うことで、成形体A, Bを成形した。表5及び表6に、成形体A, Bの形状を示す。なお、表5及び表6の「No.」における最初のアルファベットA, Bは、成形体の形状（成形体A, B）を示しており、そのアルファベットA, Bの後の数字は、上金型4及び下金型5の拘束範囲の組み合わせを示している。

[0076] 表5には、条件Aとして板幅端からW/4部を中心に224 [mm] (W/12) の幅で未加工部を設け、板幅端部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{21} , θ_{22} が73度、板幅中央部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{11} , θ_{12} が72度とした成形体Aを示している。表6には、条件Bとして板幅端からW/4部を中心に448 [mm] (W/

6) の幅 (条件 A の 2 倍の幅) で未加工部を設け、板幅端部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{21} , θ_{22} が 58 度、板幅中央部における接線と、 $W/4$ 部における接線とのなす角 θ_{11} , θ_{12} が 59 度とした成形体 B を示している。なお、成形体 A, B は、板幅端部の中央と板幅 $1/2$ を結ぶ直線に対して対称であり、表 5 及び表 6 には、その板幅 $1/2$ の部分の値を示している。また、O プレス時における圧下量は、 $W/2$ 部の外面側と板幅端部の外面側との距離が 905 [mm] となる圧下量とした。

[0077] そして、成形体 A, B の O プレス後のオープン管 S_2 の開き量を測定した後に、オープン管 S_2 のシームギャップ部 G を溶接して外径 905 [mm] の鋼管を成形した後、その直径を周方向に 22.5 度のピッチで 8 カ所測定し、前記直径の最大と最小との差を求めた。表 5 及び表 6 に、金型形状 (拘束範囲)、プレス荷重、開き量、及び、真円度も合わせて示す。このときの真円度は、最大と最小の差を鋼管外径で除した数字である。

[0078] なお、本実施例で使用した溶接機では、O プレス後の開き量が 40 [mm] を超えているものは、その開きを閉じることができず、別のプレス機で開きを閉じた状態で管軸方向の両端及び中央を仮溶接した後、シームギャップ部 G の全長の本溶接を行った。また、真円度については、拡管を行うことで 1.0 [%] 以下になる拡管前で 2.5 [%] を合格の目安とした。

[0079]

[表5]

(表5)

No.	プレスベンド後の成形体の形状						金型形状			結果			備考
	板幅 [mm]				接線のなす角 [度]		拘束範囲 [度]			プレス荷重 [MN/m]	開き量 [mm]	真円度 [%]	
	板端側加工部分	未加工部分	板幅中央側加工部分	板端側加工部分	板幅中央側加工部分								
						上金型	下金型	上下平均					
A1	560	224	560	73	72	150	150	150	29	7	1.4	本発明例	
A2						120	120	120	27	10	1.3	本発明例	
A3						110	110	110	25	17	1.0	本発明例	
A4						100	100	100	20	21	1.0	本発明例	
A5						90	90	90	26	29	0.9	本発明例	
A6						80	90	85	14	33	1.0	本発明例	
A7						70	90	80	12	35	1.4	本発明例	
A8						60	90	75	10	39	3.2	比較例	
A9						80	80	80	12	36	1.4	本発明例	
A10						70	70	70	10	39	2.3	本発明例	
A11						90	60	75	11	36	3.1	比較例	
A12						60	60	60	6	40	3.4	比較例	
A13						0	90	45	6	45	3.3	比較例	
A14						90	0	45	6	50	2.4	比較例	
A15						60	0	30	5	52	*	比較例	
A16						0	0	0	5	60	*	比較例	

(表5)

[表6]

(表6)

プレスベンド後の成形体の形状																										
No.	板幅 [mm]				接線のなす角 [度]		金型形状			備考																
	板端側加工部分	未加工部分	板幅中央側加工部分	板端側加工部分	板幅中央側加工部分	拘束範囲 [度]		プレス荷重 [MN/m]	開き量 [mm]		真円度 [%]															
						上金型	下金型					上下平均														
B1	448	448	448	58	59	150	150	150	29	3	1.5	本発明例														
B2						120	120	120	27	6	1.4	本発明例														
B3						110	110	110	25	13	1.0	本発明例														
B4						100	100	100	20	17	0.9	本発明例														
B5						90	90	90	26	24	1.0	本発明例														
B6						80	90	85	14	27	1.1	本発明例														
B7						70	90	80	12	31	1.5	本発明例														
B8						60	90	75	10	35	3.0	比較例														
B9													80	80	12	32	1.4	本発明例								
B10																			70	70	10	35	2.4	本発明例		
B11																									90	60
B12						60	60	60	6	36	3.5	比較例														
B13													0	90	45	6	41	3.3								
B14																			90	0	45	6	46	2.4		
B15																									60	0
B16						0	0	0	5	56	*	比較例														

[0081] 本発明例の範囲である、表5のNo. A1～A7, A9, A10、表6のNo. B1～B7, B9, B10では、開き量が小さく、真円度も良好であ

る。特に、拘束範囲が90度～110度のものは、拡管を行わなくても真円度が1.0 [%] 以下となっている。また、拘束範囲の平均値が小さくなるほど、プレス荷重が小さくなっている。

[0082] これに対し、上金型4及び下金型5の拘束範囲が60度と90度との組み合わせになっている、表5のNo. A8, A11、表6のNo. B8, B11では、開き量は小さいが、真円度が悪くなっている。また、拘束範囲の平均値が60度以下になっている、表5のNo. A12～A16、表6のNo. B12～B16では、開き量が大きく、特に、表5のNo. A15, A16、表6のNo. B16では、シームギャップ部Gを溶接した後の溶接部分が破断したために真円度の測定はできなかった。

[0083] また、未加工部の幅が成形体Aよりも大きい成形体Bを用いたものでは、成形体Aを用いたものと比べて、プレス荷重及び真円度は略同じであったが、開き量が小さくなっている。

[0084] [実施例4]

目標外径621 [mm] ～687 [mm] の鋼管を製造するために、エッジミラーを用いて開先を設けて板幅1826～2032 [mm] に加工した、長さ1000 [mm]、板厚40 [mm]、引張強度635 [MPa] の鋼板に、端曲げを行った後、プレスバンド加工を行った成形体S₁を準備した。次に、この成形体S₁に対し、円弧部半径327 mm、拘束範囲45度の様々な上金型4及び下金型5を用いて、30 [MN] のプレス機によりOプレスを行い、成形体D1～D11を成形した。表7に成形体D1～D11の成形条件を示す。成形体D1～D11には、初期の板幅Wに応じて、板幅端からW/4部を中心にW/12の幅で未加工部を設け、板幅端部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{21} , θ_{22} を75度とし、板幅中央部における接線と、W/4部における接線とのなす角 θ_{11} , θ_{12} を75度とした。また、OプレスではW/2部の外面側と板幅端部の外面側との距離が、表7に示すように初期の板幅Wに対応した値となるように圧下した。また、表7に、Oプレス圧下後の鋼管の外径を示す。

[0085] そして、これら成形体D 1 ～D 1 1 のOプレス後のオープン管S₂の開き量を測定した。表7に、その結果としてプレス荷重及び開き量も合わせて示す

。

[0086]

[表7]

(表7)

No.	目標 外径 [mm]	板幅 [mm]	プレスベンド後の成形体の形状					金型形状		Oプレス 圧下後の 外径 [mm]	結果	
			板端側 加工部分	未加工部分	板幅中央側 加工部分	板端側 加工部分	接線のなす角[度]	円弧部半径 [mm]	円弧部半径/ 鋼管外半径		プレス 荷重 [MN/m]	開き量 [mm]
D1	621	1826	380	152	380				0.95	621	17	51
D2	628	1847	385	154	385				0.96	628	16	40
D3	634	1867	389	156	389				0.97	634	16	35
D4	641	1888	393	157	393				0.98	641	15	31
D5	647	1908	398	159	398				0.99	647	15	28
D6	654	1929	402	161	402		75	327	1.00	654	15	25
D7	661	1949	406	162	406		75		1.01	661	15	27
D8	667	1970	410	164	410				1.02	667	14	30
D9	674	1991	415	166	415				1.03	674	14	35
D10	680	2011	419	168	419				1.04	680	13	40
D11	687	2032	423	169	423				1.05	687	12	53

[0087] 円弧部半径と鋼管の外半径との比が1.00である、表7のNo. D6の開き量が最も小さく、鋼管外半径が小さくまたは大きくなると、開き量が

きくなっている。また、実施例1で使用した溶接機で閉じることができる開き量40 [mm] 以下となるのは、表7のNo. D2～D10であり、円弧部半径と鋼管の外半径との比が0.96～1.04となる。また、実施例1において溶接部破断が生じなかった開き量50 [mm] となるのも、表7のNo. D2～D10であり、円弧部半径と鋼管の外半径との比が0.96～1.04となる。

[0088] なお、シームギャップ部Gを溶接して閉じることのできる開き量や、溶接部破断が生じない開き量は、溶接設備や溶接方法により異なるが、上金型4及び下金型5の円弧部半径の目安は鋼管外半径の0.96～1.04となる。

産業上の利用可能性

[0089] 本発明によれば、真円度の高い鋼管を効率的に成形することができる鋼管の製造方法及びプレス金型を提供することができる。

符号の説明

- [0090] 1 ダイ
- 1 a 棒状部材
 - 1 b 棒状部材
- 2 パンチ
- 2 a パンチ先端部
 - 2 b パンチ支持体
- 3 搬送ローラ
- 4 上金型
- 4 a 円弧部
 - 4 b₁ 直線部または小曲率円弧部
 - 4 b₂ 直線部または小曲率円弧部
- 5 下金型
- 5 a 円弧部
 - 5 b₁ 直線部または小曲率円弧部

5 b₂ 直線部または小曲率円弧部

請求の範囲

[請求項1] 幅方向両端部に端曲げ加工が施された板材に、その幅方向に沿って3回以上の曲げ加工を施してU字状断面をなす成形体を成形し、次いで、該成形体にプレス加工を施すことにより、その長手方向にシームギャップ部を有する管体であるオープン管とした後、該シームギャップ部を接合して鋼管とする鋼管の製造方法であって、

前記端曲げ加工前の前記板材の幅を板幅Wとしたとき、

前記成形体は、板幅端部から $W/4$ だけ離れた部位を中心に、他の領域に比較して小さな曲率を付与した軽加工部、または、曲げ加工を省略した未加工部を有し、

前記オープン管の形状が、前記U字状断面の最下部を中心に前記板幅Wの20 [%] 以上の範囲と、前記板幅端から前記板幅Wの10 [%] 以上の範囲とが、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する形状となるように、

プレス加工することを特徴とする鋼管の製造方法。

[請求項2] 前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する前記U字状断面の最下部を中心に前記板幅Wの20 [%] 以上の範囲をAとし、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接する板幅両端から前記板幅Wの10 [%] 以上の範囲の合計をBとしたとき、式(1)を満たすことを特徴とする請求項1に記載の鋼管の製造方法。

$$2 | A - B | / (A + B) < 0.4 \quad \cdots (1)$$

ここで、 $| A - B |$ は、 $A - B$ の絶対値を示す。

[請求項3] 一对の金型のうちの一方の金型と前記成形体のU字開放側とが対向するように他方の金型に該成形体を載置して、該一对の金型で該成形体を挟み込んで該成形体にプレス加工を施すにあたり、

前記他方の金型は、

前記他方の金型に前記成形体を載置した状態で、前記U字状断面の最下部を中心に、前記鋼管の外径と同径または略同径の円弧に内接す

る形状となる範囲を除いて前記成形体が接触せず、

プレス加工が完了した状態で、前記他方の金型の一部に前記オープン管に接触しない加工面を備えており、

前記一方の金型は、

前記他方の金型に前記成形体を載置した状態で、前記成形体が接触せず、

プレス加工が完了した状態で、前記一方の金型の一部に前記オープン管に接触しない加工面を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鋼管の製造方法。

[請求項4] 前記鋼管の外半径に相当する半径に対して ± 3.5 [%] の範囲にある円弧部の半径を有する金型を用いてプレス加工を実施することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の鋼管の製造方法。

[請求項5] 前記成形体のプレス加工に際して、前記成形体のプレス加工に用いるプレス金型の中心と、前記成形体の幅方向の中心とが一致していることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の鋼管の製造方法。

[請求項6] 前記成形体は、U字開放側を上方に向けたU字姿勢に保持されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の鋼管の製造方法。

[請求項7] 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の鋼管の製造方法において使用するプレス金型であって、

前記プレス金型は、前記成形体を挾持する一对の押圧体からなり、各金型の前記成形体と接触し得る面には、各金型の加工中心と一致する位置に円弧中心が位置するように、前記鋼管の外半径に相当する半径に対して ± 3.5 [%] の範囲にある半径の円弧部が形成されており、

各金型における前記円弧部の中心角が70度以上であり、両金型の前記中心角の角度の合計が360度未満であることを特徴とするプレ

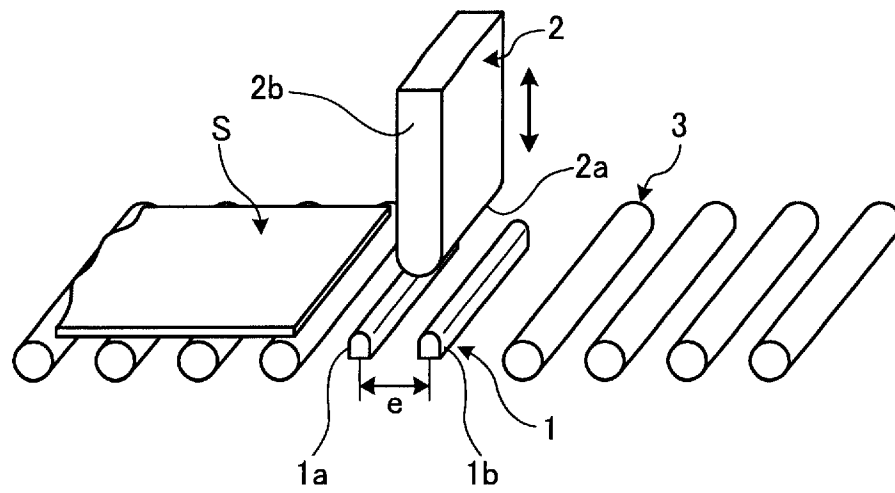
ス金型。

[請求項8] 両金型の前記中心角の角度が同じであることを特徴とする請求項7に記載のプレス金型。

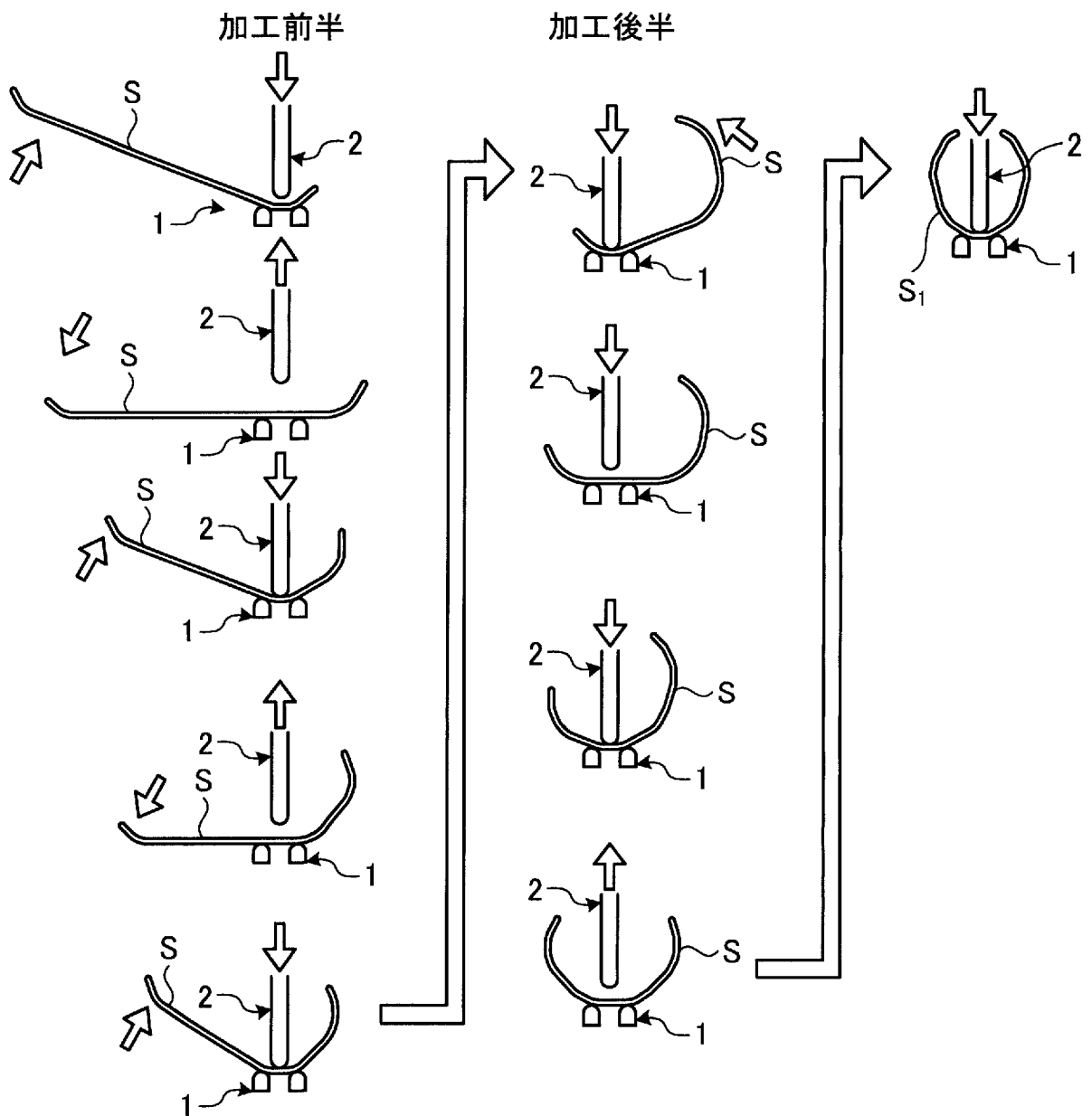
[請求項9] 各金型は、前記円弧部の円弧方向両端にそれぞれつながった、直線部、または、該円弧部よりも曲率が小さい小曲率円弧部を有することを特徴とする請求項7または8に記載のプレス金型。

[請求項10] 請求項7乃至9のいずれか1項に記載のプレス金型を用いることを特徴とする、請求項1乃至6のいずれか1項に記載の鋼管の製造方法。

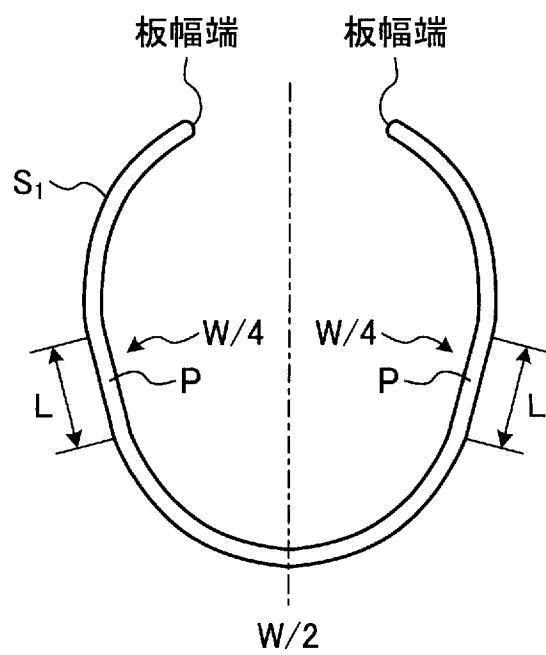
[図1]



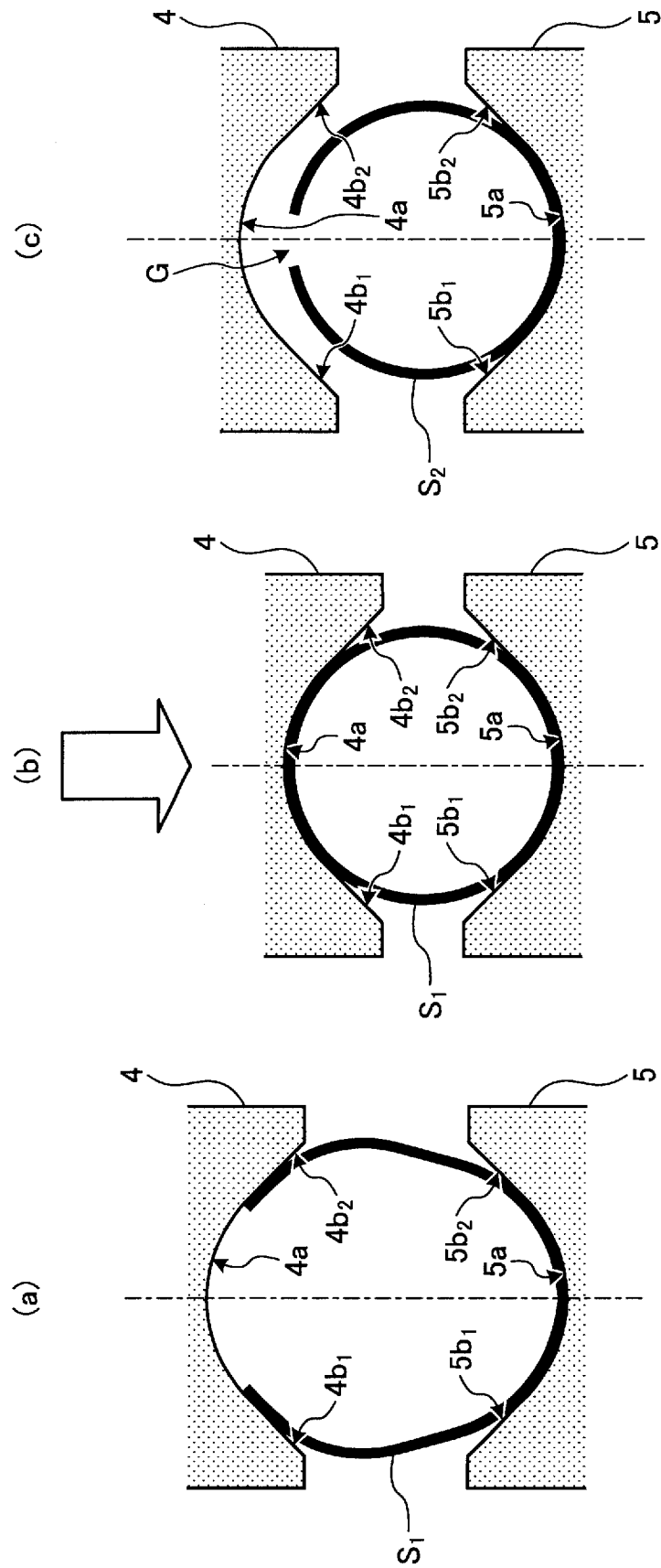
[図2]



[図3]

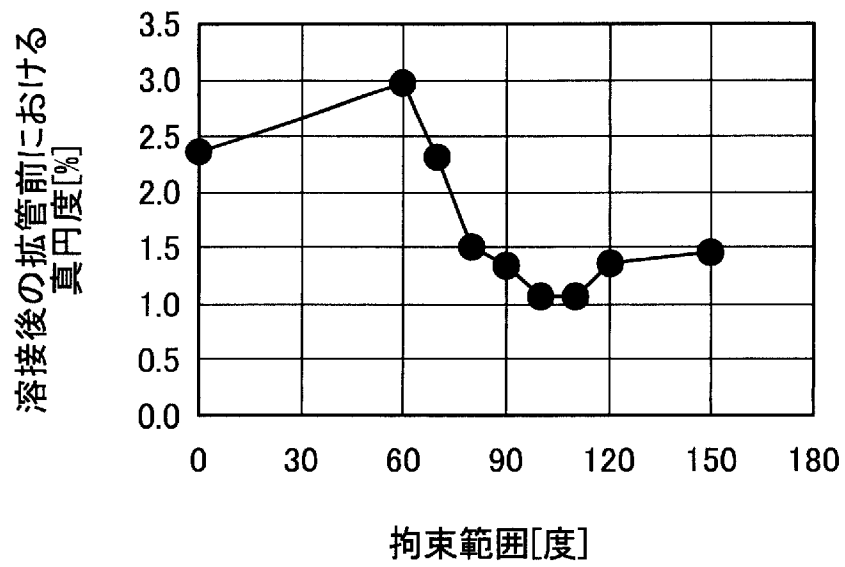


[図4]

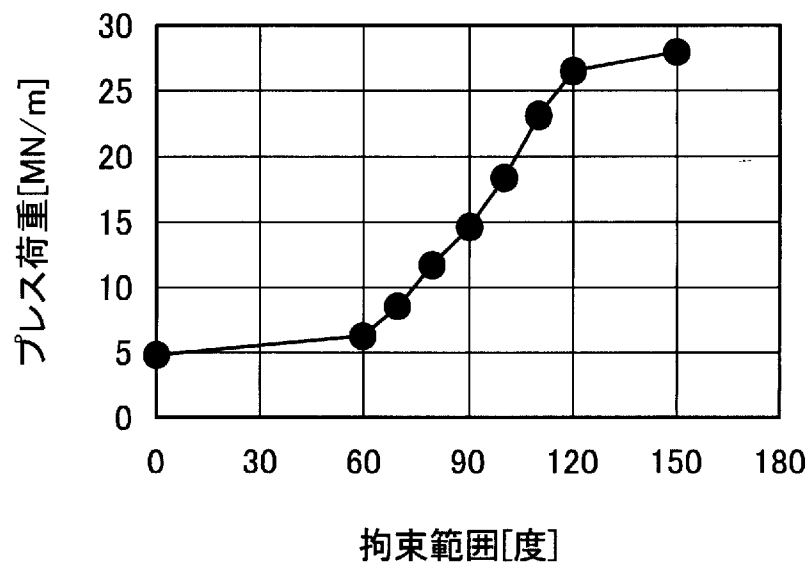


拘束範囲 [度]	Oプレス後の開き量 [mm]
0	58
60	42
70	40
80	35
90	29
100	21
110	13
120	9
150	5

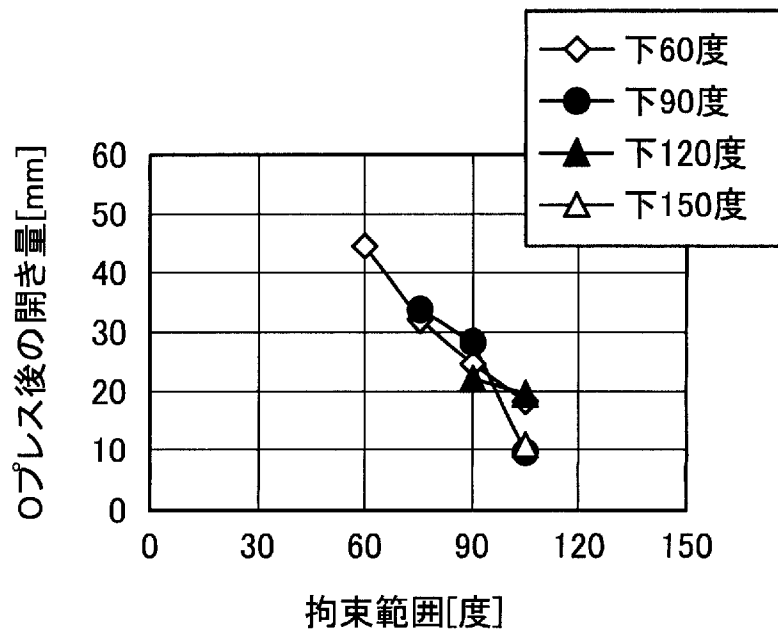
[図8]



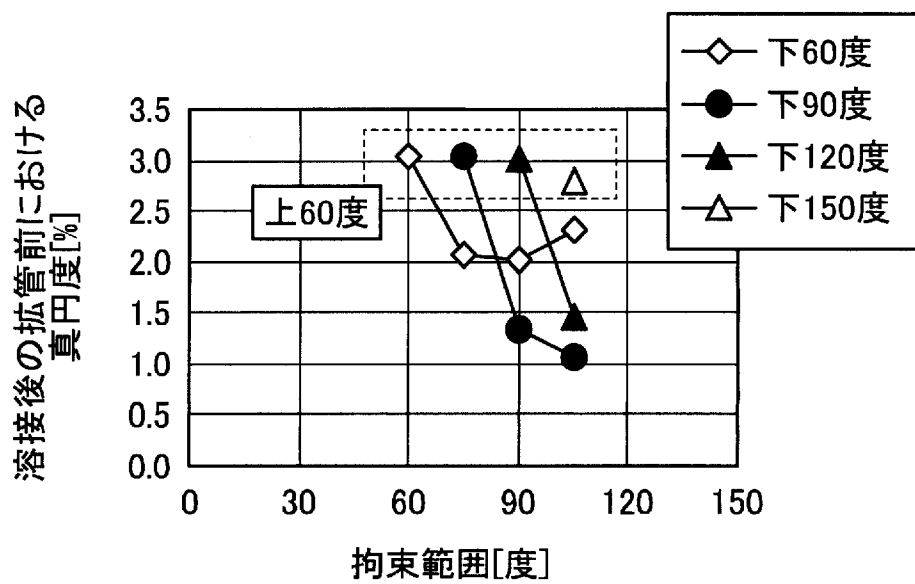
[図9]



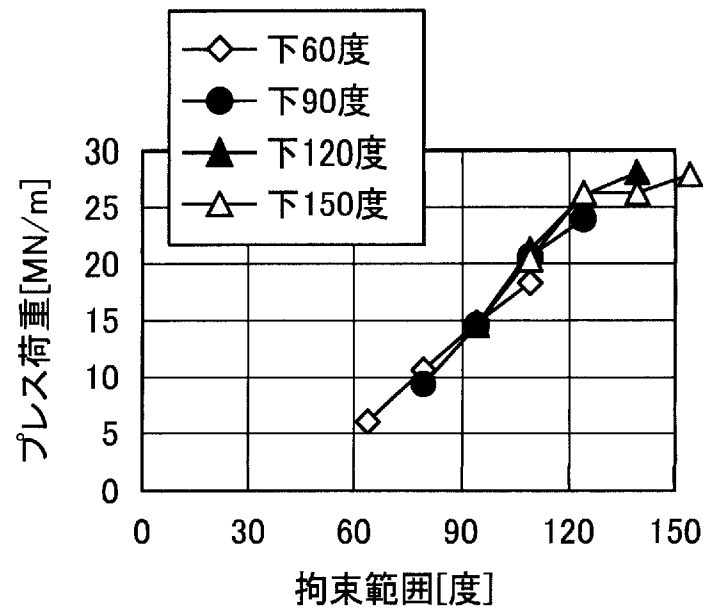
[図10]



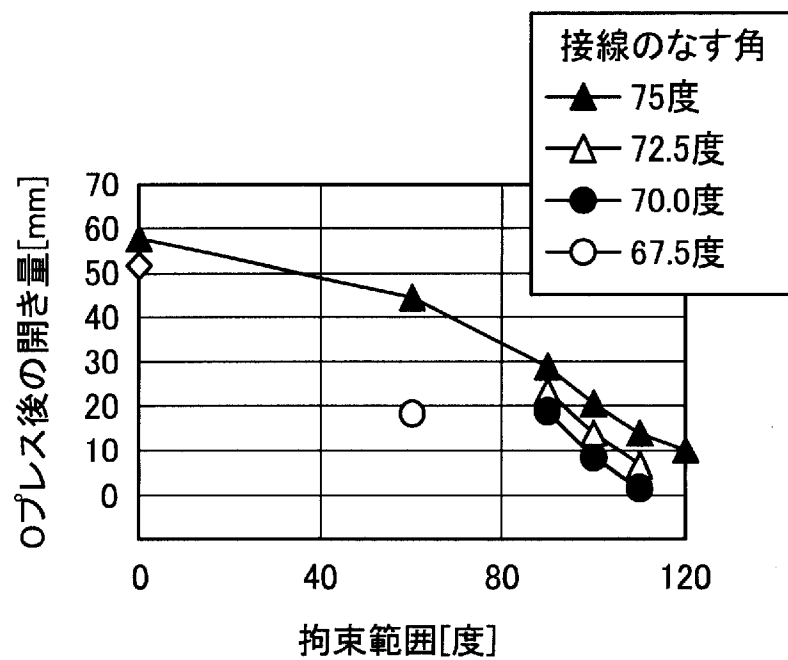
[図11]



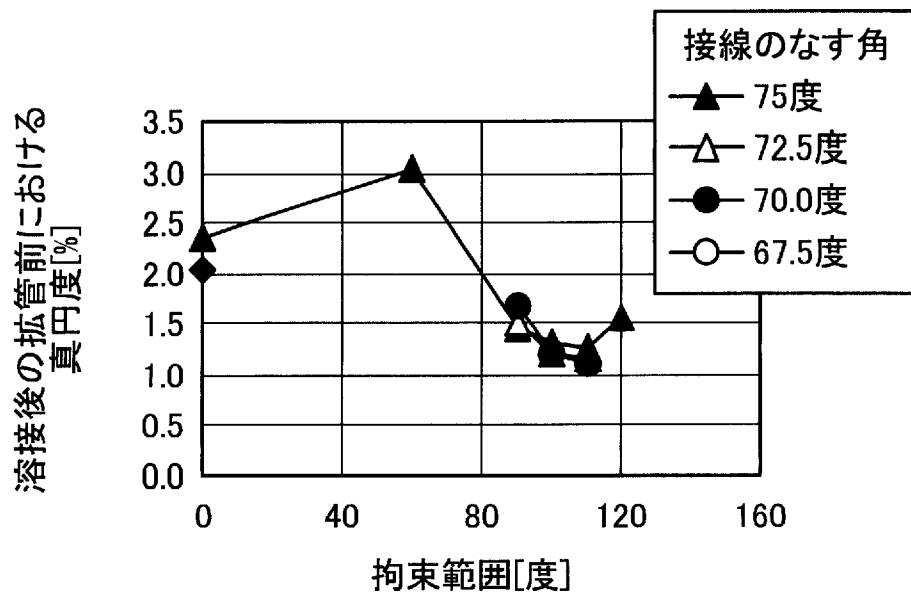
[図12]



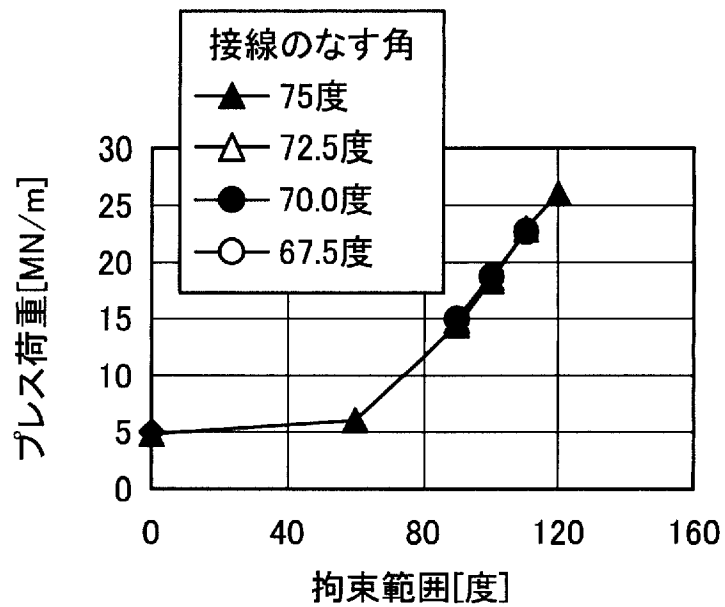
[図13]



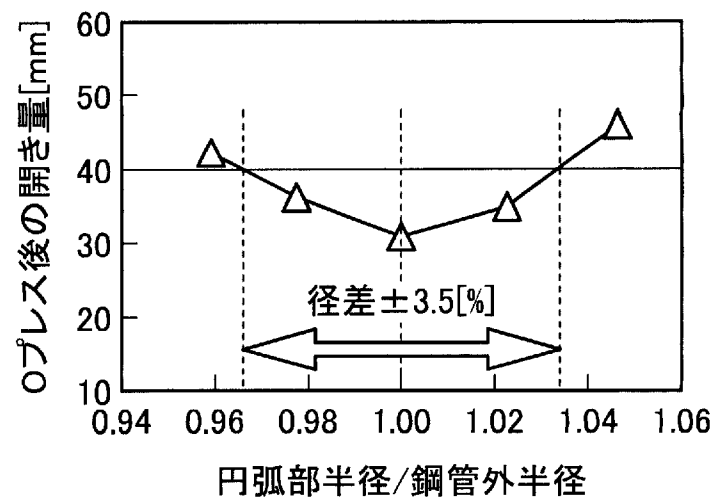
[図14]



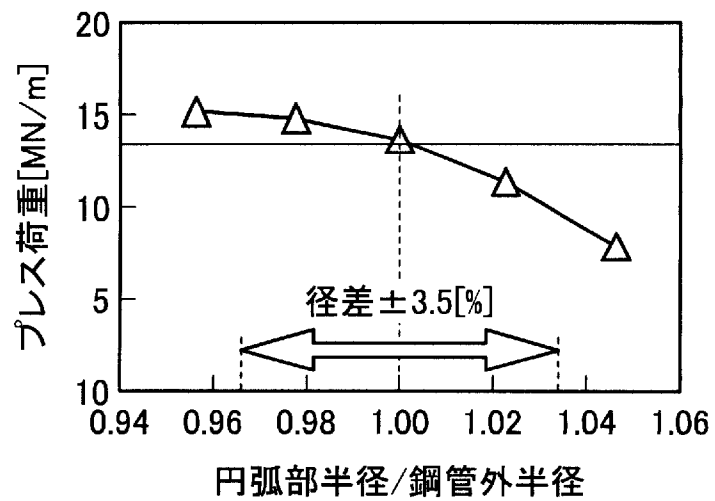
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/034145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B21D5/01 (2006.01) i, B21C37/08 (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)

Int. Cl. B21D5/01, B21C37/08

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2016/084607 A1 (JFE STEEL CORP.) 02 June 2016, paragraphs [0030]-[0121], fig. 1-15 & EP 3225321 A1, paragraphs [0031]-[0118], fig. 1-15 & CA 2967914 A1 & KR 10-2017-0070155 A & CN 107000012 A & BR 112017010436 A2 & RU 2663674 C1	1-3, 5-6 4, 7-10
A	JP 2012-250285 A (SMS MEER GMBH) 20 December 2012, entire text, all drawings & EP 2529849 A2, entire text, all drawings & CN 102806245 A & RU 2012122452 A	1-10
A	JP 11-285729 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 19 October 1999, entire text, all drawings (Family: none)	1-10



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
07.12.2018

Date of mailing of the international search report
18.12.2018

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/JP2018/034145

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	WO 2018/168563 A1 (JFE STEEL CORP.) 20 September 2018, paragraphs [0007]-[0081], fig. 1-17 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B21D5/01(2006.01)i, B21C37/08(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. 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 A	WO 2016/084607 A1（J F E スチール株式会社）2016.06.02, 段落 [0030] - [0121], 図1-15 & EP 3225321 A1, 段落 [0031] - [0118], 図1-15 & CA 2967914 A1 & KR 10-2017-0070155 A & CN 107000012 A & BR 112017010436 A2 & RU 2663674 C1	1-3, 5-6 4, 7-10
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, 全文, 全図 & EP 2529849 A2, 全文, 全図 & CN 102806245 A & RU 2012122452 A	1-10

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

07.12.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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

3507

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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 11-285729 A (住友金属工業株式会社) 1999. 10. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
E, X	WO 2018/168563 A1 (J F E スチール株式会社) 2018. 09. 20, 段落 [0 0 0 7] - [0 0 8 1], 図 1 - 1 7 (ファミリーなし)	1-10