



【課題】スラブ等の素材の端面に鋭角の先端形状をした突起部で深く割り込みを入れ、形成されたフランジ部を順次折り曲げることによって、被圧延材における形状不良の発生を抑制させ、従来に比べフランジ幅の大きなH形鋼製品を効率的且つ安定的に製造する。【解決手段】粗圧延工程、中間圧延工程、仕上圧延工程を備えたH形鋼の製造方法であって、前記粗圧延工程を行う圧延機には、被圧延材を造形する4以上の複数の孔型が刻設され、当該複数の孔型では被圧延材の1又は複数パス造形が行われ、前記複数の孔型のうち第1孔型及び第2孔型には、被圧延材の幅方向に対し鉛直に割り込みを入れる突起部が形成され、前記複数の孔型のうち第2孔型以降では少なくとも1パス以上の造形において被圧延材の端面と孔型周面とが接触した状態で圧下が行われ、前記複数の孔型のうち第3孔型以降では前記割り込みによって成形された分割部位を順次折り曲げる工程が行われる。

明 細 書

発明の名称： H形鋼の製造方法

技術分野

[0001] (関連出願の相互参照)

本願は、2015年3月19日に日本国に出願された特願2015-056638号に基づき、優先権を主張し、その内容をここに援用する。

[0002] 本発明は、例えば矩形断面であるスラブ等を素材としてH形鋼を製造する製造方法及び製造されるH形鋼製品に関する。

背景技術

[0003] H形鋼を製造する場合には、加熱炉から抽出されたスラブやブルーム等の素材を粗圧延機(BD)によって粗形材(所謂ドッグボーン形状の被圧延材)に造形し、中間ユニバーサル圧延機によって上記粗形材のウェブやフランジの厚さを圧下し、併せて前記中間ユニバーサル圧延機に近接したエッジャー圧延機によって被圧延材のフランジに対し幅圧下や端面の鍛錬と整形が施される。そして、仕上ユニバーサル圧延機によってH形鋼製品が造形される。

[0004] このようなH形鋼の製造方法において、矩形断面であるスラブ素材から所謂ドッグボーン形状の粗形材を造形する際には、粗圧延工程の第1の孔型においてスラブ端面に割り込みを入れた後、第2以降の孔型において当該割り込みを割広げる、又は、割り込み深さを深くさせエッジング圧延を行い、それ以降の孔型にてスラブ端面の割り込みを消去する技術が知られている(例えば特許文献1参照)。

[0005] また、例えば特許文献2には、スラブ端面に割り込みを入れ当該割り込みを順次深くし、その後ボックス孔型において押し広げ、H形鋼のフランジ相当部を形成させる技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平7－88501号公報

特許文献2：特開昭60－21101号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 近年、構造物等の大型化に伴い大型のH形鋼製品の製造が望まれている。特にH形鋼の強度・剛性に大きく寄与するフランジを従来に比べて広幅化した製品が望まれている。フランジが広幅化されたH形鋼製品を製造するためには、粗圧延工程における造形から従来に比べフランジ幅の大きな被圧延材を造形する必要がある。

[0008] しかしながら、例えば上記特許文献1に開示されている技術では、スラブ等の素材の端面（スラブ端面）に割り込みを入れ、当該端面をエッジングし、その幅拡がりを利用して粗圧延を行う方法では、フランジの広幅化に限界がある。即ち、従来の粗圧延方法においてフランジの広幅化を図るためにはウェッジ設計（割り込み角度の設計）、圧下調整、潤滑調整といった技術により幅拡がりの向上が図られるが、いずれの方法もフランジ幅に大幅に寄与するものではないため、エッジング量に対するフランジ幅の拡がり量の比率を示す幅拡がり率は、エッジングの初期段階の効率が最も高い条件でも0.8程度であり、同一孔型でエッジングを繰り返す条件では、フランジ幅の拡がり量が大きくなるにつれて低下し、最終的には0.5程度になることが知られている。また、スラブ等の素材自体を大型化し、エッジング量を大きくすることも考えられるが、粗圧延機の設定規模や圧下量等には装置限界があるため十分な製品フランジの広幅化が実現されないといった事情がある。

[0009] また、例えば特許文献2に開示されている技術では、割り込みを入れたスラブ等の素材に対して、特に割り込み形状の変遷等を経ずに、即座に底面がフラット形状のボックス孔型によってエッジング圧延を行い、フランジ相当部を造形しており、このような方法では被圧延材の形状を急激に変化させることに伴う形状不良が生じやすい。特に、このような造形における被圧延材の形状変化は、被圧延材とロールとの接触部の力と、被圧延材の曲げ剛性と

の関係によって定まるものであり、従来に比べフランジ幅の大きなH形鋼を製造する場合には形状不良がより生じやすいといった問題がある。

[0010] 上記事情に鑑み、本発明の目的は、H形鋼を製造する際の孔型を用いた粗圧延工程において、スラブ等の素材の端面に鋭角の先端形状をした突起部で深く割り込みを入れ、それによって形成されたフランジ部を順次折り曲げることによって、被圧延材における形状不良の発生を抑制させ、従来に比べフランジ幅の大きなH形鋼製品を効率的且つ安定的に製造することが可能なH形鋼の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 前記の目的を達成するため、本発明によれば、粗圧延工程、中間圧延工程、仕上圧延工程を備えたH形鋼の製造方法であって、前記粗圧延工程を行う圧延機には、被圧延材を造形する4以上の複数の孔型が刻設され、当該複数の孔型では被圧延材の1又は複数パス造形が行われ、前記複数の孔型のうち第1孔型及び第2孔型には、被圧延材の幅方向に対し鉛直に割り込みを入れる突起部が形成され、前記複数の孔型のうち第2孔型以降では少なくとも1パス以上の造形において被圧延材の端面と孔型周面とが接触した状態で圧下が行われ、前記複数の孔型のうち第3孔型以降の2以上の孔型では前記割り込みによって成形された分割部位を順次折り曲げる工程が行われ、第1孔型及び第2孔型に形成される前記突起部の先端角度は 40° 以下であることを特徴とする、H形鋼の製造方法が提供される。

[0012] 被圧延材の端面と孔型周面とが接触した状態で圧下が行われるパスは、前記複数の孔型のうち第2孔型以降の各孔型での複数パス造形における最終パスであっても良い。

[0013] 前記第2孔型においては、前記突起部の傾斜面と、当該傾斜面に隣接し被圧延材の端面と対向する孔型周面と、がなす角度が略垂直に構成されても良い。

[0014] 前記第1孔型及び第2孔型に形成される突起部の先端角度は 25° 以上 35° 以下であっても良い。

[0015] 前記複数の孔型のうち、第3孔型以降の各孔型には、前記分割部位に押し当てることで当該分割部位を折り曲げる突起部が形成され、当該突起部の傾斜面と、当該傾斜面に隣接し被圧延材の端面と対向する孔型周面と、がなす角度が略垂直に構成されても良い。

[0016] 前記複数の孔型のうち、第2孔型以降の各孔型に形成される突起部の先端角度は、後段の孔型になるほど順次大きな角度となるように構成されても良い。

[0017] 前記複数の孔型は、被圧延材を造形する第1孔型～第4孔型の4つの孔型であり、前記複数の孔型のうち第3孔型及び第4孔型において、前記割り込みによって成形された分割部位を順次折り曲げる工程が行われ、前記第3孔型に形成される突起部の先端角度は 70° 以上 110° 以下であり、前記第4孔型に形成される突起部の先端角度は 130° 以上 170° 以下であっても良い。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、H形鋼を製造する際の孔型を用いた粗圧延工程において、スラブ等の素材の端面に鋭角の先端形状をした突起部で深く割り込みを入れ、それによって形成されたフランジ部を順次折り曲げることによって、被圧延材における形状不良の発生を抑制させ、従来に比べフランジ幅の大きなH形鋼製品を効率的且つ安定的に製造することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] H形鋼の製造ラインについての概略説明図である。

[図2] 第1孔型の概略説明図である。

[図3] 第2孔型の概略説明図である。

[図4] 第3孔型の概略説明図である。

[図5] 第4孔型の概略説明図である。

[図6] ウェッジ角度 θ 1 bを変えた場合のフランジ幅・フランジ厚の数値との関係を示すグラフである。

[図7] 第1孔型の途中パスの概略断面図である。

[図8]ウェッジ角度 $\theta 1$ aを変えた場合のフランジ幅の数値との関係を示すグラフである。

[図9]第4孔型での折り曲げ角度 ($\theta 3 - \theta 2$) とフランジ厚偏差 (フランジ厚バラツキ) との関係を示すグラフである。

[図10]第3孔型における先端部角度 $\theta 2$ を変化させた場合のフランジ相当部の先端の厚み変化量 (フランジ先端つぶし量) を示すグラフである。

[図11]本実施の形態に係る方法で第3孔型の突起部の先端部角度 $\theta 2$ を 110° 超とした場合の、造形後の被圧延材の形状を示す概略図である。

[図12]第4孔型の先端部角度 $\theta 3$ を変化させた場合の、製品疵深さの変化を示すグラフである。

[図13]ウェブ減厚孔型におけるウェブ減厚に関する概略説明図である。

[図14] $\theta 2$ と $\theta 3$ の好適な設計範囲を示すグラフである。

符号の説明

- [0020]
- 1 … 圧延設備
 - 2 … 加熱炉
 - 3 … サイジングミル
 - 4 … 粗圧延機
 - 5 … 中間ユニバーサル圧延機
 - 8 … 仕上ユニバーサル圧延機
 - 9 … エッジャー圧延機
 - 11 … スラブ
 - 12 … フランジ対応部
 - 13 … H形粗形材
 - 14 … 中間材
 - 16 … H形鋼製品
 - 20 … 上孔型ロール (第1孔型)
 - 21 … 下孔型ロール (第1孔型)
 - 25、26 … 突起部 (第1孔型)

28、29…割り込み（第1孔型）
30…上孔型ロール（第2孔型）
31…下孔型ロール（第2孔型）
35、36…突起部（第2孔型）
38、39…割り込み（第2孔型）
40…上孔型ロール（第3孔型）
41…下孔型ロール（第3孔型）
45、46…突起部（第3孔型）
48、49…割り込み（第3孔型）
50…上孔型ロール（第4孔型）
51…下孔型ロール（第4孔型）
55、56…突起部（第4孔型）
58、59…割り込み（第4孔型）
80…フランジ部
K1…第1孔型
K2…第2孔型
K3…第3孔型
K4…第4孔型
T…製造ライン
A…被圧延材

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0022] 図1は、本実施の形態にかかる圧延設備1を含むH形鋼の製造ラインTについての説明図である。図1に示すように、製造ラインTには上流側から順に、加熱炉2、サイジングミル3、粗圧延機4、中間ユニバーサル圧延機5、仕上ユニバーサル圧延機8が配置されている。また、中間ユニバーサル圧

延機 5 に近接してエッジャー圧延機 9 が設けられている。なお、以下では、説明のために製造ライン T における鋼材を、総称して「被圧延材 A」と記載し、各図において適宜その形状を破線・斜線等を用いて図示する場合がある。

[0023] 図 1 に示すように、製造ライン T では、加熱炉 2 から抽出された例えばスラブ 1 1 等の被圧延材 A がサイジングミル 3 ならびに粗圧延機 4 において粗圧延される。次いで、中間ユニバーサル圧延機 5 において中間圧延される。この中間圧延時には、必要に応じてエッジャー圧延機 9 によって被圧延材の端部等（フランジ対応部 1 2）に対して圧下が施される。通常の場合、サイジングミル 3 及び粗圧延機 4 のロールには、合わせて 4 ～ 6 個程度の孔型が刻設されており、これらを経由して 1 0 数パス程度のリバーズ圧延で H 形粗形材 1 3 が造形され、該 H 形粗形材 1 3 を前記中間ユニバーサル圧延機 5 – エッジャー圧延機 9 の 2 つの圧延機からなる圧延機列を用いて、複数パスの圧下が加えられ、中間材 1 4 が造形される。そして中間材 1 4 は、仕上ユニバーサル圧延機 8 において製品形状に仕上圧延され、H 形鋼製品 1 6 が製造される。

[0024] 次に、以下では図 1 に示したサイジングミル 3 及び粗圧延機 4 に刻設される孔型構成や孔型形状について図面を参照して説明する。なお、通常、粗圧延機 4 には、以下に説明する第 1 孔型～第 4 孔型に加え、それら孔型にて造形された被圧延材 A をいわゆるドッグボーン形状の H 形粗形材 1 3 とする孔型が更に設けられているが、この孔型は従来より既知のものであるため本明細書での図示・説明は省略する。また、製造ライン T における加熱炉 2 や中間ユニバーサル圧延機 5、仕上ユニバーサル圧延機 8、エッジャー圧延機 9 等は、従来より H 形鋼の製造に用いられている一般的な装置であり、その装置構成等は既知であるため本明細書では説明を省略する。

[0025] 図 2 ～図 5 は粗圧延工程を行うサイジングミル 3 及び粗圧延機 4 に刻設される孔型についての概略説明図である。ここで、説明する第 1 孔型～第 4 孔型は、例えばサイジングミル 3 に全て刻設されても良く、サイジングミル 3

及び粗圧延機 4 に第 1 孔型～第 4 孔型の 4 つの孔型が分けて刻設されても良い。即ち、第 1 孔型～第 4 孔型はサイジングミル 3 及び粗圧延機 4 の両方に亘って刻設されても良く、どちらか一方の圧延機に刻設されても良い。通常の H 形鋼の製造における粗圧延工程では、これら各孔型において 1 又は複数パスでの造形が行われる。

[0026] また、本実施の形態では刻設される孔型が 4 つの場合を例示して説明するが、その孔型数についても、必ずしも 4 孔型である必要はなく、4 以上の複数の孔型数であっても良い。即ち、H 形粗形材 1 3 を造形するために好適な孔型構成であれば良い。なお、図 2～図 5 では、各孔型における造形時の被圧延材 A の概略最終パス形状を破線にて図示している。

[0027] 図 2 は第 1 孔型 K 1 の概略説明図である。第 1 孔型 K 1 は、一對の水平ロールである上孔型ロール 2 0 と下孔型ロール 2 1 に刻設され、これら上孔型ロール 2 0 と下孔型ロール 2 1 のロール隙において被圧延材 A が圧下・造形される。また、上孔型ロール 2 0 の周面（即ち、第 1 孔型 K 1 の上面）には、孔型内部に向かって突出する突起部 2 5 が形成されている。更に、下孔型ロール 2 1 の周面（即ち、第 1 孔型 K 1 の底面）には、孔型内部に向かって突出する突起部 2 6 が形成されている。これら突起部 2 5、2 6 はテーパ形状を有しており、その突出長さ等の寸法は、突起部 2 5 と突起部 2 6 とでそれぞれ等しく構成されている。突起部 2 5、2 6 の高さ（突出長さ）を h_1 とし、先端部角度を θ_{1a} とする。

[0028] この第 1 孔型 K 1 においては、突起部 2 5、2 6 が被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）に押し当てられ、割り込み 2 8、2 9 が形成される。ここで、突起部 2 5、2 6 の先端部角度（ウェッジ角度とも呼称される） θ_{1a} は例えば 25° 以上 40° 以下であることが望ましく、更には 25° 以上 35° 以下であることが望ましい。この理由については図 6～図 8 を参照して後述する。

[0029] ここで、第 1 孔型 K 1 の孔型幅は、被圧延材 A の厚み（即ち、スラブ厚）とほぼ等しいことが好ましい。具体的には、第 1 孔型 K 1 に形成された突起

部 25、26 の先端部における孔型の幅と、スラブ厚を同一にすることで、被圧延材 A の左右センタリング性が好適に確保される。また、このような孔型寸法の構成とすることで、図 2 に示すように、第 1 孔型 K1 での造形時において、被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）においては、上記突起部 25、26 及び孔型側面（側壁）の一部が被圧延材 A と接していて、割り込み 28、29 により 4 つの要素（部位）に分割されたスラブ上下端部に対して、第 1 孔型 K1 の上面及び底面にて積極的な圧下が行われない方が好ましい。孔型の上面及び底面による圧下は、被圧延材 A の長手方向への伸びを生じさせてしまい、フランジ（後述するフランジ部 80）の生成効率を低下させてしまうからである。即ち、第 1 孔型 K1 においては、突起部 25、26 が被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）に押し当てられ、割り込み 28、29 が形成される際の突起部 25、26 における圧下量（ウェッジ先端圧下量 ΔT ）は、スラブ上下端部における圧下量（スラブ端面圧下量 ΔE ）よりも十分に大きなものとされ、これにより割り込み 28、29 が形成される。

[0030] 図 3 は第 2 孔型 K2 の概略説明図である。第 2 孔型 K2 は、一対の水平ロールである上孔型ロール 30 と下孔型ロール 31 に刻設される。上孔型ロール 30 の周面（即ち、第 2 孔型 K2 の上面）には、孔型内部に向かって突出する突起部 35 が形成されている。更に、下孔型ロール 31 の周面（即ち、第 2 孔型 K2 の底面）には、孔型内部に向かって突出する突起部 36 が形成されている。これら突起部 35、36 はテーパ形状を有しており、その突出長さ等の寸法は、突起部 35 と突起部 36 とでそれぞれ等しく構成されている。これら突起部 35、36 の先端部角度は 25° 以上 40° 以下のウェッジ角度 $\theta 1b$ であることが望ましく、更には 25° 以上 35° 以下であることが望ましい。

[0031] ここで、突起部 35、36 のウェッジ角度 $\theta 1b$ の好適な数値範囲を 25° 以上 40° 以下（より好ましくは、 25° 以上 35° 以下）とすべき理由と、それに合わせて上記第 1 孔型 K1 のウェッジ角度 $\theta 1a$ の数値も好適な数値範囲とする理由について説明する。

[0032] ウェッジ角度の下限値は通常ロールの強度により決まる。被圧延材 A がロール（第 2 孔型 K 2 では上孔型ロール 3 0 及び下孔型ロール 3 1、第 1 孔型 K 1 では上孔型ロール 2 0 及び下孔型ロール 2 1）と接触し、その間に受ける熱によりロールが膨張し、被圧延材 A がロールから離れるとロールが冷却され収縮する。造形中はこれらのサイクルが繰り返されるが、ウェッジ角度が小さすぎると、突起部（第 2 孔型 K 2 では突起部 3 5、3 6、第 1 孔型 K 1 では突起部 2 5、2 6）の厚みが薄いために被圧延材 A からの入熱が当該突起部の左右から入りやすくなり、ロールがより高温になり易い。ロールが高温になると熱振れ幅が大きくなるためにヒートクラックが入り、ロール破損に至る恐れがある。このような理由によりウェッジ角度 $\theta 1 a$ 、 $\theta 1 b$ 共に 25° 以上であることが望ましい。

[0033] 一方、ウェッジ角度 $\theta 1 a$ 、 $\theta 1 b$ が大きくなると、ウェッジ傾斜角が拡大するために、被圧延材 A に対して摩擦力による上下方向への押し下げ力が作用し易く、割り込み形成時にフランジ相当部の内面部において肉引けが生じ、特に第 2 孔型 K 2 以降での造形においてフランジの生成効率が低下する。ここで、図 6 を参照し、第 2 孔型 K 2 のウェッジ角度 $\theta 1 b$ と最終的に造形される被圧延材 A のフランジ幅との関係について説明し、好適なウェッジ角度 $\theta 1 b$ の上限値について説明する。

[0034] 図 6 は F E M による解析結果であり、第 2 孔型 K 2 のウェッジ角度 $\theta 1 b$ を変えた場合の後段の工程（以下に説明する第 3 孔型 K 3 での工程）におけるフランジ厚・フランジ幅の数値との関係を示すグラフである。計算条件としては素材のスラブ幅 2 3 0 0 m m、スラブ厚 3 0 0 m m とし、本実施の形態にて説明する方法を用いた際に、ウェッジ角度 $\theta 1 b$ を所定の角度である約 20° ～約 70° で変化させて被圧延材 A の造形を行うものとした。

[0035] 図 6 に示すように、ウェッジ角度 $\theta 1 b$ を 40° 超として粗圧延工程を実施し、H 形鋼製品を造形した場合、フランジ幅・フランジ厚ともに顕著に低下するようなグラフとなっており、フランジ生成効率が低下していることが分かる。即ち、ウェッジ角度 $\theta 1 b$ を 40° 超とした場合には、グラフの傾

きが顕著に上昇しており、ウェッジ角度 $\theta 1b$ が 40° 以下の場合と比べてフランジ幅・フランジ厚が大きく低下している。ウェッジ角度 $\theta 1b$ の鈍角化によりフランジ相当部の肉引け（被圧延材Aの長手方向へのメタルフローの誘起）が大きくなる。このような観点から、ウェッジ角度 $\theta 1b$ を 40° 以下とすることで高いフランジ生成効率を実現することが可能であることが分かる。また、図6からは、より高いフランジ生成効率を実現させるためには、ウェッジ角度 $\theta 1b$ を 35° 以下とすることが望ましいことも分かる。

[0036] また、上記第1孔型K1のウェッジ角度 $\theta 1a$ は、誘導性を高め、圧延の安定性を担保するためには、後段の第2孔型K2のウェッジ角度 $\theta 1b$ と同じ角度であることが好ましい。

特に第1孔型K1のウェッジ角度 $\theta 1a$ はフランジ相当部（後のフランジ部80）の先端部厚みに大きく寄与することが知られており、その点からは、ウェッジ角度 $\theta 1a$ はできるだけ小さくすることが好ましい。図7は、第1孔型K1の途中パスの概略断面図であり、一方のスラブ端面（図2における上方端部）に割り込み28、29を付与している状態を示している。図7では割り込み28、29を付与する際のウェッジ角度 $\theta 1a$ の大小による差異について記載しており、それぞれの場合の割り込み形状を図示している。また、図8は第1孔型K1のウェッジ角度 $\theta 1a$ とフランジ相当部の先端厚み（フランジ先端厚）との関係を示すグラフであり、一例としてウェッジ高さが100mm、スラブ厚が300mmの場合を示している。

[0037] 図7、8に示すように、ウェッジ角度 $\theta 1a$ が小さい場合の断面に比べ、ウェッジ角度 $\theta 1a$ が大きい場合の断面では、スラブ端面のメタルがそがれ、スラブ端面のフランジ相当部（後のフランジ部80）の先端部厚みが減厚される。フランジ相当部（後のフランジ部80）の先端部厚みが減厚されることは後のH形鋼製品の形状に鑑みて好ましくないため、フランジ相当部の先端部厚みを確保するためには、好適なウェッジ角度 $\theta 1a$ の上限値を定める必要がある。

[0038] 以上説明したように、第2孔型K2のウェッジ角度 $\theta 1b$ を 25° 以上4

0° 以下とすることに加え、フランジ相当部の先端部厚みを確保し、且つ、誘導性や圧延安定性を担保するといった観点から第1孔型K1のウェッジ角度 $\theta 1a$ も25° 以上40° 以下とすることが望ましい。更にこれらのウェッジ角度 $\theta 1a$ 、 $\theta 1b$ は、高いフランジ生成効率を実現させるとの観点からは25° 以上35° 以下とすることが望ましい。

[0039] また、突起部35、36の高さ（突出長さ） $h2$ は、上記第1孔型K1の突起部25、26の高さ $h1$ より高く構成されており、 $h2 > h1$ となっている。ここで、上述したように、突起部35、36の先端部角度（ウェッジ角度 $\theta 1b$ ）は上記第1孔型K1の突起部25、26の先端部角度と同じ（即ち、 $\theta 1a = \theta 1b$ ）であることが好ましい。これら上孔型ロール30と下孔型ロール31のロール隙において、上記第1孔型K1通材後の被圧延材Aが更に造形される。

[0040] ここで、第1孔型K1に形成される突起部25、26の高さ $h1$ より、第2孔型K2に形成される突起部35、36の高さ $h2$ の方が高く、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）への侵入長さも同様に第2孔型K2の方が長くなる。第2孔型K2での突起部35、36の被圧延材Aへの侵入深さは、突起部35、36の高さ $h2$ と同じである。即ち、第1孔型K1での突起部25、26の被圧延材Aへの侵入深さ $h1'$ と、第2孔型K2での突起部35、36の被圧延材Aへの侵入深さ $h2$ は $h1' < h2$ との関係になっている。

また、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）に対向する孔型上面30a、30b及び孔型底面31a、31bと、突起部35、36の傾斜面とのなす角度 θf は、図3に示す4箇所ともに約90°（略直角）に構成されている。

[0041] 図3に示すように、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）へ押し当てられた時の突起部の侵入長さが長いことから、第2孔型K2においては、第1孔型K1において形成された割り込み28、29が更に深くなるように造形が行われ、割り込み38、39が形成される。なお、ここで形成される割り込

み38、39の寸法に基づき粗圧延工程でのフランジ造形工程終了時のフランジ片幅が決定される。

[0042] また、図3に示す第2孔型K2での造形は多パスにより行われるが、この多パス造形のうちの少なくとも1パス以上は、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部（第2孔型K2の上面及び底面）が接触している必要がある。但し、全てのパスにおいて接触していることが望ましいのではなく、例えば最終パスのみ被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部が接触し、スラブ端面圧下量 ΔE が正の値となる（ $\Delta E > 0$ ）ことが望ましい。これは、第2孔型K2での全てのパスにおいて被圧延材Aの上限端部と孔型内部とを非接触とすると、フランジ相当部（後述するフランジ部80）が左右非対称に造形されるといった形状不良が生じる恐れがあり、通材性の面で問題があるからである。

一方で、その他のパスにおいては、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）において上記突起部35、36を除き孔型と被圧延材Aは接触しておらず、これらのパスにおいて被圧延材Aの積極的な圧下は行われない。これは、圧下により被圧延材Aの長手方向への伸びを生じさせ、フランジ相当部（後述するフランジ部80に相当）の生成効率を低下させてしまうからである。

[0043] 即ち、第2孔型K2での多パス造形においては、必要最小限のパス（例えば最終パスのみ）において被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部を接触させて圧下を行い、その他のパスにおいては積極的な圧下を行わないといったパススケジュールを設定することが好ましい。また、この第2孔型K2においても、上記第1孔型K1同様、突起部35、36における圧下量（ウェッジ先端圧下量 ΔT ）は、スラブ上下端部における圧下量（スラブ端面圧下量 ΔE ）よりも十分に大きなものとされ、これにより割り込み38、39が形成される。

[0044] 図4は第3孔型K3の概略説明図である。第3孔型K3は、一對の水平ロールである上孔型ロール40と下孔型ロール41に刻設される。上孔型ロール40の周面（即ち、第3孔型K3の上面）には、孔型内部に向かって突出

する突起部45が形成されている。更に、下孔型ロール41の周面（即ち、第3孔型K3の底面）には、孔型内部に向かって突出する突起部46が形成されている。これら突起部45、46はテーパ形状を有しており、その突出長さ等の寸法は、突起部45と突起部46とでそれぞれ等しく構成されている。

[0045] 上記突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ は、上記角度 $\theta 1 b$ に比べ広角に構成され、突起部45、46の被圧延材Aへの侵入深さ $h 3$ は、上記突起部35、36の侵入深さ $h 2$ よりも短くなっている（即ち、 $h 3 < h 2$ ）。

また、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）に対向する孔型上面40a、40b及び孔型底面41a、41bと、突起部45、46の傾斜面とのなす角度 θf は、図4に示す4箇所ともに約 90° （略直角）に構成されている。

[0046] 図4に示すように、第3孔型K3では、第2孔型K2通材後の被圧延材Aに対し、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）において第2孔型K2において形成された割り込み38、39が、突起部45、46が押し当てられることにより、割り込み48、49となる。即ち、第3孔型K3での造形における最終パスでは、割り込み48、49の最深部角度（以下、割り込み角度とも呼称する）が $\theta 2$ となる。換言すると、第2孔型K2において割り込み38、39の形成と共に造形された分割部位（後述するフランジ部80に対応する部位）が外側に折り曲げられるような造形が行われる。

[0047] また、図4に示す第3孔型K3での造形は少なくとも1パス以上によって行われ、このうちの少なくとも1パス以上は、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部（第3孔型K3の上面及び底面）が接触している必要がある。但し、全てのパスにおいて接触していることが望ましいのではなく、例えば最終パスのみ被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部が接触し、スラブ端面圧下量 ΔE が正の値となる（ $\Delta E > 0$ ）ことが望ましい。これは、第3孔型K3での全てのパスにおいて被圧延材Aの上限端部と孔型内部とを非接触とすると、フランジ相当部（後述するフランジ部80）が左右

非対称に造形されるといった形状不良が生じる恐れがあり、通材性の面で問題があるからである。

一方で、その他のパスにおいては、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）において上記突起部45、46を除き孔型と被圧延材Aは接触しておらず、これらのパスにおいて被圧延材Aの積極的な圧下は行われない。これは、圧下により被圧延材Aの長手方向への伸びを生じさせ、フランジ相当部（後述するフランジ部80に相当）の生成効率を低下させてしまうからである。

[0048] なお、この第3孔型K3における造形では、被圧延材Aの上下端部の4箇所の部位に対する曲げ加工が同時に行われる。そのため、4箇所の部位が均一に曲げ加工されないといった事情により通材が不安定になる恐れがあり、1パスでの造形が好ましい。この場合、1パス造形では被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部（第3孔型K3の上面及び底面）が接触した状態で造形が行われる。

[0049] 図5は第4孔型K4の概略説明図である。第4孔型K4は、一对の水平ロールである上孔型ロール50と下孔型ロール51に刻設される。上孔型ロール50の周面（即ち、第4孔型K4の上面）には、孔型内部に向かって突出する突起部55が形成されている。更に、下孔型ロール51の周面（即ち、第4孔型K4の底面）には、孔型内部に向かって突出する突起部56が形成されている。これら突起部55、56はテーパ形状を有しており、その突出長さ等の寸法は、突起部55と突起部56とでそれぞれ等しく構成されている。

[0050] 上記突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ は、上記角度 $\theta 2$ に比べ広角に構成され、突起部55、56の被圧延材Aへの侵入深さ $h 4$ は、上記突起部45、46の侵入深さ $h 3$ よりも短くなっている（即ち、 $h 4 < h 3$ ）。

また、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）に対向する孔型上面50a、50b及び孔型底面51a、51bと、突起部55、56の傾斜面とのなす角度 θf は、上記第3孔型K3と同様に、図5に示す4箇所ともに約 90° （略直角）に構成されている。

[0051] 第4孔型K4では、第3孔型K3通材後の被圧延材Aに対し、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）において第3孔型K3において形成された割り込み48、49が、突起部55、56が押し当てられることにより押し広げられ、割り込み58、59となる。即ち、第4孔型K4での造形における最終パスでは、割り込み58、59の最深部角度（以下、割り込み角度とも呼称する）が $\theta 3$ となる。換言すると、第3孔型K3において割り込み48、49の形成と共に造形された分割部位（後述するフランジ部80に対応する部位）が更に外側に折り曲げられるような造形が行われる。このようにして造形された被圧延材Aの上下端部の部位は、後のH形鋼製品のフランジに相当する部位であり、ここではフランジ部80と呼称する。なお、第4孔型K4の割り込み角度 $\theta 3$ は 180° よりもやや小さい角度に設定されることが望ましい。これは、割り込み角度 $\theta 3$ を 180° としてしまうと、次工程である平造形孔型においてウェブ厚の減厚を行う際に、フランジ部80の外側に拡がりが生じ、平造形孔型での圧延においてかみ出しが生じやすいからである。即ち、次工程の平造形孔型の形状及びウェブ厚の圧下量に応じてフランジ部80の外側での拡がり量が決まるため、ここでの割り込み角度 $\theta 3$ は、平造形孔型の形状及びウェブ厚の圧下量を勘案して好適に定められることが望ましい。

[0052] また、図5に示す第4孔型K4での造形は少なくとも1パス以上によって行われ、この多パス造形のうちの少なくとも1パス以上は、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部（第4孔型K4の上面及び底面）が接触している必要がある。但し、全てのパスにおいて接触していることが望ましいのではなく、例えば最終パスのみ被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部が接触し、スラブ端面圧下量 ΔE が正の値となる（ $\Delta E > 0$ ）ことが望ましい。これは、第4孔型K4での全てのパスにおいて被圧延材Aの上限端部と孔型内部とを非接触とすると、フランジ相当部（後述するフランジ部80）が左右非対称に造形されるといった形状不良が生じる恐れがあり、通材性の面で問題があるからである。

一方で、その他のパスにおいては、被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）において上記突起部 55、56 を除き孔型と被圧延材 A は接触しておらず、これらのパスにおいて被圧延材 A の積極的な圧下は行われない。これは、圧下により被圧延材 A の長手方向への伸びを生じさせ、フランジ部 80 の生成効率を低下させてしまうからである。

[0053] なお、この第 4 孔型 K 4 における造形では、被圧延材 A の上下端部の 4 箇所（図 10）の部位に対する曲げ加工が同時に行われる。そのため、4 箇所（図 10）の部位が均一に曲げ加工されないといった事情により通材が不安定になる恐れがあり、1 パスでの造形が好ましい。この場合、1 パス造形では被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）と孔型内部（第 4 孔型 K 4 の上面及び底面）が接触した状態で造形が行われる。

[0054] 以上説明した第 1 孔型 K 1 ～第 4 孔型 K 4 によって造形された被圧延材 A に対し、既知の孔型を用いて更に圧下・造形が行われ、いわゆるドッグボーン形状である H 形粗形材 13 が造形される。通常はこの後、スラブ厚に相当する部分を減厚する平造形孔型でウェブ厚が減厚される。その後、図 1 に示す中間ユニバーサル圧延機 5－エッジャー圧延機 9 の 2 つの圧延機からなる圧延機列を用いて、通常 7 ～ 10 数パスの圧下が加えられ、中間材 14 が造形される。そして中間材 14 は、仕上ユニバーサル圧延機 8 において製品形状に仕上圧延され、H 形鋼製品 16 が製造される。

[0055] 上述したように、本実施の形態にかかる第 1 孔型 K 1 ～第 4 孔型 K 4 を用いて被圧延材 A の上下端部（スラブ端面）に割り込みを入れ、それら割り込みによって左右に分かれた各部分を左右に折り曲げる加工を行い、フランジ部 80 を形成するといった造形をすることで、被圧延材 A（スラブ）の上下端面を上下方向に圧下することなく H 形粗形材 13 の造形を行うことができる。即ち、従来行われていたスラブ端面を常に圧下する粗圧延方法に比べ、フランジ幅を広幅化させて H 形粗形材 13 を造形することが可能となり、その結果、フランジ幅の大きな最終製品（H 形鋼）を製造することができる。また、サイジングミル 3 あるいは粗圧延機 4 における圧下量や設備規模に装

置限界があるといったことに影響されずにH形粗形材13の造形を行うことができるため、素材のスラブサイズを従来に比べ小型化（スラブ幅の縮小）させることができ、フランジ幅の大きな最終製品を効率的に製造することができる。

[0056] また、特に第2孔型K2での造形においては、必要最小限のパス（例えば最終パスのみ）において被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部を接触させて圧下を行い、その他のパスにおいては積極的な圧下を行わないものとしている。これにより、割り込み38、39を形成する際に、左右のフランジ相当部（後のフランジ部80）の肉量が不均一になることにより生じる形状不良を抑制し、効率的で安定した粗圧延工程を実現することが可能となる。

[0057] また、特に第3孔型K3、第4孔型K4での造形においては、多パス造形のうちの少なくとも1パス以上は、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部（孔型の上面及び底面）が接触している構成としている。ここで、全てのパスにおいて接触している必要はなく、例えば最終パスのみ被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）と孔型内部が接触し、スラブ端面圧下量 ΔE が正の値となる（ $\Delta E > 0$ ）構成とされる。これにより、分割部位（後のフランジ部80）を折り曲げて造形を行う際に、左右の分割部位の肉量が不均一となり通材が安定しないといった問題を回避することができる。

[0058] また、上記のように、各孔型（例えば第2孔型K2～第4孔型K4）においては、必要最小限のパス数において圧下を行い、その他のパスにおいては積極的な圧下は行われなため、従来に比べ被圧延材Aの圧下に伴う長手方向の伸びが抑えられ、従来のH形鋼の圧延に比べクロップ部の発生が抑制され、歩留まりの向上が実現される。

[0059] また、第2孔型K2～第4孔型K4においては、被圧延材Aの上下端部（スラブ端面）に対向する2箇所の孔型上面及び2箇所の孔型底面と、孔型に形成された突起部の傾斜面とのなす角度 θf は約 90° （略直角）に構成されている。

これにより、第2孔型K2～第4孔型K4にて行われる造形時の通材性を向上させることができる。上記角度 θf が約 90° よりも大きい構成の場合、フランジ相当部（後のフランジ部80）が孔型ロールに沿って折り曲がらない恐れがある。具体的には、孔型ロール形状以上に曲がってしまう恐れがある。その結果、4箇所（4箇所）のフランジ相当部の寸法形状が不均一となり通材性が悪くなってしまうと共に、製品寸法の低下にもつながるからである。

また、フランジ相当部（後のフランジ部80）の先端部を早い造形段階で略直角に造形しておくことで、造形後の製品形状の向上が見込める。特に、大型でフランジが広幅化されたH形鋼製品を製造する場合には、より早い段階でフランジ相当部の造形を好適に行うことで、製造可能なサイズの拡大化が見込める。

[0060] 以上、本発明の実施の形態の一例を説明したが、本発明は図示の形態に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0061] 上記実施の形態においては、第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ は $\theta 1b$ よりも大きい角度であり、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ は $\theta 2$ よりも大きい角度であると説明したが、これらの角度 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ については、更に好適な範囲を具体的な角度で定めることができる。即ち、第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ を 70° 以上 110° 以下と規定し、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ を 130° 以上 170° 以下と規定することが好ましい。このように規定することで、被圧延材における形状不良の発生を抑制させ、従来に比べフランジ幅の大きなH形鋼製品を効率的且つ安定的に製造することが可能となる。以下では上記 $\theta 2$ 及び $\theta 3$ の好適な角度の範囲が規定される根拠について説明する。

[0062] 先ず、本発明者らは、第3孔型K3で造形が完了した被圧延材Aに対し、第4孔型K4において実施される折り曲げ加工の加工限界（加工限界角度）

について検討を行った。図9は、第4孔型K4での折り曲げ角度（即ち、 $\theta_3 - \theta_2$ ）とフランジ厚偏差（フランジ厚バラツキ）との関係を示すグラフである。ここで、図9のグラフの縦軸であるフランジ厚偏差は、割り広げて造形された4つのフランジ相当部の平均フランジ厚からのバラツキ 3σ を示している。

[0063] 図9に示すように、第4孔型K4において、折り曲げ角度（即ち、 $\theta_3 - \theta_2$ ）が 60° を超えると、フランジ厚偏差が5%を超えるため、粗圧延工程の後工程である中間圧延工程や仕上圧延工程において寸法を収束させることが困難となり、好適な寸法精度でもって造形を実施することができなくなる。

[0064] なお、左右のフランジ相当部の厚みバラツキは5%以下に抑えられることが好ましい理由は以下の通りである。大型サイズのH形鋼の形状寸法の許容差は、JIS規格（JIS G 3192）によると、フランジ厚が40mmを超える場合、当該フランジ厚の公差範囲は4mm（即ち、 $\pm 2\text{mm}$ ）であり、製品のフランジ厚の10%に相当する。製品のフランジ寸法が上記公差から外れた場合、加工修正は困難であり、所定品質の製品として認められないため、製造効率やコストの面で問題が大きい。従って、各造形工程の工程能力を十分とし、左右のフランジ相当部の厚みバラツキを抑えてH形鋼製品を製造する必要がある。通常、各造形工程の工程能力を十分とするためには、フランジ厚の公差範囲を 6σ に設定することが望ましい。上記JIS規格に基づき、H形鋼製品のフランジ厚の10%を 6σ に合わせるため、左右のフランジ相当部の厚みバラツキ 3σ の目標値は5%以下とすることが望ましい。

[0065] 図9に示すように、第4孔型K4での加工角度は 60° 以下である必要がある。即ち、第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 θ_2 と、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 θ_3 との差は 60° 以下とすることが必要があり、以下の式（1）を満たす条件に設計される必要がある。

$$\theta_3 - \theta_2 \leq 60^\circ \quad \cdots (1)$$

[0066] 次に、本発明者らは、第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ の上限値について検討を行った。図10は、第3孔型K3における先端部角度 $\theta 2$ を変化させた場合のフランジ相当部の先端における幅変化量（フランジ先端つぶし量）を示すグラフである。

フランジ先端つぶし量は、第3孔型K3において折り曲げられたフランジ相当部の先端幅方向に関する潰された距離 Δi （ $i = 1 \sim 4$ ：4箇所の先端に対応）の平均値によって定義される。なお、以下に説明する図11には、このフランジ先端つぶし量 $\Delta 1 \sim \Delta 4$ を図示している。

[0067] 図10に示すように、上記角度 $\theta 2$ が 100° 以下であれば、フランジ相当部の先端幅変化量は5mm以下の小さなレベルで留まる。しかしながら、角度 $\theta 2$ が 110° 以上になると、フランジ相当部の先端幅変化量も大きくなり、4箇所のフランジ相当部の肉量アンバランスが生じてしまう（以下に説明する図11参照）。

[0068] 図11は、本実施の形態に係る方法で第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ を 110° 超とした場合の、造形後の被圧延材の形状を示す概略図である。図11に示すように、角度 $\theta 2$ を 110° 超に設定して第3孔型K3での造形を実施すると、曲げ加工による変形よりもフランジ相当部の外側面が押し潰される変形の方が容易となり、フランジ相当部の外側のメタルが削がれる変形モードとなってしまうことが確認される。

以上、図10、11を参照して説明したことから、第3孔型K3の突起部45、46の先端部角度 $\theta 2$ は以下の式（2）を満たす条件に設計される必要がある。

$$\theta 2 \leq 110^\circ \quad \cdots (2)$$

[0069] 続いて、本発明者らは、ウェブ減厚孔型での造形に基づき、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ の上限値ならびに下限値について検討を行った。図12は、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ を変化させた場合の、ウェブ減厚孔型において実施される後段の工程での肉溜まりの発生に伴って生じる製品疵深さを示すグラフである。なお、ウェブ減

厚孔型で生じる肉溜まりとは、フランジ相当部の外面において生じる突起状の形状不良であり、その詳細は図13を参照して後述する。

[0070] 図12に示すように、上記角度 $\theta 3$ が 130° 未満である場合には、製品疵が生じてしまい、その製品疵深さは角度 $\theta 3$ が小さければ小さい程、増大してしまう。そして、最終製品のフランジ外面にこの製品疵が残ってしまう。

[0071] 図13はウェブ減厚孔型におけるウェブ減厚に関する概略説明図であり、(a)は上記角度 $\theta 3$ が 170° 超である場合にフランジ部の外面に形状不良が生じている場合を示し、(b)は上記角度 $\theta 3$ が 130° 未満である場合にフランジ部の外面に形状不良が生じている場合を示し、(c)は製品疵を示している。

[0072] 図13(a)に示すように、ウェブ減厚孔型においてウェブ減厚を行った場合、ウェブ部81の減厚に伴い、フランジ部80の外側(図中左右方向)へのメタルの拡がり量が大きくなる。全断面に対するウェブ部81の断面割合が大きい程、その拡がり量は大きくなる。これにより、図中の破線部に示す突起上の膨らみ部60が形成される。この膨らみ部60は形状不良の要因であるため、対応策として、フランジ部80の外面に拡がりを見込んで凹みを設けておくことが考えられる。その凹み量を調整するために、第4孔型K4の突起部55、56の先端部角度 $\theta 3$ を好適に定めることが有効である。実験上、角度 $\theta 3$ を 170° 超とした場合に、図13(a)に示すような形状不良が生じることが分かっており、角度 $\theta 3$ の上限値は 170° となる。

また、上記式(1)及び式(2)から、角度 $\theta 2$ の上限値は 110° であり、角度 $\theta 3$ と角度 $\theta 2$ の差は最大で 60° であることから、角度 $\theta 3$ の上限値は 170° と定まる。

[0073] また、図13(b)に示すように、ウェブ減厚孔型では、ウェブ部81の減厚と同時にフランジ部80の幅圧下も行われ、フランジ部80の幅圧下により、当該フランジ部80の中央部に上下からの圧下歪が加わるが、角度 $\theta 3$ が 130° 未満になるとフランジ部80の外側面中央部(図中破線で囲ん

だ部分）に形成されている溝 6 1 が消えずに疵として残存し、それに伴う製品疵が発生し、最終製品である H 形鋼において当該製品疵が残存してしまう。実験上、角度 $\theta 3$ を 130° 未満とした場合に、図 1 3（b）に示す溝 6 1 が疵の起点となり残存し、図 1 3（c）のような製品疵 6 3 が生じてしまうことが分かっている。

以上、図 1 2、1 3 を参照して説明したことから、第 4 孔型 K 4 の突起部 5 5、5 6 の先端部角度 $\theta 3$ は上限値を 170° とすることが望ましく、下限値を 130° とすることが望ましい。

特に、図 1 2 に基づき、角度 $\theta 3$ は以下の式（3）を満たす条件に設計される必要がある。

$$\theta 3 \geq 130^\circ \quad \dots (3)$$

[0074] 以上説明した式（1）～（3）を同時に満たすような設計条件を構成する場合、 $\theta 2$ の下限値は 70° （ $=130^\circ - 60^\circ$ ）となり、 $\theta 3$ の上限値は 170° （ $=110^\circ + 60^\circ$ ）となる。図 1 4 は、上記式（1）～（3）に示した設計条件をまとめたグラフであり、 $\theta 2$ と $\theta 3$ の好適な設計範囲を示すものである。図 1 4 中の各条件を示す線（図中破線）に囲まれた範囲が好適な設計範囲となる。即ち、角度 $\theta 2$ は以下の式（4）を満たす条件に設計される必要があり、角度 $\theta 3$ は以下の式（5）を満たす条件に設計される必要があり、且つ、上記式（1）を満たすことが必要となる。

$$70^\circ \leq \theta 2 \leq 110^\circ \quad \dots (4)$$

$$130^\circ \leq \theta 3 \leq 170^\circ \quad \dots (5)$$

[0075] 上記式（1）、（4）、（5）を満たすような設計条件によって第 3 孔型 K 3 の突起部 4 5、4 6 の先端部角度 $\theta 2$ 、ならびに第 4 孔型 K 4 の突起部 5 5、5 6 の先端部角度 $\theta 3$ が定められる。これにより、左右のフランジ部 8 0 の変形アンバランスが生じることなく造形が実施され、更に、フランジ相当部の外側面が押し潰される変形といった形状不良（図 1 1 参照）や、ウェブ減厚孔型においてフランジ部 8 0 の外側面中央部が肉溜まり形状となり製品疵が発生してしまうといった形状不良（図 1 3 参照）が生じることなく

、各造形工程を実施することが可能となる。

[0076] また、例えば、上記実施の形態において、第1孔型K1～第4孔型K4の4つの孔型を刻設して被圧延材Aの造形を行うものとして説明したが、粗圧延工程を実施するための孔型数はこれに限られるものではない。即ち、サイジングミル3や粗圧延機4に刻設される孔型の数は任意に変更可能であり、好適に粗圧延工程を実施することができる程度に適宜変更される。

なお、上記実施の形態では、フランジ相当部（後のフランジ部80）を折り曲げる造形を第3孔型K3及び第4孔型K4で行うものとして説明した。これは、折り曲げ角度（即ち、各孔型でのウェッジ角度）を急激に大きくして折り曲げ造形を行うと、突起部と被圧延材Aとの摩擦力によって肉引けが起こり易くなることや、折り曲げ加工力が大きくなり、4箇所（4箇所）のフランジ相当部（後のフランジ部80）の肉量の均等化が損なわれる恐れがあるため、複数の孔型（上記実施の形態では第3孔型K3及び第4孔型K4）にて分担して折り曲げ造形を実施することが望ましいからである。本発明者らの実験結果によれば、上記実施の形態で説明した第3孔型K3及び第4孔型K4の2孔型において折り曲げ造形を実施することが望ましい。

[0077] また、H形鋼を製造する際の素材（被圧延材A）としてはスラブを例示して説明したが、類似形状のその他素材についても本発明は当然適用可能である。即ち、例えばビームブランク素材を造形してH形鋼を製造する場合にも適用できる。

産業上の利用可能性

[0078] 本発明は、例えば矩形断面であるスラブ等を素材としてH形鋼を製造する製造方法に適用できる。

請求の範囲

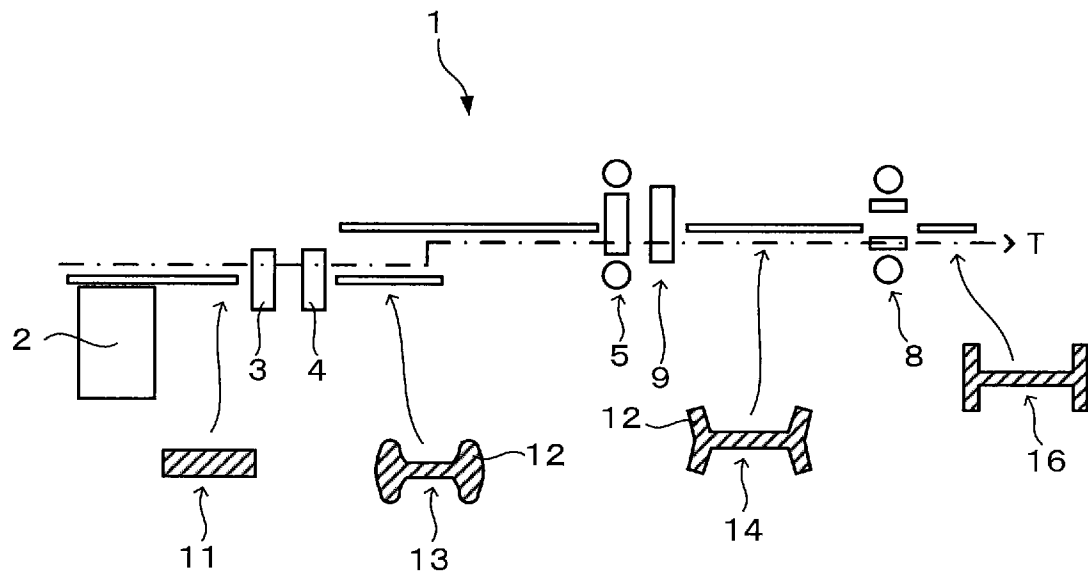
- [請求項1] 粗圧延工程、中間圧延工程、仕上圧延工程を備えたH形鋼の製造方法であって、
前記粗圧延工程を行う圧延機には、被圧延材を造形する4以上の複数の孔型が刻設され、
当該複数の孔型では被圧延材の1又は複数パス造形が行われ、
前記複数の孔型のうち第1孔型及び第2孔型には、被圧延材の幅方向に対し鉛直に割り込みを入れる突起部が形成され、
前記複数の孔型のうち第2孔型以降では少なくとも1パス以上の造形において被圧延材の端面と孔型周面とが接触した状態で圧下が行われ、
前記複数の孔型のうち第3孔型以降の2以上の孔型では前記割り込みによって成形された分割部位を順次折り曲げる工程が行われ、
第1孔型及び第2孔型に形成される前記突起部の先端角度は 40° 以下であることを特徴とする、H形鋼の製造方法。
- [請求項2] 被圧延材の端面と孔型周面とが接触した状態で圧下が行われるパスは、前記複数の孔型のうち第2孔型以降の各孔型での複数パス造形における最終パスであることを特徴とする、請求項1に記載のH形鋼の製造方法。
- [請求項3] 前記第2孔型においては、前記突起部の傾斜面と、当該傾斜面に隣接し被圧延材の端面と対向する孔型周面と、がなす角度が略垂直に構成されることを特徴とする、請求項1又は2に記載のH形鋼の製造方法。
- [請求項4] 前記第1孔型及び第2孔型に形成される突起部の先端角度は 25° 以上 35° 以下であることを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載のH形鋼の製造方法。
- [請求項5] 前記複数の孔型のうち、第3孔型以降の各孔型には、前記分割部位に押し当てることで当該分割部位を折り曲げる突起部が形成され、

当該突起部の傾斜面と、当該傾斜面に隣接し被圧延材の端面と対向する孔型周面と、がなす角度が略垂直に構成されることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の H 形鋼の製造方法。

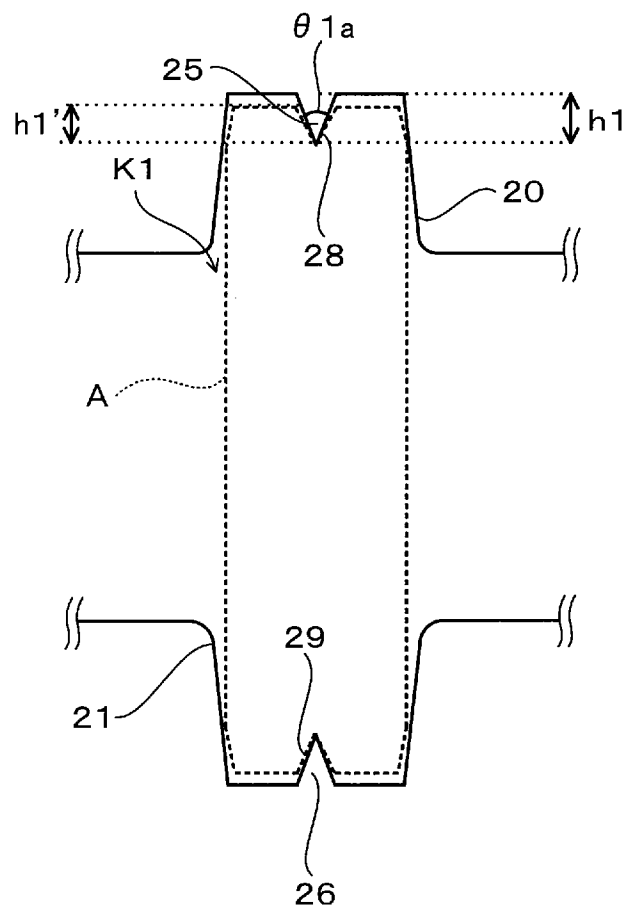
[請求項6] 前記複数の孔型のうち、第 2 孔型以降の各孔型に形成される突起部の先端角度は、後段の孔型になるほど順次大きな角度となるように構成されることを特徴とする、請求項 5 に記載の H 形鋼の製造方法。

[請求項7] 前記複数の孔型は、被圧延材を造形する第 1 孔型～第 4 孔型の 4 つの孔型であり、
前記複数の孔型のうち第 3 孔型及び第 4 孔型において、前記割り込みによって成形された分割部位を順次折り曲げる工程が行われ、
前記第 3 孔型に形成される突起部の先端角度は 70° 以上 110° 以下であり、
前記第 4 孔型に形成される突起部の先端角度は 130° 以上 170° 以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の H 形鋼の製造方法。

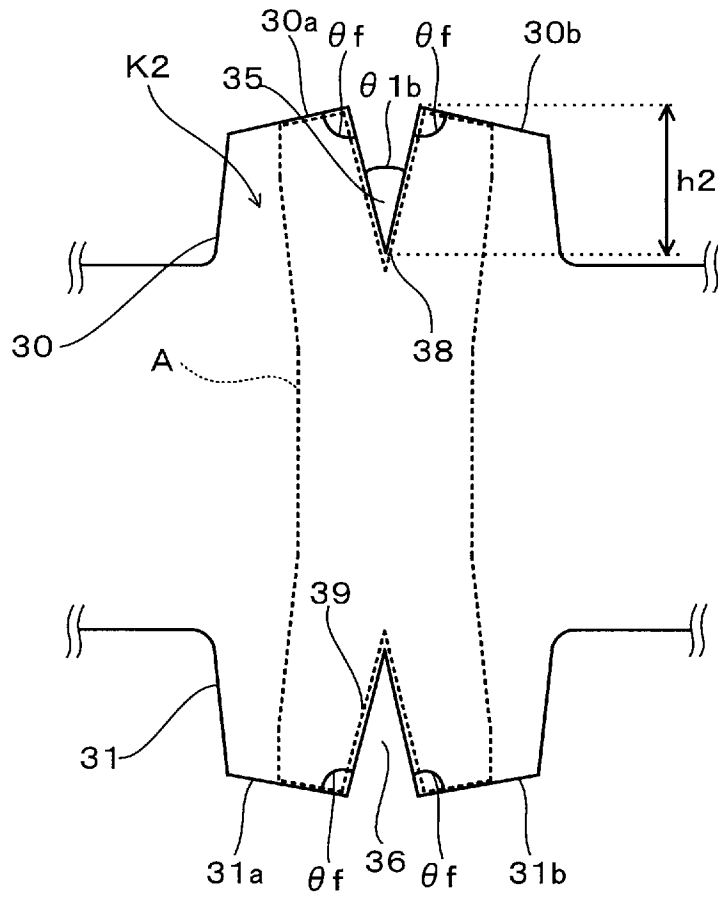
[図1]



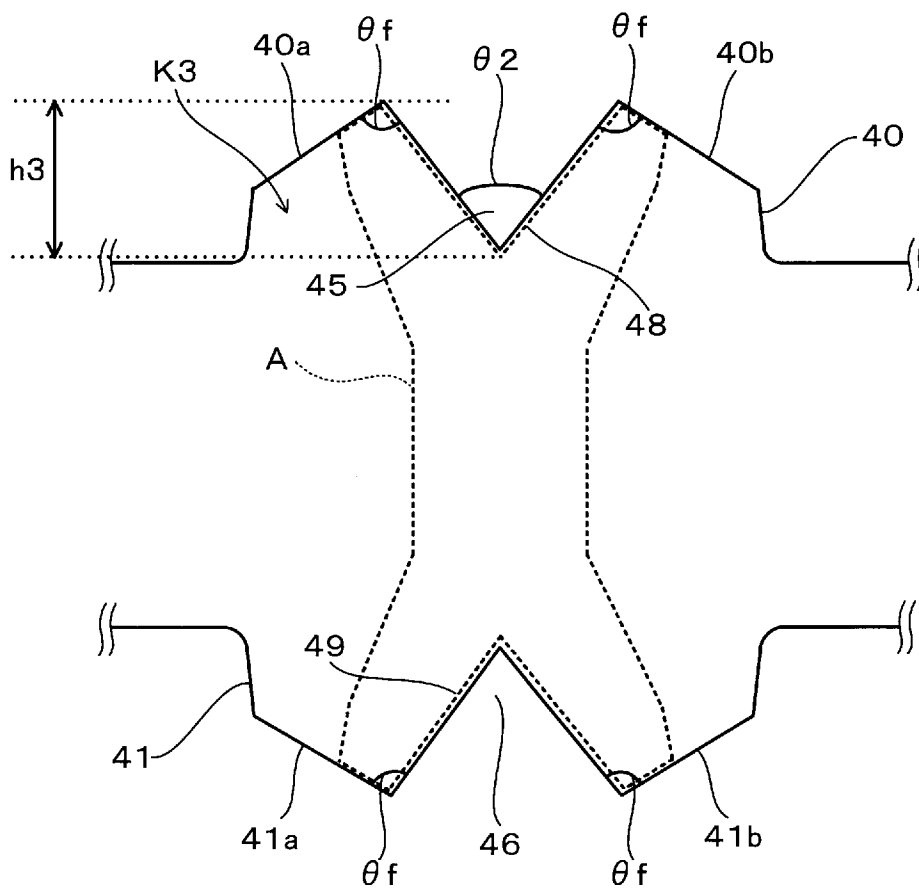
[図2]



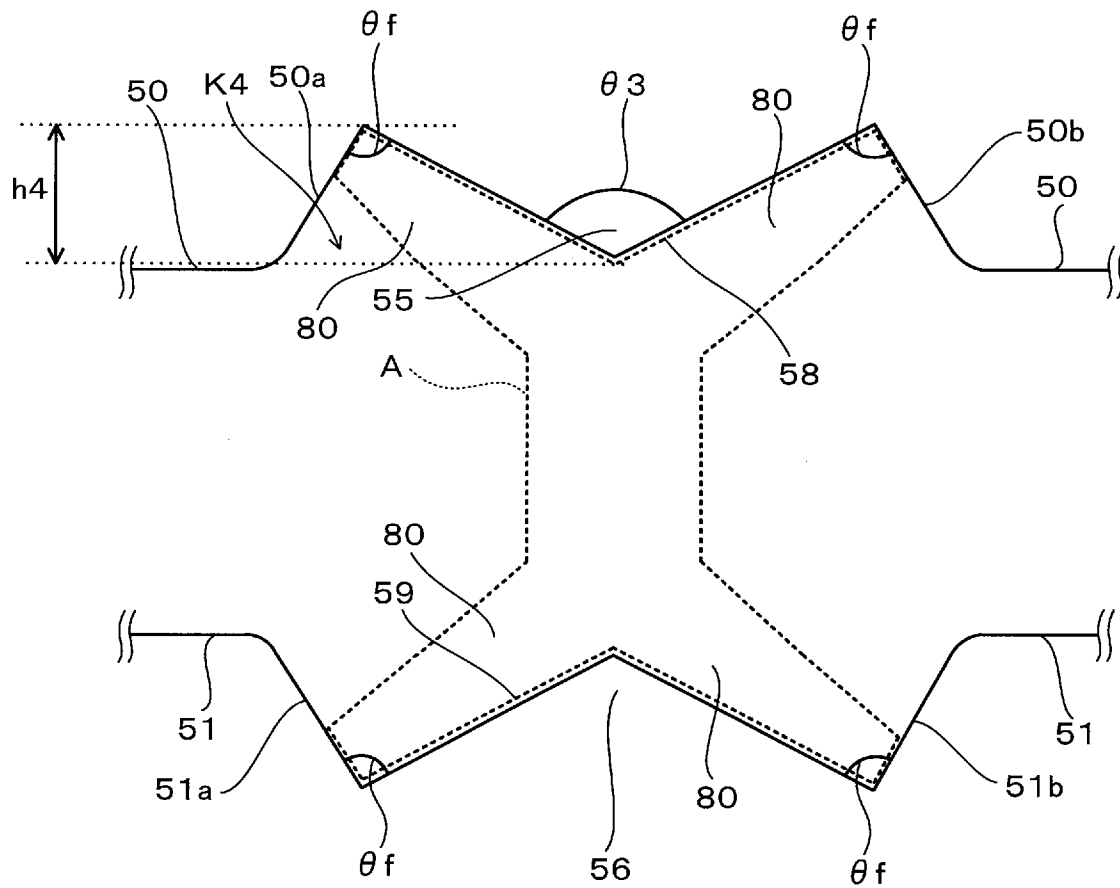
[図3]



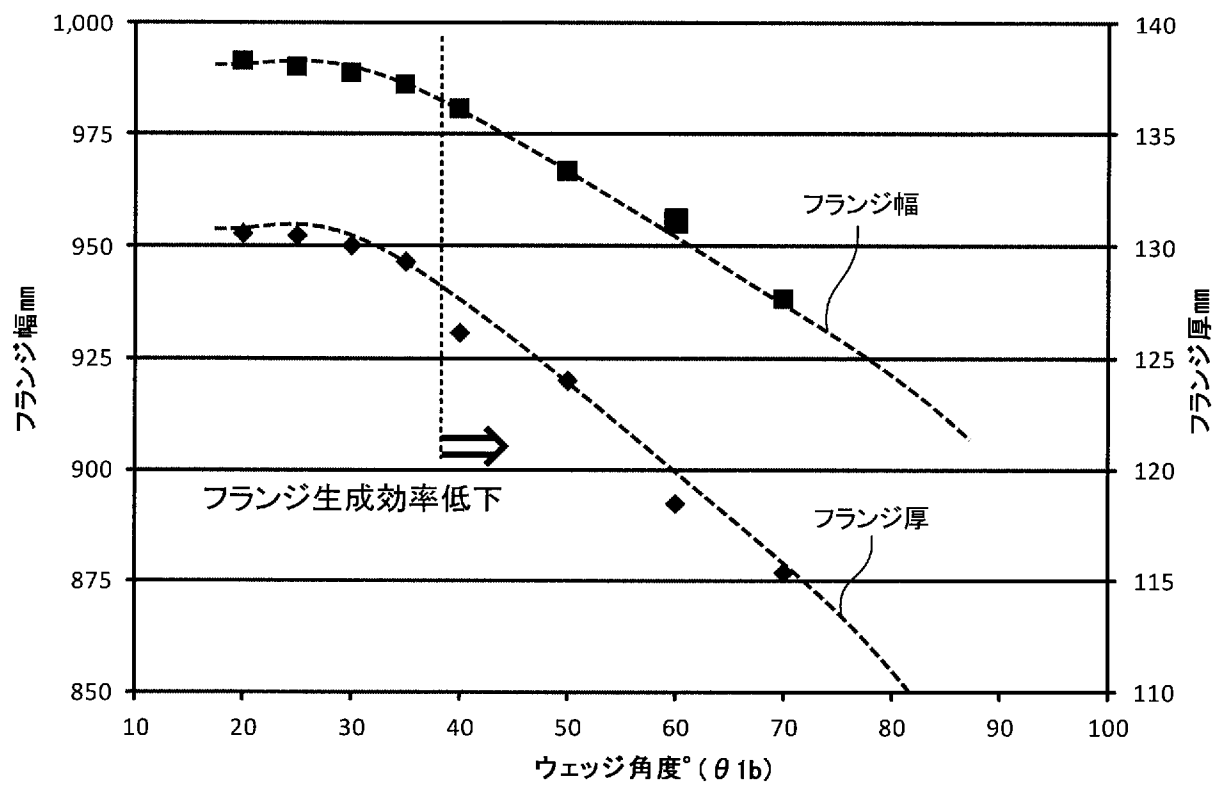
[図4]



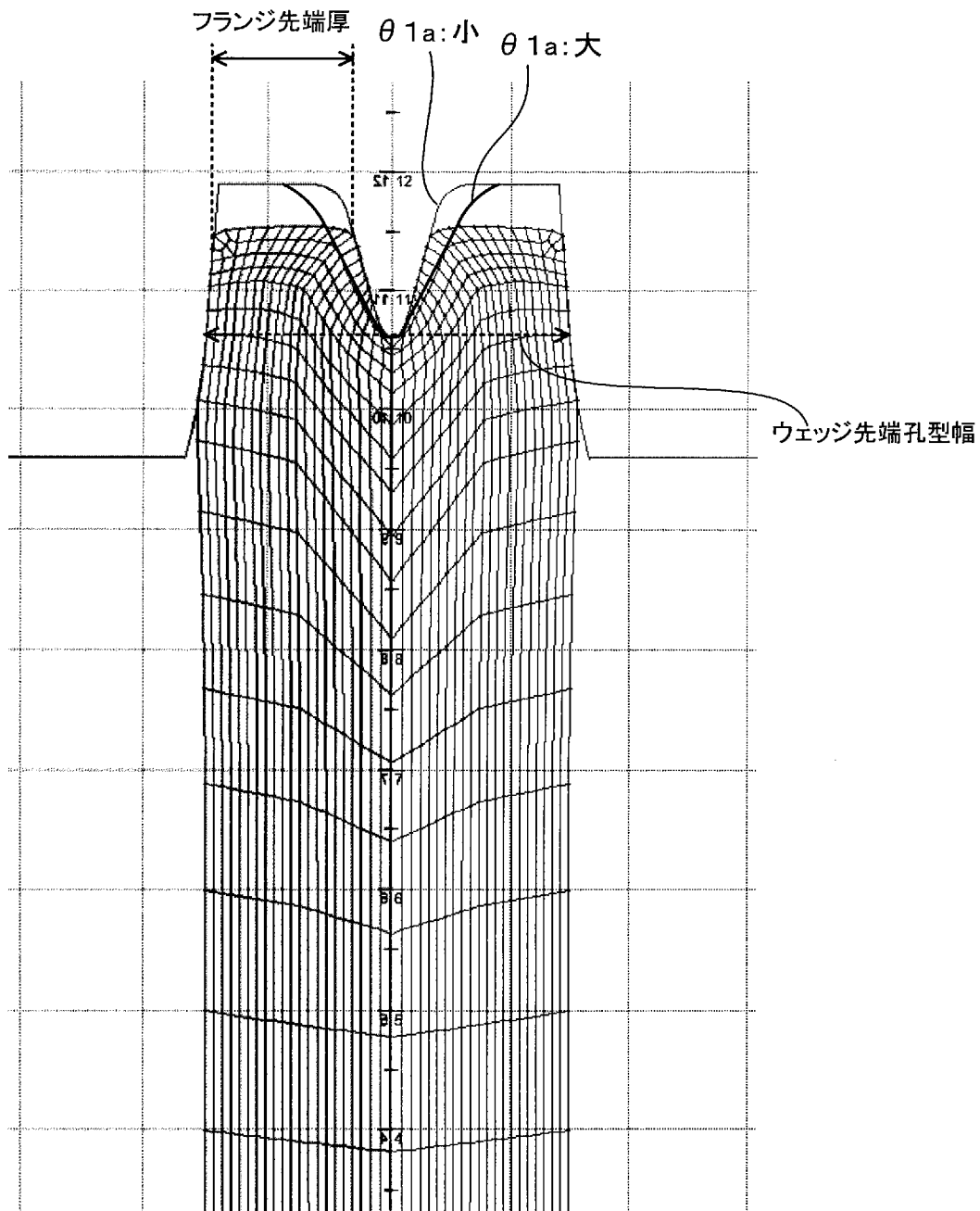
[図5]



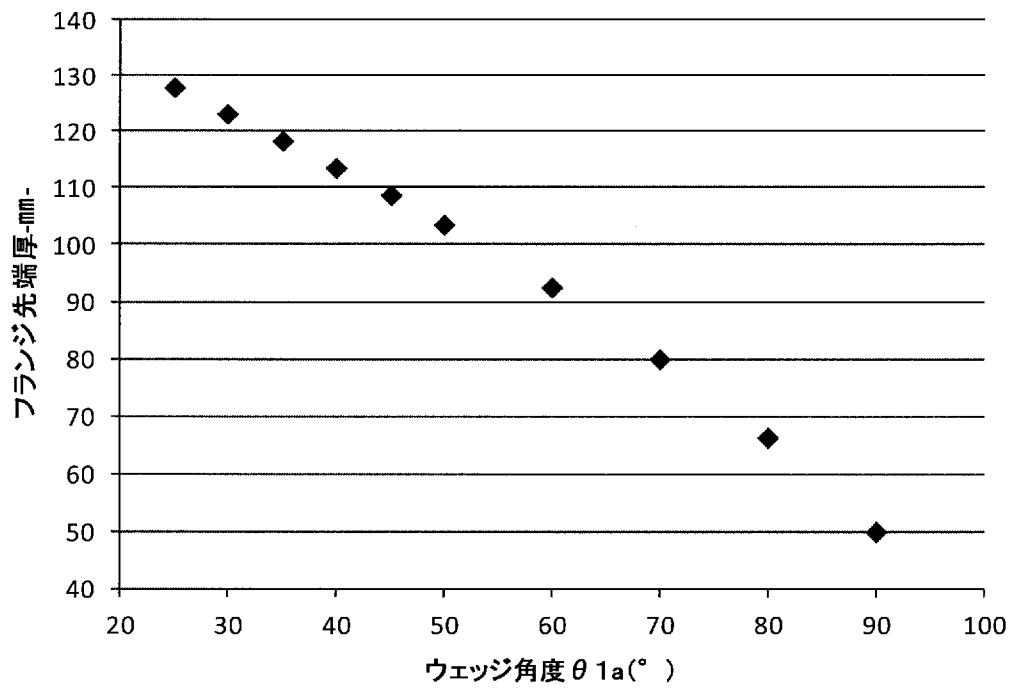
[図6]



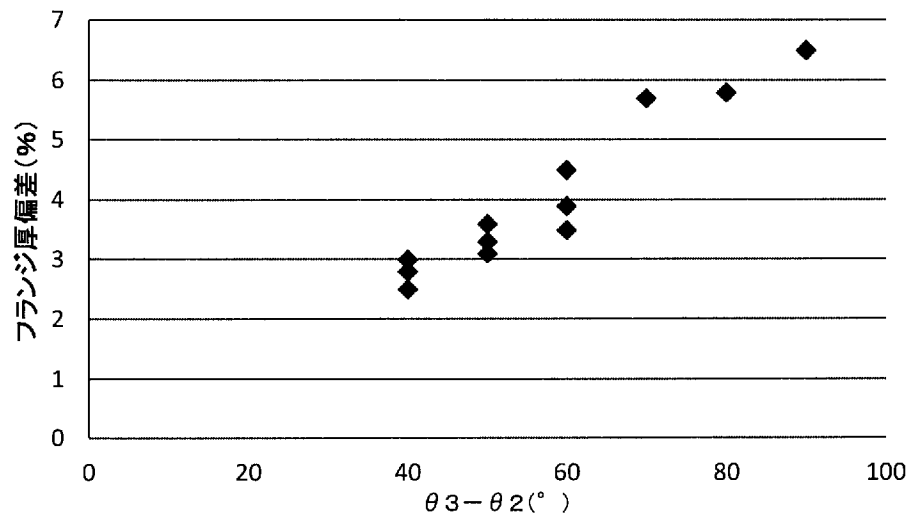
[図7]



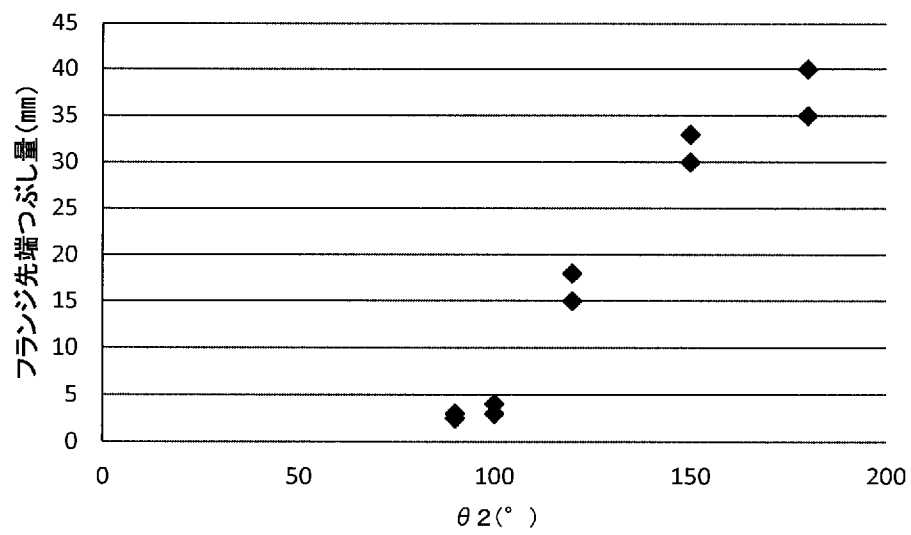
[図8]



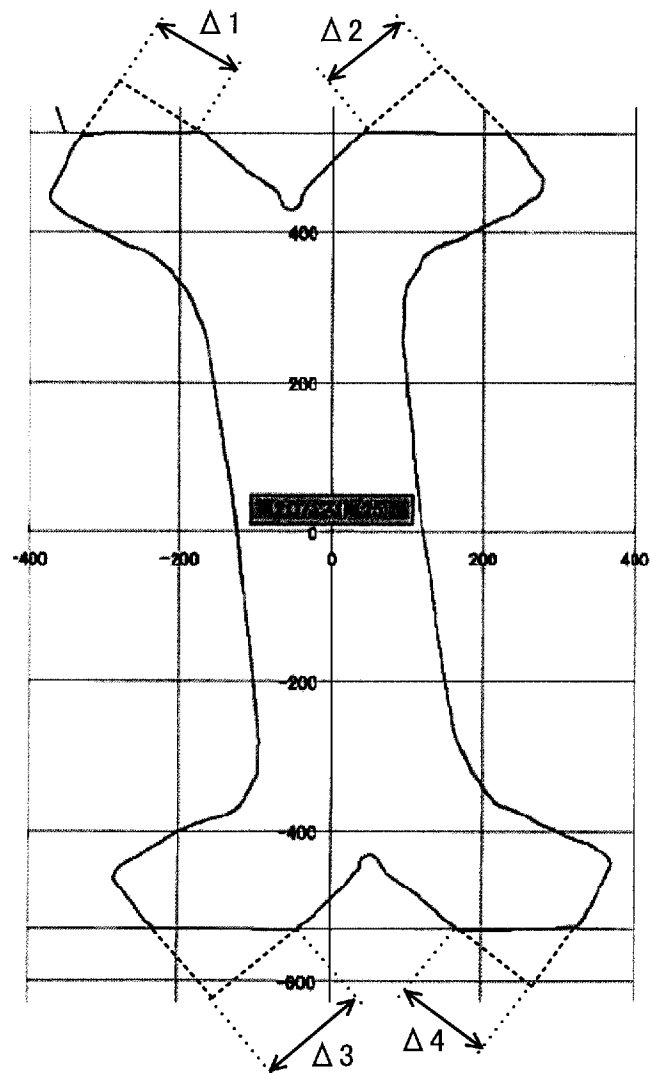
[図9]



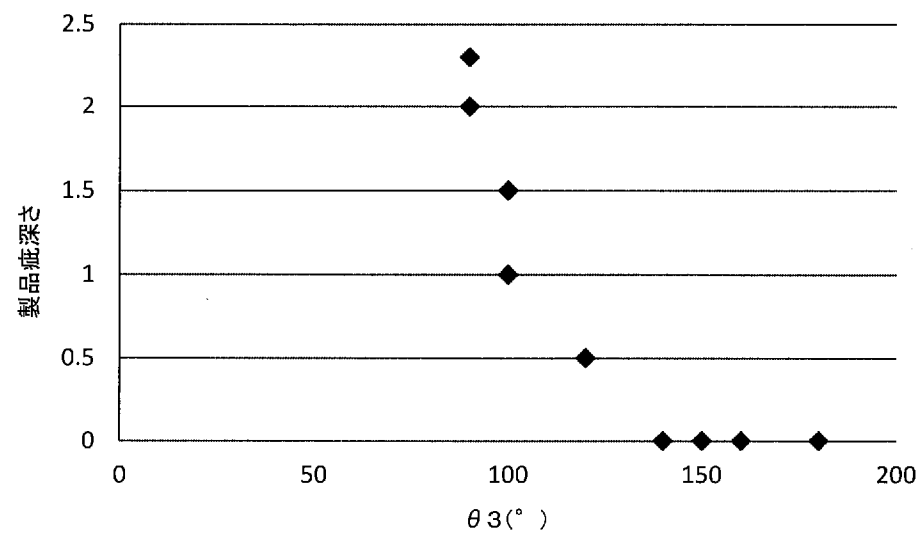
[図10]



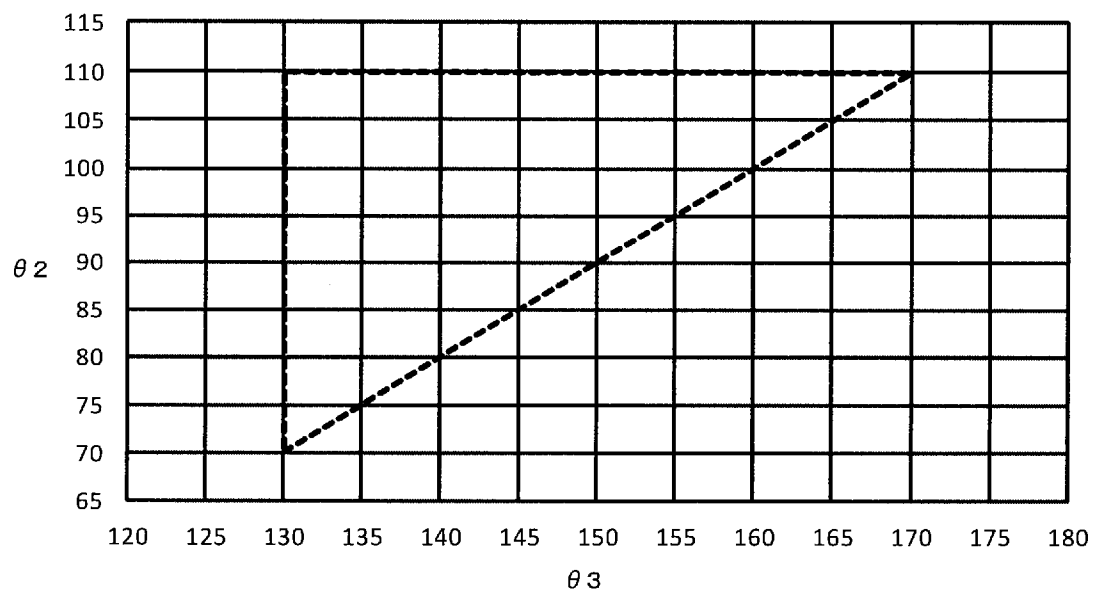
[図11]



[図12]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B27/02(2006.01) i, B21B1/088(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)

B21B27/02, B21B1/088

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

CiNii, JSTPlus, JST7580, JSTChina

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X <u>A</u>	JP 2004-358541 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 24 December 2004 (24.12.2004), claims; paragraphs [0012] to [0028]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 2 <u>3-7</u>
A	JP 52-20958 A (Nippon Steel Corp.), 17 February 1977 (17.02.1977), claims; page 3, upper left column, line 6 to page 3, upper right column, line 2; fig. 8 (Family: none)	1-7

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 March 2016 (30.03.16)

Date of mailing of the international search report
12 April 2016 (12.04.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21B27/02(2006.01)i, B21B1/088(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. B21B27/02, B21B1/088

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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）

CiNii, JSTPlus, JST7580, JSTChina

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 <u>A</u>	JP 2004-358541 A（住友金属工業株式会社） 2004.12.24, 特許請求の範囲, [0012]-[0028], 第1-3図 (ファミリーなし)	1, 2 <u>3-7</u>
A	JP 52-20958 A（新日本製鐵株式会社） 1977.02.17, 特許請求の範囲, 第3頁左上欄第6行-第3頁右上欄第2行, 第8図 (ファミリーなし)	1-7

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

30.03.2016

国際調査報告の発送日

12.04.2016

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）

池ノ谷 秀行

4 E

5572

電話番号 03-3581-1101 内線 3425