

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4266185号
(P4266185)

(45) 発行日 平成21年5月20日 (2009.5.20)

(24) 登録日 平成21年2月27日 (2009.2.27)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 1 B 37/72 (2006.01)

B 2 1 B 37/12 1 1 3

B 2 1 B 1/26 (2006.01)

B 2 1 B 1/26 E

B 2 1 B 37/18 (2006.01)

B 2 1 B 37/12 B B M

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2004-140734 (P2004-140734)
 (22) 出願日 平成16年5月11日 (2004.5.11)
 (65) 公開番号 特開2005-319495 (P2005-319495A)
 (43) 公開日 平成17年11月17日 (2005.11.17)
 審査請求日 平成18年9月25日 (2006.9.25)

(73) 特許権者 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
 6号
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (72) 発明者 池田 昌則
 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15番地
 株式会社神戸製鋼所
 真岡製造所内
 (72) 発明者 村尾 伸介
 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15番地
 株式会社神戸製鋼所
 真岡製造所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱間仕上圧延方法および熱間仕上圧延材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のスタンドから構成される熱間仕上圧延機において、連設する各スタンドでの少なくとも1つのスタンドのワークロールのロールギャップを圧延板の板厚方向に拡げる拡幅を行う熱間仕上圧延方法であって、

搬送される前記圧延板の先端部が、前記拡幅を行うスタンドのワークロールに到達すると、当該ワークロールのロールギャップの拡幅を開始する第一ステップと、

前記第一ステップで開始された拡幅を、予め設定されたロールギャップまで経時的かつ連続的に行うことで圧延板の先端部をテーパ状に圧延する第二ステップと、

前記第二ステップで予め設定されたロールギャップまで拡幅した後に、そのロールギャップを一定に保つことで圧延板の定常部を一定の板厚で圧延する第三ステップと、

前記第一ステップから第三ステップを予め設定されたスタンドで行った後に、テーパ状の先端部と一定の板厚の定常部を有する熱間仕上圧延材を巻取体に巻回する第四ステップと、を有し、かつ、

前記第二ステップでのワークロールのロールギャップの拡幅に当たって、そのマスフローのバランスが当該ワークロールの入側と出側とで等しくなるように制御することを特徴とする熱間仕上圧延方法。

【請求項2】

前記マスフローのバランスの制御は、マスフロー計算を、拡幅を行っているスタンドのワークロールの入側と出側とで別個に行い、マスフローが等しくなるように拡幅を行って

10

20

いるスタンドの上流のスタンドの圧延速度を調節することを特徴とする請求項 1 に記載の熱間仕上圧延方法。

【請求項 3】

前記上流のスタンドの圧延速度の調節は、当該上流のスタンドのワークロールの回転速度を調節して行うことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の熱間仕上圧延方法。

【請求項 4】

前記拡幅を行うスタンドが最終スタンドであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちいずれか一項に記載の熱間仕上圧延方法。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の熱間仕上圧延方法によって圧延された熱間仕上圧延材であって、

当該熱間仕上圧延材の定常部の板厚が 5 mm を超え、
テーパ状に圧延された当該熱間仕上圧延材の先端部の板厚が、前記定常部の板厚の半分以下であり、かつ、

前記テーパを形成するテーパ角 が $0.01 \sim 0.12^\circ$ である
ことを特徴とする熱間仕上圧延材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱間仕上圧延方法およびその熱間仕上圧延方法によって圧延された熱間仕上圧延材に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、圧延作業は、アルミニウム（アルミニウム合金を含む）の加工の中でも押しと並んで最も重要な展伸加工法であり、現在用いられているアルミニウムの板材はこれによって製造されたものである。

【0003】

この圧延作業は、行われる圧延方法によって熱間圧延と冷間圧延に大別される。そして、熱間圧延は、圧延板の原料となるスラブ（鋳塊）をアルミニウムの再結晶温度以上で圧延するものであり、冷間圧延は、熱間圧延で圧延された圧延板を一般には室温でさらに延ばしたり、圧延板の表面の加工を行うものである。

【0004】

また、熱間圧延には熱間粗圧延と熱間仕上圧延とがある。図 6 に示すように、熱間粗圧延は、テーブルローラで搬送されてきた板厚 200 ~ 600 mm のスラブ 5 を熱間粗圧延機（ラッファー）R により 20 ~ 60 mm の熱間粗圧延材 2 に圧延し、さらに、この圧延された熱間粗圧延材 2 を熱間仕上圧延機（フィニッシャー）F により圧延することで板厚 2 ~ 12 mm の熱間仕上圧延材 15 としている。

【0005】

ここで、図 6 を参考に熱間仕上圧延についてさらに詳しく説明すると、かかる圧延において各スタンド F1 から F4 のワークロール W のみを駆動・回転させて圧延を行うと、圧延板 1 に歪や撓み等が発生し、圧延の精度が悪くなる。そのため、圧延の精度を向上させることを目的として、ワークロール W とバックアップロール B を用い、一対を 4 段のロールで構成するスタンド、あるいは、ワークロール W とバックアップロール B との間に不図示の中間ロールをさらに用い、一対を 6 段のロールで構成するスタンドを複数台使用して圧延を行うことで（図 6 では 4 段のロールのスタンドを 4 台用いた熱間仕上圧延機を例示している。）、熱間仕上圧延材 15 を製造している。そして、圧延された熱間仕上圧延材 15 は、例えば、冷間圧延などの次工程で用いるため、一旦テンションリール 4 に巻き取られる（図 6 参照）。

【0006】

通常、このような多段のロールで構成されるスタンドを複数台用いて圧延原料であるス

ラブ5を連続的に圧延することで搬送方向に徐々に薄く伸ばし、熱間圧延の最終製品として、所定の板厚を有する熱間仕上圧延材15を製造する。

なお、これら複数のスタンドはそれぞれ一对のワークロール W 、 W 間に、予め設定された隙間（ロールギャップ）が設けられており、このロールギャップの出側板厚 T_o と圧延前の入側板厚 T_i から、次式により圧下率（％）を求めることができる。

$$\text{圧下率（％）} = \{ 1 - (T_o / T_i) \} \times 100$$

【0007】

ここで、従来は、図7（a）に示すように、圧下率を大きく設定したスタンドのワークロール W_{100} と圧延板100の角部がスリップしてしまい、ワークロール W_{100} に圧延板100が噛み込まない「噛み込み不良」が発生し易かった。噛み込み不良は、圧延板100の角部とワークロール W_{100} との接する面が少ないために、ワークロール W_{100} が圧延板100を噛み込むのに必要な摩擦力が発生しないために生じるものである。

10

【0008】

また、図7（b）に示すように、熱間仕上圧延材150は次工程のためにテンションリール400に一旦巻き取られることが多いが、テンションリール400に巻き取ると、巻き取った先端部150aの影響で線状の疵（段マーク）や擦り傷が発生し、テンションリール400に巻き取った熱間仕上圧延材150の大部分をスクラップとしなければならない場合がある。かかる現象は板厚 T_{150} が5mmを超える厚板をテンションリール400に巻き取る場合に特に発生し易い。

【0009】

20

かかる諸問題を解決する技術としては、例えば、特許文献1には、スラブ（特許文献1では「鋼片」と記載）の圧延開始側先端部に面取加工を施し、このスラブの先端部に面取り部を設けることで先端側が細くなるようにする発明が記載されている。すなわち、特許文献1に記載されている発明は、本願明細書に添付する図面の図8に示すように、スラブ500の横断面は、一辺の長さが c （mm）の正方形であり、その先端部500aの面取り部500bが、先端部500aの先端縁から a （mm）の長さの領域において、先端側が細くなるように（先細りに）面取加工され、先端面500cは一辺の長さが b （mm）の正方形をなすように形成するものであり、特に、噛み込み不良の問題を改善し得る点で効果が期待できる。

【特許文献1】特開2003-275801号公報（段落0013～0017、図2）

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1に記載されている発明では、先端部500aの面取りを行うことで噛み込み不良の問題を改善できることが期待されるものの、かかる面取加工をどのようにして行うかについては具体的に記されていない。

【0011】

従って、これをどのようにして具現するかについては推測するしかないが、「面取り」とは、工作物や角材（この場合はスラブが該当）の角または隅を斜めに削ることを意味する（JIS工業用語大辞典、1901頁；日本規格協会、及び、大辞林 第二版、2542頁；三省堂）ことから、このような面取加工を施すことはスラブ500や圧延されている圧延板（不図示）の角部を「削る」という、圧延工程とは別の機械加工工程が必要となる。

40

すなわち、特許文献1に記載の発明では、圧延工程とは別の機械加工工程を要することから、圧延板の製造効率が悪くなるという欠点がある。

【0012】

本発明は、前記問題に鑑みてなされたものであり、ワークロールによる圧延板の噛み込み不良の発生防止、及び、巻取体への巻き取り時の段マークの発生防止を図ると共に、圧延工程において圧延板の先端部をテーパ状に形成する場合であっても、定常部を一定の板厚で圧延することができる熱間仕上圧延方法と、かかる熱間仕上圧延方法によって圧延さ

50

れた熱間仕上圧延材を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

製造効率を落とさないで噛み込み不良や段マークの発生を防止することができる技術の実現が望まれて久しいが、機械加工を伴わずにかかる問題を解決する一つの方法として、圧延工程で圧延板の先端部をテーパ状に形成することが考えられる。

【0014】

圧延工程で圧延板の先端部をテーパ状に形成するには、ワークロールのロールギャップを拡幅する必要があるところ、ワークロールのロールギャップを拡幅して先端部の圧延を行うと、スタンド間における張力ハンチングが生じ、定常部（テーパを形成しない部分）を一定の板厚で圧延することが困難になるという第一の問題があった。また、巻取体（テンションリール）に巻き取った後に生じた段差によって発生する周期的な張力変動（ハンチング）および前記で説明した圧延時に生じる張力変動（ハンチング）に起因する板厚ハンチングが発生するため、定常部を一定の板厚で圧延することが困難になるという第二の問題があった。

すなわち、前記課題を解決するためには前記二つの問題を解決する必要がある。

【0015】

前記課題を解決した請求項1に記載の発明は、複数のスタンドから構成される熱間仕上圧延機において、連設する各スタンドでの少なくとも1つのスタンドのワークロールのロールギャップを圧延板の板厚方向に拡げる拡幅を行う熱間仕上圧延方法であって、搬送される前記圧延板の先端部が、前記拡幅を行うスタンドのワークロールに到達すると、当該ワークロールのロールギャップの拡幅を開始する第一ステップと、前記第一ステップで開始された拡幅を、予め設定されたロールギャップまで経時的かつ連続的に行うことで圧延板の先端部をテーパ状に圧延する第二ステップと、前記第二ステップで予め設定されたロールギャップまで拡幅した後に、そのロールギャップを一定に保つことで圧延板の定常部を一定の板厚で圧延する第三ステップと、前記第一ステップから第三ステップを予め設定されたスタンドで行った後に、テーパ状の先端部と一定の板厚の定常部を有する熱間仕上圧延材を巻取体に巻回する第四ステップと、を有し、かつ、前記第二ステップでのワークロールのロールギャップの拡幅に当たって、そのマスフローのバランスが当該ワークロールの入側と出側とで等しくなるように制御することを特徴とする熱間仕上圧延方法である。

【0016】

このように、請求項1に記載の熱間仕上圧延方法によれば、複数のスタンド間における圧下率が高い場合（40%以上）であっても、第一ステップで拡幅を行うスタンドのワークロールのロールギャップを拡幅（なお、本発明における「拡幅」及びこれを語幹とする動詞は、上ワークロールと下ワークロールの隙間であるロールギャップの幅を圧延板の板厚方向に拡げることを意味する。）しつつ圧延するので、圧延される圧延板の先端部を先細りのテーパ状とすることができる。

また、第二ステップでその拡幅を経時的かつ連続的に行うので、テーパ状の先端部の始端から終端まで圧延面に段差が生じることがない。なお、第二ステップにおいては、特に、拡幅を行うスタンドにおけるワークロールの入側と出側とで、マスフローのバランスが等しくなるよう制御しているので、ロールギャップを拡幅しているときであっても各スタンド間における張力ハンチングやそれに起因する板厚ハンチングが発生しない。したがって、一定の板厚で安定して圧延を行うことができる。

そして、第二ステップでテーパ状の先端部を圧延した後は第三ステップで拡幅を停止し、ロールギャップを一定に保って圧延するので定常部を一定の板厚とすることができる。そして、これら第一ステップから第三ステップを予め設定されたスタンドで行うことにより、適切にテーパ状の先端部と一定の板厚を有する圧延板や熱間仕上圧延材を圧延することができる。ここで、第一から第三ステップを予め設定されたスタンドで行うことができるので、ロールギャップを拡幅するスタンドを予め設定しておくことで、任意のスタンド

でロールギャップの拡幅を行うことができる。

次いで、第四ステップでテーパ状の先端部と一定板厚の定常部を有する熱間仕上圧延材を巻取体に巻回することで本発明の所望する熱間仕上圧延材を得ることができる。

【0017】

なお、「圧延板の定常部の圧下率が40%以上となる場合」としたのは、圧下率が40%以上となると、噛み込み不良が生じ易いためである。

また、本発明において「上流」とは、圧延板の搬送方向における上流をいう。また、以下の説明において「下流」とは、圧延板の搬送方向における下流をいう。

さらに、「ロールギャップ」とは、圧延を行う上下2つのワークロール間に設定された間隔をいう。

10

また、「マスフロー」とは、単位時間当たりの圧延板の板厚と、圧延板の圧延速度と、圧延板の板幅とを乗算した値をいい、かかるマスフローの計算を行うことをマスフロー計算という。

【0018】

また、請求項2に記載の発明は、前記マスフローのバランスの制御は、マスフロー計算を、拡幅を行っているスタンドのワークロールの入側と出側とで別個に行い、マスフローが等しくなるように拡幅を行っているスタンドの上流のスタンドの圧延速度を調節することを特徴とする請求項1に記載の熱間仕上圧延方法である。

【0019】

請求項2に記載の熱間仕上圧延方法によれば、拡幅してテーパ状の先端部の圧延を行っている拡幅を行っているスタンドのワークロールの入側のマスフローと出側のマスフローとを別々に算出し、求められたマスフローが等しくなるように当該スタンドの上流のスタンドの圧延速度を調節して、拡幅を行っているスタンドの入側と出側とのマスフローのバランスを制御する。ここで、「ワークロールの入側と出側におけるマスフローのバランスを等しくする」とは、ワークロールの入側のマスフローと出側のマスフローとを別々に算出し、求められたマスフローが等しくなるように制御することをいう。その結果、ロールギャップを拡幅した場合であっても、拡幅を行っているスタンドとその上流のスタンドとの間において張力ハンチングの発生防止と、それによる板厚ハンチングの防止を図ることができる。

20

【0020】

請求項3に記載の発明は、前記上流のスタンドの圧延速度の調節は、当該上流のスタンドのワークロールの回転速度を調節して行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の熱間仕上圧延方法である。

30

【0021】

請求項3に記載の熱間仕上圧延方法によれば、前記したマスフロー計算の結果に基づいて拡幅を行っている上流のスタンドのワークロールの回転速度を調節して行うことで、上流のスタンドの圧延速度の適切な調節を実現することができる。その結果、拡幅を行っているスタンドとその上流のスタンドとの間において張力ハンチングの発生防止と、それによる板厚ハンチングの防止を図ることができる。

【0022】

請求項4に記載の発明は、前記拡幅を行うスタンドが最終スタンドであることを特徴とする請求項1から請求項3のうちいずれか一項に記載の熱間仕上圧延方法である。

40

【0023】

請求項4に記載の熱間仕上圧延方法によれば、最終スタンドで拡幅を行い、この最終スタンドの入側と出側におけるマスフローのバランスを制御しつつ、最終スタンドの上流のスタンドの圧延速度を適切に調節することで、テーパ状の先端部と、一定板厚の定常部とを有する熱間仕上圧延材を圧延することができる。従って、最終的に得られた熱間仕上圧延材の先端部がテーパ状となっているため、巻取体に巻回した場合であっても段マークの発生を防止することができる。

【0024】

50

そして、請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の熱間仕上圧延方法によって圧延された熱間仕上圧延材であって、当該熱間仕上圧延材の定常部の板厚が 5 mm を超え、テーパ状に圧延された当該熱間仕上圧延材の先端部の板厚が、前記定常部の板厚の半分以下であり、かつ、前記テーパを形成するテーパ角が $0.01 \sim 0.12^\circ$ であることを特徴とする熱間仕上圧延材である。

【0025】

請求項 5 に記載の熱間仕上圧延材によれば、熱間仕上圧延材の先端部の形状をテーパ状とし、さらにその先端部の板厚 t を定常部の板厚 T の半分以下としているので、巻取体に巻き取ったときに発生する段差の発生を小さくすることができる。また、段差が小さくなるので、周期的な張力ハンチングや本張力ハンチングに起因する板厚ハンチングを抑制することができる。すなわち、板厚が 5 mm を超える熱間仕上圧延材であっても、巻取体に巻回したときの段マークの発生を抑えることができる。

10

なお、この場合において、熱間仕上圧延材の先端部のテーパ角度は、 $0.01 \sim 0.12^\circ$ の範囲とするのが好ましい。噛み込み不良や段マークの発生を有効に防止することができるからである。

【発明の効果】

【0026】

請求項 1 から請求項 3 に記載の熱間仕上圧延方法によれば、圧延を行っているスタンドの上流のスタンドの圧延速度を調節するので張力ハンチングや板厚ハンチングの発生を防止することができる。また、圧延板の先端をテーパ状としているので、圧延を行っている

20

スタンドの一つ下流のスタンドにおける噛み込み不良を防止することができると共に、定常部を一定の板厚にすることができる。

請求項 4 に記載の熱間仕上圧延方法によれば、最終スタンドで拡幅を行うため、得られる熱間仕上圧延材の先端部をテーパ状とすることができる。最終的に得られる熱間仕上圧延材の先端部がテーパ状であるため、巻取体に巻回した場合であっても段マークの発生を防止することができる。

【0027】

また、請求項 5 に記載の発明によれば、板厚が 5 mm を超えるような熱間仕上圧延材であっても、巻取体に巻回した場合に段マークが発生し難くなる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0028】

本発明者らは、前記課題を解決するため実験研究を行った結果、複数のスタンドを用いて圧延する場合において、圧延板の先端をテーパ状に圧延することにより、その一つ下流のスタンドにおける噛み込み不良を抑制できることを見出した。また、同様に、熱間仕上圧延材の先端部をテーパ状に圧延することにより、テンションリールへの巻き取り後の張力ハンチングおよび板厚ハンチングを抑制することができることが分かった。

なお、かかる知見を得る段階で、スタンド間の圧下率が 40 % 以上である場合に、噛み込み不良が発生する可能性が高くなることや、最終的に得られる熱間仕上圧延材の板厚が 5 mm 以上である場合に、巻取体に巻回すると段マークが発生し易いことも分かった。

【0029】

40

また、本発明者らは、本発明を完成させるにあたって、複数のスタンドにおけるロールギャップを単に拡幅しただけでは圧延の際にマスフローのバランスが崩れてしまい、スタンド間の張力が大きく変動して圧延板の先端部をきれいなテーパ状とすることができないばかりか、定常部の板厚についても規格から外れる部分（オフゲージ）が長くなることが分かった。

【0030】

本発明者らはかかる知見を元に前記課題を解決するため鋭意研究した結果、圧延板の先端部の圧延を行っているスタンドのロールギャップを拡幅すると共に、当該スタンドの入側と出側のマスフローのバランスが等しくなるように、その上流のスタンドの圧延速度を制御することで、圧延板の先端部をテーパ状としつつ、かつ、安定した板厚の定常部を備

50

えた熱間仕上圧延材を得ることができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0031】

以下、適宜図面を参照しつつ本発明の熱間仕上圧延方法に係る一実施形態について詳細に説明する。以下の説明において、熱間仕上圧延に用いる熱間仕上圧延機Fの1段目のスタンド、2段目のスタンド、3段目のスタンドおよび4段目のスタンドは、それぞれスタンドF1、スタンドF2、スタンドF3、スタンドF4と称する。

【0032】

(熱間圧延)

はじめに、図6を参照して熱間圧延について説明する。

まず、圧延材料であるスラブ5(大型の直方体の形状につくられた圧延用鋳塊)を、図示しない切断機によって所望の大きさに鋸切断し、さらに、表面の皮膜やその下にある偏析(添加した合金金属の分布が組織内で不均一となっている部分)を取り除くために面削を行う。そして、熱間圧延を行い易いように柔らかくするため、および、スラブ5の内部組織を均一化するために均質化熱処理を行う。この均質化熱処理されたスラブ5を、平行におかれた一対のワークロールWの間に通過させて薄く延ばすために、熱間粗圧延および熱間仕上圧延を行い、熱間仕上圧延によって得られた熱間仕上圧延材15をテンションリール4に巻き取り、そのまま次工程である冷間圧延に供するか、必要に応じて焼き鈍しや安定化処理等を行った後に冷間圧延に供する。

【0033】

(熱間仕上圧延)

ここで、本発明の一実施形態に係る熱間仕上圧延は、いわゆるタンデム方式の熱間仕上圧延であって、複数のスタンドF1、F2、F3、F4を、圧延板1が圧延される方向に連設された構成となっており、前工程となる熱間粗圧延で圧延された熱間粗圧延材から、熱間仕上圧延の最終産物である熱間仕上圧延材15までを連続的に圧延することができる。本発明の一実施形態に係る熱間仕上圧延では、以下のように圧延することで圧延板1の先端部1a、1a'や熱間仕上圧延材15の先端部15a(図1および図2を参照)を先細りのテーパ状に形成することができる。

【0034】

図1は、本発明の一実施形態に係る熱間仕上圧延方法におけるワークロールの動作を説明するための説明図である。なお、図2は、図1の続きを説明する説明図である。

また、以下に説明する一実施形態では、特許請求の範囲にいう「予め設定されたスタンド」として、スタンドF1からスタンドF4の全てのスタンドが拡幅するように設定されている場合について説明するが、説明の都合上、これらのスタンドのうち、スタンドF3とスタンドF4における熱間仕上圧延の動作について説明することとする。なお、スタンドF1およびスタンドF2においても圧延の際の動作は同じであることを付記しておく。

【0035】

図1(a)に示すように、まず、図示しないスタンドF2によって圧延された圧延板1がスタンドF3まで搬送される。そして、スタンドF3のワークロールWが圧延板1の先端部1aを噛み込み、この先端部1aを圧延しつつ、ロールギャップの拡幅を開始する(スタンドF3における第一ステップ)。なお、当該圧延板1は、一つ上流のスタンドであるスタンドF2によって先端部1aが先細りのテーパ状に予め圧延されているので、スタンドF2とスタンドF3の間の圧下率が高い場合であっても、スタンドF3のワークロールWは先端部1aをスムーズに噛み込むことができる。

【0036】

次いで、スタンドF3において、予め設定されたロールギャップまで経時的かつ連続的に拡幅して圧延板1'の先端部1a'をテーパ状に圧延する(スタンドF3における第二ステップ)。このとき、予め設定されているロールギャップまで経時的かつ連続的に拡幅するにあたって、スタンドF3のワークロールWの入側と出側とでマスフローのバランスが等しくなるように、図示しないスタンドF2の圧延速度を増加させるなどの制御を行うので、スタンドF3で形成されるテーパ状の先端部1a'には段差などが生じない。なお、

スタンドF 2の圧延速度を増加させたことによって当該スタンドF 2の入側と出側とでマスフローのバランスが等しくならない場合は、マスフローが等しくなるよう、さらに上流のスタンドであるスタンドF 1（不図示）の圧延速度を増加すればよい。

【0037】

ここで、マスフローを算出するにあたって圧延板の板厚や板幅の測定は、例えば、X - Ray板厚計やX - Ray板幅計によって測定することができる。そして、このX - Ray板厚計やX - Ray板幅計を適宜必要な箇所、例えば、全スタンドの入側と出側に設置することで各スタンドにおける入側と出側の板厚および板幅を把握することができ、また、これらの計測器に接続されているコンピュータ等によって圧下率を算出することができる。また、各スタンドにおける圧延板1の圧延速度は、ワークロールWの回転速度で制御する。ワークロールWの回転速度は、それぞれのワークロールWの単位時間当たりの回転数を測定し、この単位時間当たりの回転数と当該ワークロールWの円周長とを乗算することによって求めることができる。

10

【0038】

ロールギャップを拡幅するには、板厚、形状の制御応答性のよい油圧圧下方式によってワークロールWのロールギャップを拡幅することを好適に示すことができるほか、スクリーで上下のワークロールWのロールギャップを拡幅することも可能である。また、このようなロールギャップの拡幅は自動板厚制御装置（AGC）や自動板形状制御装置（AFC）を用いることによって的確に制御することが可能である。

20

【0039】

そして、図1（b）に示すように、スタンドF 3で予め設定されたロールギャップまで拡幅した後は、そのロールギャップを固定して圧延を続けることで、図1（a）の圧延板1の定常部1b（板厚 T_1 ）よりも薄い定常部1b'（板厚 T_1' ）を有する圧延板1'とすることができる（スタンドF 3における第三ステップ）。このようにして圧延された圧延板1'が、スタンドF 4に向かって搬送される。

【0040】

ここまで説明したように、最終スタンドであるスタンドF 4の一つ上流のスタンドであるスタンドF 3のワークロールWのロールギャップを拡幅し、圧延板1'の先端部1a'をテーパ状とすることで、スタンドF 4における圧延板1'の噛み込み不良を防止することができる。なお、スタンドF 1やスタンドF 2においても、ロールギャップを拡幅して圧延板の先端部をテーパ状とした場合には、その一つ下流のスタンドにおいて噛み込み不良を防止することができることは同様である。

30

【0041】

さらに、図2（a）に示すように、スタンドF 3によって圧延された圧延板1'の先端部1a'がスタンドF 4まで到達すると、スタンドF 4のワークロールWが圧延板1'の先端部1a'を噛み込み、この先端部1a'を圧延しつつ、ロールギャップの拡幅を開始する（スタンドF 4における第一ステップ）。

【0042】

次いで、スタンドF 4において、予め設定されたロールギャップまで経時的かつ連続的に拡幅して熱間仕上圧延材15の先端部15aをテーパ状に圧延する（スタンドF 4における第二ステップ）。このとき、予め設定されているロールギャップまで経時的かつ連続的に拡幅するにあたって、スタンドF 4のワークロールWの入側と出側とでマスフローのバランスが等しくなるようにスタンドF 3の圧延速度を上げるなどの制御を行うので、スタンドF 4で形成されるテーパ状の先端部15aに凹凸などが生じない。なお、スタンドF 3の圧延速度を上げたことによって当該スタンドF 3の入側と出側とでマスフローのバランスが等しくならない場合は、このマスフローバランスが等しくなるよう、さらに上流のスタンドであるスタンドF 2やスタンドF 1（いずれも不図示）の圧延速度を上げればよい。

40

【0043】

そして、図2（b）に示すように、スタンドF 4で予め設定されたロールギャップまで

50

拡幅した後は、そのロールギャップを固定して圧延を続けることで、図 1 (b) に示す圧延板 1' の定常部 1 b' (板厚 T_1') よりも薄い、一定板厚の定常部 1 5 b (板厚 T_{15}) を有する熱間仕上圧延材 1 5 とすることができる (スタンド F 4 における第三ステップ)

【 0 0 4 4 】

次に、このようにして圧延された熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a を、巻取体に固定して当該熱間仕上圧延材 1 5 を巻回することでホットコイル (図 6 参照) とすることができる (第四ステップ) 。なお、巻取体としては巻き取る際のテンションを調節することができるテンションリール 4 を好適に用いることができる。

【 0 0 4 5 】

以上説明したように、熱間仕上圧延機 F の最終スタンドであるスタンド F 4 においてワークロール W のロールギャップを拡幅して熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a をテーパ状に形成することで、巻取体に巻き取った場合の段マークの発生を防止することができる。この場合、特に、熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の板厚 t_{15} を定常部 1 5 b の板厚 T_{15} の半分以上とすれば、定常部 1 5 b の板厚が 5 mm を超えるような場合であっても、段マークが発生し難くなる。

【 0 0 4 6 】

(熱間仕上圧延材の先端部の形状)

次に、図 3 を参照して熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の形状について説明する。なお、図 3 は、熱間仕上圧延材 1 5 の先端部の縦断面形状を説明する断面説明図である。

熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の形状は、図 3 の縦断面に示すように先細りのテーパ状となっている。この場合において、熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の板厚 t_{15} は、定常部 1 5 b の板厚 T_{15} の半分以上となるように形成するのがよい。ここで、テーパを形成する辺の長さ L やテーパ角 θ は、圧延する材料の材質や最終的な熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の板厚 t_{15} に応じて適宜変更して用いることができる。テーパを形成する辺の長さ L は、例えば、先端部 1 5 a の 5 0 0 倍 ~ 5 0 0 0 倍、より好ましくは 8 0 0 倍 ~ 3 0 0 0 倍とするのがよい。5 0 0 倍未満であると、巻取体に巻回したときに段マークの発生防止を十分に図ることができない。一方、5 0 0 0 倍を超えると、板厚が規格から外れた長さ (オフゲージ長さ) が長くなり、歩留まりが悪くなる。また、テーパ角 θ は 0 . 0 1 ° ~ 0 . 1 2 °、より好ましくは 0 . 0 2 ° ~ 0 . 0 7 ° とするのがよい。0 . 0 1 ° 未満であると、板厚が規格から外れた長さ (オフゲージ長さ) が長くなり、歩留まりが悪くなる。一方、0 . 1 2 ° を超えると、巻取体に巻回したときに段マークの発生防止を十分に図ることができない。

【 0 0 4 7 】

以上、熱間仕上圧延材 1 5 の先端部 1 5 a の形状について説明したが、圧延板 1 , 1' の先端部 1 a , 1 a' の形状、すなわちテーパを形成する辺の長さ L やテーパ角 θ についても同様である (図 1 および図 2 参照) 。すなわち、テーパを形成する辺の長さ L は、例えば、圧延板 1 , 1' の先端部 1 a , 1 a' の 5 0 0 倍 ~ 5 0 0 0 倍、より好ましくは 8 0 0 倍 ~ 3 0 0 0 倍とするのがよい。5 0 0 倍未満であると、ワークロールとの接触する面積が小さいためにワークロールのスリップを防止することができない。一方、5 0 0 0 倍を超えると、板厚が規格から外れた長さ (オフゲージ長さ) が長くなり、歩留まりが悪くなる。また、テーパ角 θ は 0 . 0 1 ° ~ 0 . 1 2 °、より好ましくは 0 . 0 2 ° ~ 0 . 0 7 ° とするのがよい。0 . 0 1 ° 未満であると、板厚が規格から外れた長さ (オフゲージ長さ) が長くなり、歩留まりが悪くなる。一方、0 . 1 2 ° を超えると、ワークロールとの接触する面積が小さいためにワークロールのスリップを防止することができない。

【 0 0 4 8 】

(マスフローのバランスの制御)

また、ロールギャップの拡幅を行うとロールギャップが狭い場合と比較して単位時間当たりの圧延量が増えることになる。例えば、スタンド F 4 のロールギャップを拡幅しつつ圧延を行い、スタンド F 3 の圧延速度の制御を行わないとした場合、スタンド F 3 によ

10

20

30

40

50

て圧延される圧延板 1' の圧延量よりスタンド F 4 で圧延される熱間仕上圧延材 15 の圧延量の方が多くなる。その結果、スタンド F 3 とスタンド F 4 との間の圧延板 1' にかかる張力が不安定となり張力ハンチングが生じる。張力ハンチングが生じるとスタンド F 4 での圧延を安定して行うことができなくなるので板厚も不安定となり板厚ハンチングが生じる（図 5 の（b）のグラフを参照）。

【0049】

そこで、前記したようにマスフローのバランスが等しくなるように制御する必要がある。本発明の熱間仕上圧延方法では、ワークロールのロールギャップを拡幅した場合においてマスフローのバランスを等しくし、熱間仕上圧延材や圧延板の定常部の板厚を一定とするには、〔a〕スタンド F 4 のロールギャップの拡幅に伴うスタンド F 3 の圧延速度の修正制御と、〔b〕スタンド F 3 の出側の先進率の変化によるスタンド F 3 の圧延速度の修正制御と、を同時に行う。

10

以下、図 4 を参考にして、前記〔a〕と〔b〕の制御について具体的に説明する。また、後記の説明ではスタンド F 4 を拡幅した場合における、その前段のスタンド（スタンド F 3）の圧延速度の修正制御について説明するが、拡幅するスタンドがスタンド F 3 である場合や、スタンド F 2 である場合も、その前段のスタンドについて同様の制御を行うものである。

【0050】

〔a〕スタンド F 4 のロールギャップの拡幅に伴うスタンド F 3 の圧延速度の修正制御；

既述したように、マスフローは、圧延板の板厚と、圧延板の板幅と、圧延速度とを乗算することで求めることができる。これらのうちでも圧延速度は圧延を行うワークロールの回転速度を調節するだけで容易に調節が可能である。したがって、マスフローのバランスを等しくするための操作は、圧延速度を調節して行うことが好ましいので、以下の説明においては、マスフローのバランスを等しくするために圧延速度を調節しているが、この他の要素を調節してもよい。

20

【0051】

スタンド F 4 でロールギャップの拡幅を行うと、スタンド F 4 の入側の板速度は拡幅前よりも速くなることから、圧延板 1' はスタンド F 4 の方向に引っ張られ、圧延板 1' の体積が不足する。不足した体積分を補うように、スタンド F 3 の圧延速度を以下に説明する式に基づいて制御することで、スタンド F 4 の入側と出側とのマスフローバランスを等しくすることができる。

30

【0052】

かかる制御を行うにあたり、まず、スタンド F 4 の入側と出側の圧延速度 $V_{1'}$ 、 V_{15} および F 4 の压下位置を測定する（S t 1）。次いで、計測された圧延速度 $V_{1'}$ 、 V_{15} および F 4 の压下位置から板厚 $T_{1'}$ 、 T_{15} を計算する（S t 2）。もしくは、F 4 入出側板厚測定装置 X - R a y を用い板厚 $T_{1'}$ 、 T_{15} を測定する。そして、計算もしくは測定した板厚 $T_{1'}$ 、 T_{15} と計測した圧延速度 $V_{1'}$ 、 V_{15} を用いてスタンド F 4 における拡幅時のマスフローから求めたスタンド F 4 の入側の圧延速度の変化量を次式（1）により算出する（S t 3）。次式（1）は、スタンド F 4 を拡幅しつつ圧延を行った場合における、スタンド F 3 で次の制御周期（ $t + \Delta t$ ）で行われる圧延速度（ $V_{i-1}(t + \Delta t)$ ）を求めるための式である。

40

【0053】

【数 1】

$$V_{i-1}(t + \Delta t) = \frac{V_i \times h_i(t + \Delta t)}{h_{i-1}(t + \Delta t)} \quad \dots \text{式 (1)}$$

式（1）において、「 V_i 」は、スタンド F 4 の圧延速度を表し、図 4 中、スタンド F 4 の下流に設けられた測定装置 715 によって測定される。「 h_i 」は、スタンド F 4 の出側の板厚を表し、F 4 压下位置および F 4 入出側圧延速度からマスフロー計算により計

50

算され、あるいは、同図中、スタンドF4の下流に設けられたX-Ray板厚計615によって測定される。また、「 h_{i-1} 」は、スタンドF3の出側板厚を表し、F3圧下位置およびF3入出側圧延速度からマスフロー計算により計算され、あるいは、同図中、スタンドF3の下流に設けられたX-Ray板厚計61'によって測定される。また、「 t 」は、測定時の時間を表し、「 T 」は、制御周期を表す。なお、式(1)ではスタンドF4の圧延速度が変わらないことを前提としており、また、スタンドF3の出側の先進率 f_{i-1} やスタンドF4の出側の先進率 f_i も固定していることを前提としている。

【0054】

なお、このスタンドF3の出側の先進率 f_{i-1} は、次式(2)で表すことができる。

【0055】

【数2】

$$f_{i-1} = \frac{V_{i-1s} - V_{i-1}}{V_{i-1}} \quad \cdots \text{式(2)}$$

式(2)において、「 V_{i-1s} 」は、スタンドF3の出側の板速度 V_{p1}' を表す。また、「 V_{i-1} 」は、スタンドF3の圧延速度 V_1' を表し、図4中、測定装置71'によって測定される(なお、測定装置71'は、張力の測定も行っている)。

このスタンドF3の出側の先進率 f_{i-1} は、実際には圧下率、圧延油、ロール粗度、張力等の影響により常に変動している。スタンドF3の出側の先進率 f_{i-1} が変化すると、スタンドF3とスタンドF4との間の圧延板に発生する張力が変動する(張力ハンチング)ので、圧延荷重もこれにつれて変動する。また、圧延荷重が変動すると板厚も変動することになる(板厚ハンチング)。

【0056】

したがって、スタンドF4を拡幅する場合に板厚ハンチングを生じさせず、安定して熱間仕上圧延材や圧延板を圧延するためには、スタンドF3の先進率 f_{i-1} の変動を解消する必要がある。先進率 f_{i-1} の変動を解消するためには、次式(3)に示す式に基づいてスタンドF3の圧延速度を調節する。

【0057】

【数3】

$$V_{i-1}(t+\Delta t)' = G(\Delta T) \times V_{i-1}(t+\Delta t) \quad \cdots \text{式(3)}$$

ここで、「 $V_{i-1}(t+\Delta t)'$ 」は、時間 $t+\Delta t$ における先進率誤差補正後のスタンドF3の圧延速度を表し、「 ΔT 」は、目標張力と実績張力との差を表し、「 $G(\Delta T)$ 」は、先進率補正ゲイン(張力差の大きさによって変化させた係数)を表す。

このように、先進率誤差補正後のスタンドF3の圧延速度を求めることでスタンドF3に対する圧延速度の修正量を算出し(S4)、かかる修正量に基づいて駆動モータMの出力を上げ、スタンドF3のワークロールWの回転速度を調節する。

【0058】

以上説明したように、式(1)～(3)に基づいた制御を行うことで、〔a〕スタンドF4のロールギャップの拡幅に伴うスタンドF3の圧延速度の修正を行うことができる。

次に、スタンドF3とスタンドF4の間の圧延速度および張力の計測による先進率変化分のフィードバック制御を行うため、スタンドF3の出側の先進率の変化によるスタンドF3の圧延速度の修正制御について説明する。

【0059】

〔b〕スタンドF3の出側の先進率の変化によるスタンドF3の圧延速度の修正制御；

張力ハンチングの防止を図るためには、前記〔a〕の圧延速度の修正制御と併せ、スタンドF3の出側の先進率の変化によるスタンドF3の圧延速度の修正制御を行うことが必要である。スタンドF3とスタンドF4の間の圧延速度および張力の計測による先進率変

10

20

30

40

50

化分のフィードバック制御を行うためである。

【 0 0 6 0 】

まず、予め設定されている目標張力 f_{t0} と、測定装置 71' で測定したスタンド F3 の出側における実績張力 f_{t1} の差（誤差）を算出し（St5）、算出した差を解消（= 0）するために、スタンド F3 の圧延速度を以下のように制御する。

前記で説明した式（2）を用いてスタンド F3 の出側の先進率 f_{i-1} を算出する（St6）。この先進率 f_{i-1} は、前記したように随時変動しているので、前記式（3）により先進率誤差補正後のスタンド F3 の圧延速度（ $V_{i-1}(t + t)'$ ）を算出し（St7）、かかる修正量に基づいて駆動モータ M の出力を上げ、スタンド F3 のワークロール W の回転速度を調節する。

10

【 0 0 6 1 】

以上、説明したように、スタンド F4 のロールギャップの拡幅を行った場合であっても、〔a〕で記載したスタンド F3 の圧延速度の修正制御と、〔b〕で記載したスタンド F3 の圧延速度の修正制御とを同時に行うことで、スタンド F3 とスタンド F4 との間の圧延板 1' の張力ハンチングを早期に抑制し、安定した状態とすることができる。したがって、スタンド F4 での圧延においても早期に熱間仕上圧延材 15 の板厚ハンチングを抑制することができる。

【実施例】

【 0 0 6 2 】

次に、本発明に係る熱間仕上圧延方法を適用して良好な効果を得ることのできた熱間仕上圧延の具体例を示して説明する。

20

（熱間仕上圧延機の条件）

圧延機：4 段のロールのスタンドを 4 台連設して構成される熱間仕上圧延機（図 6 参照）

ワークロールの径：725 mm

ワークロールのバレル長：3900 mm

バックアップロールの径：1590 mm

バックアップロールのバレル長：3900 mm

圧下率：30 ~ 60 %

圧延速度：1.667 m / s

30

テーパ部拡幅時間：5 秒間

圧延板の先端部のテーパ角度：0.0344°

（圧延板の条件）

圧延板の材質：合金番号 JIS 1200 の工業用純アルミニウム

：合金番号 JIS 5052 のアルミニウム合金

熱間仕上圧延前の板厚：35 mm

熱間仕上圧延前の板幅：1300 mm

【 0 0 6 3 】

前記条件の下、熱間仕上圧延を行った。用いた熱間仕上圧延機の 4 段のスタンドの出側全てに X-Ray 板厚計（東芝社製）を設置し、この X-Ray 板厚計により各スタンドにおける定常部の板厚および先端部の板厚を測定した。また、圧延された熱間仕上圧延材 15 をテンションリール 4 に巻き取り、テンションリール電流値で張力を測定した。さらに、巻き取り後のコイル表面の段マークの有無を確認するため、目視観察を行った。同様に、噛み込み不良の発生の有無についても目視観察を行った。表 1 にその結果を示す。

40

【 0 0 6 4 】

【表 1】

		噛み込み不良発生防止 (合金番号 JIS 1200)		段マーク発生防止 (合金番号 JIS 5052)	
		定常部	先端部	定常部	先端部
スタンド F 1	入側板厚 (mm)	35	35	35	35
	出側板厚 (mm)	20	17	25	17
	圧下率 (%)	42.9	51.4	28.6	51.4
	拡幅量 (mm)		3		8
スタンド F 2	入側板厚 (mm)	20	17	25	17
	出側板厚 (mm)	12	10	19	11
	圧下率 (%)	40.0	41.2	24.0	35.3
	拡幅量 (mm)		2		8
スタンド F 3	入側板厚 (mm)	12	10	19	11
	出側板厚 (mm)	6	5.3	16	8
	圧下率 (%)	50.0	47.0	15.8	27.3
	拡幅量 (mm)		0.7		8
スタンド F 4	入側板厚 (mm)	6	5.3	16	8
	出側板厚 (mm)	3	3	15	7
	圧下率 (%)	50.0	43.4	6.3	12.5
	拡幅量 (mm)		0		8
評価結果		噛み込み不良なし		段マークなし	

【0065】

< 噛み込み不良発生防止 >

表 1、図 1、図 2 および図 6 を適宜参照しつつ、前記の熱間仕上圧延の具体例のうち、噛み込み不良発生防止についての説明をする。なお、図 1 および図 2 には説明の便宜上スタンド F 3 およびスタンド F 4 しか示していないが、スタンド F 1 およびスタンド F 2 における動作は同様である。

噛み込み不良発生防止に関する圧延材の材料としては、合金番号 JIS 1200 の工業用純アルミニウムを用いた。スタンド F 1 による圧延前の熱間粗圧延材 2 の板厚は 35 mm (入側板厚) であり、拡幅前のロールギャップは 17 mm となるよう設定してある (圧下率; 51.4%)。スタンド F 1 のワークロール W が熱間粗圧延材 2 を噛み込んでから 1.2 秒後に拡幅を開始した。圧延速度 0.3 m/s で 3 秒間、ロールギャップを一定速度 (拡幅速度 1 mm/s) で拡幅することでスタンド F 1 におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンド F 1 の出側板厚が 20 mm となったところで拡幅を停止し (拡幅量; 3 mm)、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンド F 1 における定常部を圧延した (スタンド F 1 入側板厚; 35 mm スタンド F 1 出側板厚; 20 mm、圧下率; 42.9%)。

【0066】

スタンド F 2 の拡幅前のロールギャップは 10 mm に設定されている。スタンド F 2 のワークロール W が、スタンド F 1 で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部 (板厚; 17 mm) を噛み込んでから 1.2 秒後に拡幅を開始した (圧下率; 41.2%)。圧延速度 0.5 m/s で 2 秒間、ロールギャップを一定速度 (拡幅速度 1 mm/s) で拡幅することでスタンド F 2 におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンド F 2 の出側板厚が 12 mm となったところで拡幅を停止し (拡幅量; 2 mm)、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンド F 2 における定常部を圧延した (スタンド F 2 入側板厚; 20 mm スタンド F 2 出側板厚; 12 mm、圧下率; 40.0%)。

【0067】

スタンド F 3 の拡幅前のロールギャップは 5.3 mm に設定されている。スタンド F 3

のワークロールWが、スタンドF 2で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部（板厚；10 mm）を噛み込んでから1.2秒後に拡幅を開始した（圧下率；47.0%）。圧延速度0.95 m/sで0.7秒間、ロールギャップを一定速度（拡幅速度1 mm/s）で拡幅することでスタンドF 3におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンドF 3の出側板厚が6 mmとなったところで拡幅を停止し（拡幅量；0.7 mm）、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンドF 3における定常部を圧延した（スタンドF 3入側板厚；12 mm スタンドF 3出側板厚；6 mm、圧下率；50.0%）。

【0068】

スタンドF 4では熱間仕上圧延材15のテーパ状の先端部15aを形成するための拡幅を行わないで圧延を行った。すなわち、スタンドF 3で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部1'（板厚；3 mm）をスタンドF 4のワークロールWで噛み込み、そのままのロールギャップで板厚3 mmの熱間仕上圧延材15を圧延した（スタンドF 4入側板厚；6 mm スタンドF 4出側板厚；3 mm、圧下率；50.0%）。

【0069】

このようにして、熱間仕上圧延材15を圧延したところ、圧延材の先端部をテーパ状としていたために、スタンドF 2からスタンドF 4いずれのスタンドにおいても噛み込み不良は発生しなかった。

【0070】

<段マーク発生防止>

次に、図1、図2および同図6を適宜参照しつつ、前記の熱間仕上圧延の具体例のうち、段マーク発生防止についての説明をする。ここでも説明の便宜上、スタンドF 3およびスタンドF 4しか示されていないが、スタンドF 1およびスタンドF 2においてもその動作が同様であることは前記したとおりである。

段マーク発生防止に関する圧延材の材料としては、合金番号JIS 5052のアルミニウム合金を用いた。スタンドF 1による圧延前の熱間粗圧延材2の板厚は35 mm（入側板厚）であり、拡幅前のロールギャップは17 mmとなるよう設定してある（圧下率；51.4%）。スタンドF 1のワークロールWが熱間粗圧延材2を噛み込んだ後、1.2秒経過してから拡幅を開始した。圧延速度0.7 m/sで8秒間、ロールギャップを一定速度（拡幅速度1 mm/s）で拡幅することでスタンドF 1におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンドF 1の出側板厚が25 mmとなったところで拡幅を停止し（拡幅量；8 mm）、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンドF 1における定常部を圧延した（スタンドF 1入側板厚；35 mm F 1出側板厚；25 mm、圧下率；28.6%）。

【0071】

スタンドF 2の圧延開始当初のロールギャップは11 mmに設定されている。スタンドF 1で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部（板厚；17 mm）をスタンドF 2のワークロールWが噛み込んだ後、1.2秒経過してから拡幅を開始した（圧下率；35.3%）。圧延速度1.05 m/sで8秒間、ロールギャップを一定速度（拡幅速度1 mm/s）で拡幅することでスタンドF 2におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンドF 2の出側板厚が19 mmとなったところで拡幅を停止し（拡幅量；8 mm）、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンドF 2における定常部を圧延した（スタンドF 2入側板厚；25 mm スタンドF 2出側板厚；19 mm、圧下率；24.0%）。

【0072】

スタンドF 3の圧延開始当初のロールギャップは8 mmに設定されている。スタンドF 2で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部1（板厚；11 mm）をスタンドF 3のワークロールWが噛み込んだ後、1.2秒経過してから拡幅を開始した（圧下率；27.3%）。圧延速度1.46 m/sで8秒間、ロールギャップを一定速度（拡幅速度1 mm/s）で拡幅することでスタンドF 2におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンドF 3の出側板厚が16 mmとなったところで拡幅を停止し（拡幅量；8 mm）、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンドF 3における定常部を圧延した（スタンドF 3入

側板厚；19mm スタンドF3出側板厚；16mm、圧下率；24.0%）。

【0073】

スタンドF4の圧延開始当初のロールギャップは7mmに設定されている。スタンドF3で先細り状に圧延されたテーパ状の先端部（板厚；8mm）をスタンドF4のワークロールWが噛み込んだ後、1.2秒経過してから拡幅を開始した（圧下率；12.5%）。圧延速度1.667m/sで8秒間、ロールギャップを一定速度（拡幅速度1mm/s）で拡幅することでスタンドF2におけるテーパ状の先端部を圧延した。スタンドF4の出側板厚が15mmとなったところで拡幅を停止し（拡幅量；8mm）、以後、このロールギャップで圧延を行うことでスタンドF4における定常部を圧延した（スタンドF4入側板厚；16mm スタンドF4出側板厚；15mm、圧下率；6.3%）。

10

【0074】

このようにして、熱間仕上圧延材15の定常部15aの板厚 T_{15} が15mm、テーパ状の先端部の板厚 t_{15} が7mmである本発明の必要条件を満足する熱間仕上圧延材15を圧延してテンションリール4に巻き取り、ホットコイルを得た。このホットコイルの周面を目視観察したところ、段マークを見つけることはできなかった。また、段マークが発生しなかったことから、スリ疵も発生しなかった。

【0075】

< 圧延速度の制御結果 >

また、図5は前記した< 噛み込み不良発生防止 >における圧延速度の制御結果として、スタンドF4の出側における熱間仕上圧延板の板厚偏差を表すグラフであって、(a)は、速度制御を実施していない場合のスタンドF3 - スタンドF4間の張力を測定した結果を示すグラフであり、(b)は、速度制御を実施していない場合の板厚偏差を示すグラフである。また、(c)は、速度制御を実施した場合のスタンドF3 - スタンドF4間の張力を測定した結果を示すグラフであり、(d)は、速度制御を実施した場合の板厚偏差を示すグラフである。圧延速度の制御は、スタンドF4のロールギャップの拡幅と共に、マスフロー計算（圧延板の板厚と板幅と圧延速度とを乗算する）に基づいて、スタンドF1からスタンドF3の圧延速度を増加させている。なお、図5(a)および(c)のスタンドF3 - スタンドF4間の張力は、テンションリール電流計を用いて測定した。

20

【0076】

その結果、図5(a)～(d)に示すように、圧延速度の制御を実施した場合（図5(c)および(d)参照）は、圧延速度の制御を実施しなかった場合（図5(a)および(b)参照）に比べて、スタンドF3 - スタンドF4間における張力や、板厚偏差が良くなるまでの時間が著しく短くなった。すなわち、従来は板厚ハンチングが収まるまで20～30秒を要していたものが、本発明の熱間仕上圧延方法を適用すると、板厚ハンチングが収まるまでの時間が10～15秒程度で済むようになり、板厚ハンチングを効果的に抑制することが分かった。これは、廃棄しなければならない部分を減らすことができることを意味する。

30

【0077】

なお、最終スタンドにおける圧延で熱間仕上圧延材の先端部をテーパ状としたことで段マークの発生を防止できたことは前記した通りである。したがって、熱間仕上圧延材の先端部をテーパ状とすると同時に、圧延速度の制御を適切に行うことで、従来と比較して更に歩留まりを向上させることができる。

40

【0078】

なお、本発明の内容は発明を実施するための最良の形態で説明した内容に限定されることはなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更改変して用いることができる。

例えば、前記の一実施形態においては拡幅する熱間仕上圧延機を構成する全てのスタンドにおいて圧延材の先端部をテーパ状に圧延することを前提に説明したが、拡幅するスタンドを任意に設定することも可能である。したがって、最後のスタンドにおいてのみ、或いは、途中のスタンドにおいてのみ、また或いは、最初のスタンドにおいてのみロールギャップを拡幅して熱間仕上圧延を行うことも可能であり、最初のスタンドと最後のスタン

50

ドにおいてロールギャップを拡幅して熱間仕上圧延を行うことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】(a)および(b)は、本発明の一実施形態に係る熱間仕上圧延方法におけるワークロールの動作を説明するための説明図である。

【図2】(a)および(b)は、図1の続きを説明する説明図である。

【図3】熱間仕上圧延材の先端部の縦断面図である。

【図4】一実施形態における圧延速度の制御における計算フローを示す図である。

【図5】圧延速度の制御結果として、スタンドF4の出側における熱間仕上圧延板の板厚偏差を表すグラフであって、(a)は、速度制御を実施していない場合のスタンドF3 - 10
スタンドF4間の張力を測定した結果を示すグラフであり、(b)は、速度制御を実施していない場合の板厚偏差を示すグラフであり、(c)は、速度制御を実施した場合のスタンドF3 - スタンドF4間の張力を測定した結果を示すグラフであり、(d)は、速度制御を実施した場合の板厚偏差を示すグラフである。

【図6】熱間圧延の概略説明図である。

【図7】従来発生していた不具合を示す図であって、(a)は噛み込み不良が発生している様子を説明する図であり、(b)は、段マークが発生している様子を説明する図である。

【図8】従来技術によって面取りが施された先端部を有する圧延板を示す斜視図である。

【符号の説明】

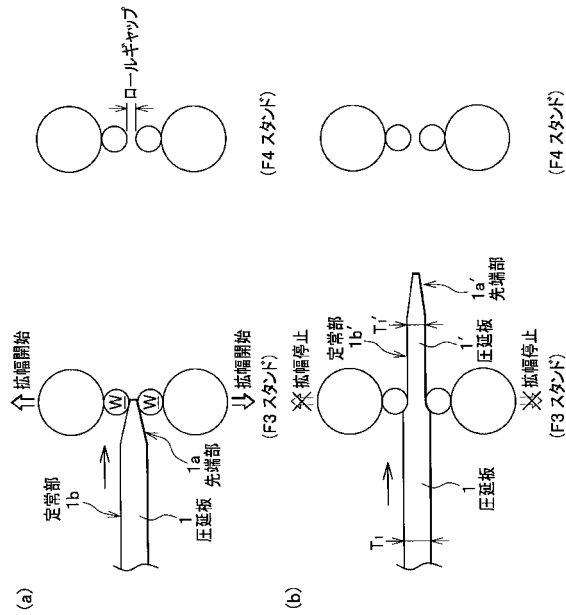
【0080】

- 1, 1' 圧延板
- 1a, 1a' 先端部(圧延板)
- 1b, 1b' 定常部(圧延板)
- 15 熱間仕上圧延材
- 15a 先端部(熱間仕上圧延材)
- 15b 定常部(熱間仕上圧延材)
- F1, F2, F3, F4 スタンド
- W ワークロール

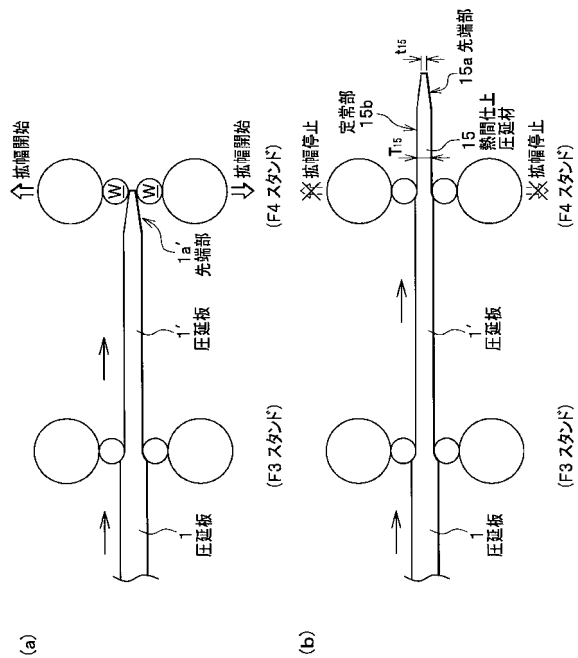
10

20

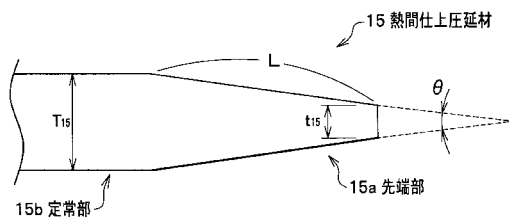
【図 1】



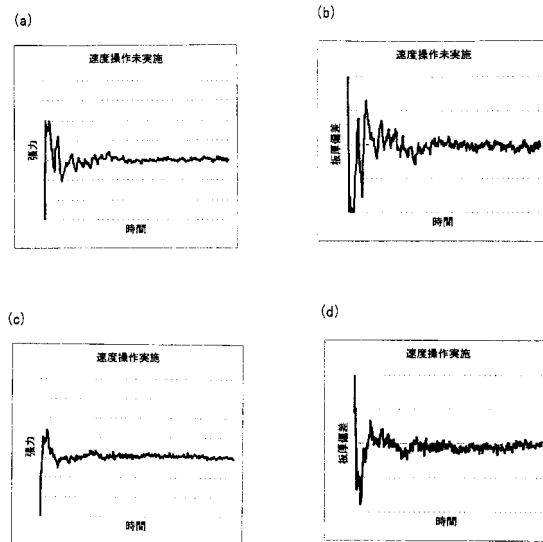
【図 2】



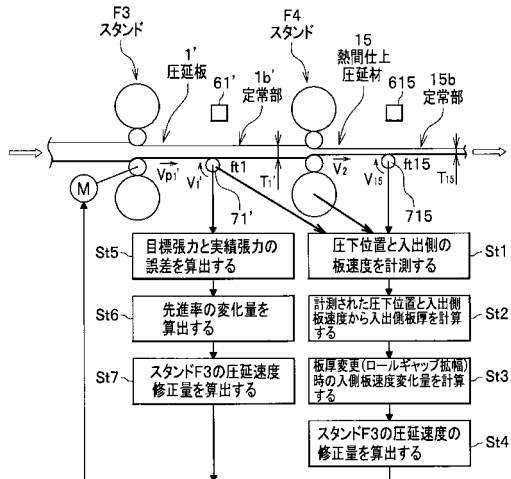
【図 3】



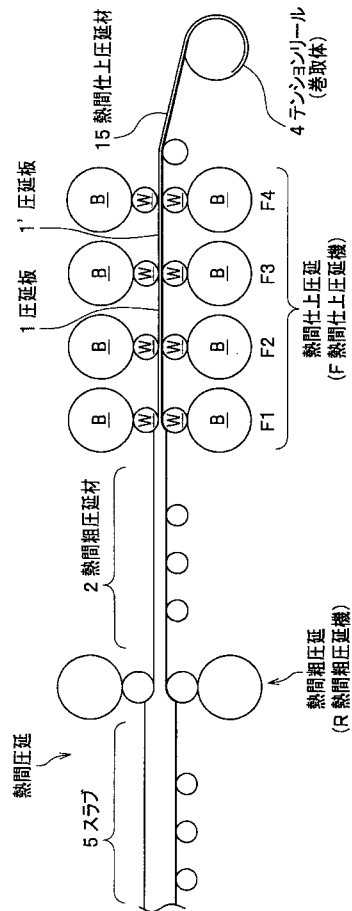
【図 5】



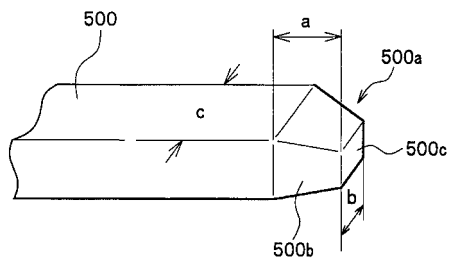
【図 4】



【図 6】

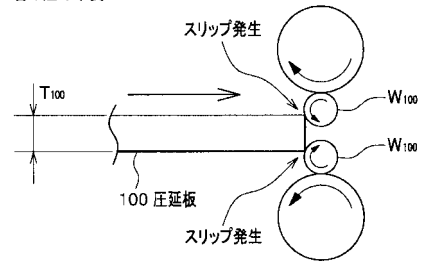


【図 8】

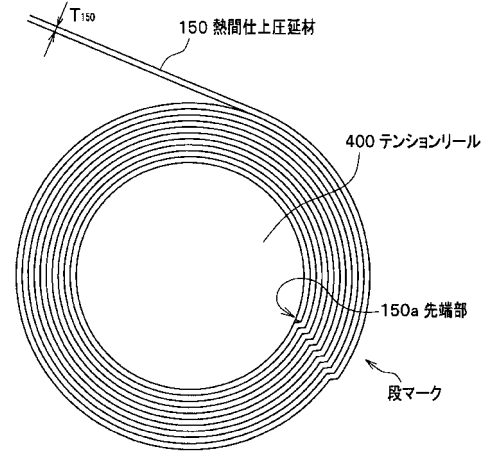


【図 7】

(a) "噛み込み不良"



(b) "段マーク"



フロントページの続き

(72)発明者 西岡 靖展

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘 1 5 番地
内

株式会社神戸製鋼所 真岡製造所

審査官 日比野 隆治

(56)参考文献 特開昭 5 8 - 1 2 2 1 1 1 (J P , A)

特開昭 5 1 - 0 0 4 0 5 5 (J P , A)

特開昭 5 4 - 1 2 5 1 5 9 (J P , A)

特公昭 4 8 - 0 1 4 5 3 7 (J P , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 1 B 1 / 2 6

B 2 1 B 3 / 0 0

B 2 1 B 3 7 / 1 8

B 2 1 B 3 7 / 7 2