

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4135320号
(P4135320)

(45) 発行日 平成20年8月20日 (2008. 8. 20)

(24) 登録日 平成20年6月13日 (2008. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F 1

B 2 1 B 45/02 (2006. 01)

B 2 1 B 45/02 3 3 0

B 2 1 B 27/10 (2006. 01)

B 2 1 B 27/10 D

F 1 6 C 32/06 (2006. 01)

F 1 6 C 32/06 A

請求項の数 20 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-609203 (P2000-609203)
 (86) (22) 出願日 平成11年3月31日 (1999. 3. 31)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP1999/001677
 (87) 国際公開番号 W02000/059652
 (87) 国際公開日 平成12年10月12日 (2000. 10. 12)
 審査請求日 平成16年12月15日 (2004. 12. 15)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 高倉 芳生
 日本国茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立工場内
 (72) 発明者 梶原 利幸
 日本国茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立工場内
 (72) 発明者 安田 健一
 日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
 株式会社 日立製作所 電力・電機開発本部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ストリップワイパ装置、ストリップのワイピング方法、圧延設備及び圧延方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置において、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを設け、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 2】

ストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置において、第一のストリップワイパと第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、該第二のストリップワイパは、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 3】

ストリップ表面の液体を除去する冷間用のストリップワイパ装置において、粗切り用の第一のストリップワイパと仕上用の第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、

前記第二のストリップワイパは、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を空気圧で支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の空気圧を該ワイパロールの胴長部に与える流体流路を該ワイパロールのロール円周方向で少なくとも2つ設け、2つの該流体流路からの2方向の空気圧で該ワイパロールの胴長部を支持することを特徴とするストリップワイパ

10

20

装置。

【請求項 4】

請求項 1～請求項 3 の何れかに記載のストリップワイパ装置において、前記流体軸受のストリップ幅方向での荷重負荷幅を調整可能とする調整手段を設けたことを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 5】

請求項 1～請求項 4 の何れかに記載のストリップワイパ装置において、前記第二のストリップワイパのワイパロールの直径を 20～60mm の範囲とすることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 6】

請求項 1～請求項 5 の何れかに記載のストリップワイパ装置において、前記流体軸受のエア供給圧力を 5 kgf/cm² 以上とすることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 7】

請求項 1～請求項 6 の何れかに記載のストリップワイパ装置において、前記流体軸受の流体流路に洗浄用の油を供給する供給装置を設けることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 8】

請求項 1～請求項 7 の何れかに記載のストリップワイパ装置において、前記流体軸受で支持される該ワイパロールはストリップの上側及び下側に夫々配置されることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 9】

ストリップ表面の液体を除去するためのストリップワイパ装置において、第一のストリップワイパと第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、該第一のストリップワイパ及び該第二のストリップワイパの各々は、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも 2 つ設けることを特徴とするストリップワイパ装置。

【請求項 10】

ストリップ表面の液体を除去するストリップのワイピング方法において、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも 2 つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去することを特徴とするストリップのワイピング方法。

【請求項 11】

ストリップ表面の液体を除去するストリップのワイピング方法において、粗切り用ワイパロールによってストリップ表面の液体を除去し、その後流側で、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも 2 つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去することを特徴とするストリップのワイピング方法。

【請求項 12】

請求項 10 又は請求項 11 に記載のストリップのワイピング方法において、前記流体軸受のストリップ幅方向での荷重負荷幅を圧延条件に応じて調整することを特徴とするストリップのワイピング方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載のストリップのワイピング方法において、前記流体軸受のストリップ幅方向での荷重負荷幅をストリップ幅に応じて調整することを特徴とするストリップのワイピング方法。

【請求項 14】

圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置とを備えた圧延設備において、

10

20

30

40

50

前記ストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを設け、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とする圧延設備。

【請求項15】

請求項14に記載の圧延設備において、前記圧延機を、ロール間に潤滑剤を供給する潤滑剤供給装置を備えた6段圧延機又は20段センジミア圧延機を含む潤滑剤供給装置を備えた多段クラスタ圧延機とすることを特徴とする圧延設備。

【請求項16】

圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するためのストリップワイパ装置とを備えた圧延設備の圧延方法において、

10

胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去しながら圧延することを特徴とする圧延方法。

【請求項17】

圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置とを備えた圧延設備の圧延方法において、

粗切り用ワイパロールによってストリップ表面の液体の大部分を除去し、その後流側で、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を2方向からの空気圧で支持し、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の前記粗切り用ワイパロールで除去しきれなかった残りの液体を除去しながら圧延することを特徴とする圧延方法。

20

【請求項18】

ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の噴出口をロール円周方向で少なくとも2つ設けたストリップワイパ装置。

【請求項19】

ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の流体噴出口を、該ワイパロール軸心より入側及び出側に夫々少なくとも1つ設けたストリップワイパ装置。

30

【請求項20】

ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の噴出口をロール円周方向で少なくとも2つ設け、その噴出方向が該ワイパロール軸心に向かう方向になるように前記噴出口を配置したストリップワイパ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ストリップワイパ、ストリップのワイピング方法、圧延設備及び圧延方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

圧延作業においては、圧延材（ストリップ）と圧延作業ロール間の摩擦力の低減、及び作業ロールの冷却の為に圧延機入側で圧延潤滑油が供給されている。特に、冷間圧延作業において、極小径作業ロールを有する20段センジミアミルや小径作業ロールを有する6段圧延機では、作業ロールの冷却能力をあげる為、更に、圧延機出側でも潤滑油を供給している。

【0003】

更には、シャドウマスク材等を圧延する圧延機では、圧延工程の最終パスで、圧延材表

50

面を粗くする為、ダルロールを用いたダル圧延が行われる。このようなダル圧延では、圧延材表面にダル粉（ダルロール表面からの脱落粉）が付着するので、圧延機出側で圧延潤滑油を供給して、このダル粉を洗い流して除去している。

【 0 0 0 4 】

この様に、圧延機では、潤滑油を供給するために、圧延後のストリップ表面に潤滑油が多量に付着してしまう。圧延機入側や特に出側で供給された圧延潤滑油がストリップ表面に多量に付着した状態で、コイル状に巻かれると、コイル層間に付着した圧延潤滑油によりコイルが相互に横方向にずれ、いわゆるテレスコ状態を発生する。このテレスコが発生すると板の蛇行、形状不良等が発生し安定した圧延操業は続けられない。

【 0 0 0 5 】

又、圧延機出側でストリップに張力を付加するプライドルロールがある場合は、プライドルロールとストリップ間の摩擦係数がこの圧延潤滑油により激減し、所定の圧延張力が得られず、前記と同様に安定した操業は不可能である。

【 0 0 0 6 】

このストリップ表面に付着する圧延潤滑油を除去する装置がストリップワイパ（水切り装置）であり、チューブ式ワイパ、ローラワイパ、エアージェットによるワイパ等がある。

【 0 0 0 7 】

通常、チューブワイパは強力なワイピング能力（水切り能力）があるが、ゴミ等の異物が侵入しチューブの寿命が短くなる。特に、高速ではこれが著しい。

【 0 0 0 8 】

又、ダル圧延の場合、ダル粉がチューブ間に詰まり圧延材の表面品質を損ねる等の課題があった。

【 0 0 0 9 】

これに替わるものとして、特公平 2 - 6 0 4 0 3 号に開示されているローラワイパがある。これは千鳥に配置した分割バックアップローラを個別にバネで押圧し、ストリップへの押付力を板幅方向に均一にし、ワイピング能力を向上させようとするものである。しかしながら、この方式では押圧力が強い場合に、板幅外のバックアップローラの支持力によりワイパロールが曲げられ板幅端部が過圧下され、端伸び形状不良が発生してしまうという課題があった。この為、押付力が制限され、水切り能力は低いものであった。又、高速運転時には、ワイパロールは非駆動回転である為、ロール表面の圧延潤滑油がロールとストリップ間に油膜を作り、所謂、ハイドロプレーン現象が発生し、ワイパロールが回転不可能となる。その結果水切り不良、あるいはロールの回転停止により、ストリップ表面傷付が生ずるという課題もあった。又、このローラワイパはバックアップローラの数が多いこと、及びその軸受シール抵抗が比較的大きく、上記の回転不良が発生し易かった。

【 0 0 1 0 】

これらの課題を克服するものとして、日本国特許第 2 5 2 3 7 2 5 号に開示されているエアー軸受によりワイパロールを全面支持するローラワイパが提案された。これはエアー軸受による均一な全面支持により、小径ロールの使用が可能となり、優れたワイピングを可能とせんとするものである。又、エアー軸受式ローラワイパはローラが高圧のエアーで浮上保持されている為、回転抵抗が非常に小さく、7 0 0 m / min を超える高速でも回転が停止することはなく、高速圧延に好適なものである。

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】特許第 2 5 2 3 7 2 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、エアー軸受は本来、エアー供給元圧力は通常 5 kgf / cm² 以下であり、1 0 0 kgf / cm² の高い圧力が使える油圧式の静圧軸受と比較して負荷能力が低い為、水切り能力が低いとして実用化されてはいなかった。特に、1 ポケット式のエアー軸受は水平方

10

20

30

40

50

向の剛性が低く、少しの水平力によってローラと軸受が接触し、正常な運転が出来なくなるといった課題があった。特に、高速回転では、ローラの回転速度が軸受内のエアーの流れに影響を与え、軸受内のエアー流れが非対称となり、水平剛性が更に弱まり、ローラと軸受が接触してしまうという課題も残った。

【0013】

以上のように、このエアー軸受の負荷能力を高め、更に、板幅端部の過圧下を防止し、ローラワイパの能力を最大限に発揮させ、これにより従来のチューブワイパよりワイピング能力に優れ、且つ高速性のあるローラワイパを提供することが望ましい。

【0014】

本発明の目的は、ストリップ表面の液体を除去するワイピング能力が優れたストリップワイパ装置、ストリップのワイピング方法、圧延設備及び圧延方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置において、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを設け、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とする。

【0016】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置において、第一のストリップワイパと第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、該第二のストリップワイパは、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とする。

【0017】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去する冷間用のストリップワイパ装置において、粗切り用の第一のストリップワイパと仕上用の第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、前記第二のストリップワイパは、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を空気圧で支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の空気圧を該ワイパロールの胴長部に与える流体流路を該ワイパロールのロール円周方向で少なくとも2つ設け、2つの該流体流路からの2方向の空気圧で該ワイパロールの胴長部を支持することを特徴とする。

【0018】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するためのストリップワイパ装置において、第一のストリップワイパと第二のストリップワイパとをストリップ進行方向で上流側から順次配置し、該第一のストリップワイパ及び該第二のストリップワイパの各々は、ワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とする。

【0019】

或いは、本発明のストリップのワイピング方法は、ストリップ表面の液体を除去するストリップのワイピング方法において、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去することを特徴とする。

【0020】

或いは、本発明のストリップのワイピング方法は、ストリップ表面の液体を除去するストリップのワイピング方法において、粗切り用ワイパロールによってストリップ表面の液体を除去し、その後流側で、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路

10

20

30

40

50

に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

或いは、本発明の圧延設備は、圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置とを備えた圧延設備において、前記ストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを設け、該流体軸受の流体流路をロール円周方向で少なくとも2つ設けることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

或いは、本発明の圧延方法は、圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するためのストリップワイパ装置とを備えた圧延設備の圧延方法において、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を流体で軸受けし、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の液体を除去しながら圧延することを特徴とする。

10

【 0 0 2 3 】

或いは、本発明の圧延方法は、圧延機と、該圧延機の出側でストリップ表面の液体を除去するストリップワイパ装置とを備えた圧延設備の圧延方法において、粗切り用ワイパロールによってストリップ表面の液体の大部分を除去し、その後流側で、胴長部を流体軸受で支持されたワイパロールをストリップの上下にそれぞれ配置し、ロール円周方向で少なくとも2つ設けられた流体軸受の流体流路に流体を供給して、ワイパロールの胴長部を2方向からの空気圧で支持し、前記ワイパロールを該ストリップに押し付けてストリップ表面の前記粗切り用ワイパロールで除去しきれなかった残りの液体を除去しながら圧延することを特徴とする。

20

【 0 0 2 4 】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の噴出口をロール円周方向で少なくとも2つ設けたものである。

【 0 0 2 5 】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の流体噴出口を、該ワイパロール軸心より入側及び出側に夫々少なくとも1つ設けたものである。

30

【 0 0 2 6 】

或いは、本発明のストリップワイパ装置は、ストリップ表面の液体を除去するワイパロールと、該ワイパロールの胴長部を支持する流体軸受とを備え、該ワイパロールに対して噴出する該流体軸受の噴出口をロール円周方向で少なくとも2つ設け、その噴出方向が該ワイパロール軸心に向かう方向になるように前記噴出口を配置したものである。

【発明の効果】

【 0 0 2 7 】

本発明によると、ストリップ表面の液体を除去するワイピング能力が優れたストリップワイパ装置、ストリップのワイピング方法、圧延設備及び圧延方法を提供することができるという効果を奏する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 8 】

以下に、本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 2 9 】

圧延潤滑油を圧延材（ストリップ）表面から除去する水切り能力を最大限にアップするには、その水切り能力を決定するパラメータを最適に選定する必要がある。

【 0 0 3 0 】

50

図 6 に、ローラを用いてストリップ 1 の表面の圧延潤滑油 10 を除去する際の部分拡大断面図を示す。図 6 に示すローラワイパで水切り後の残留油膜厚みは式 (1) で表される。

【 0 0 3 1 】

$$h_2 = K \cdot (R \cdot v \cdot V) / P \quad \dots (1)$$

ここで、残留油膜厚み： h_2 (μm) , 比例定数： K ($= 6.1 \times 10^{-6}$) , ワイパロール半径： R (mm) , 潤滑油粘度： v (Cst) , 速度： V (m/min) , ワイパロール押付力： P (kgf/mm) である。

【 0 0 3 2 】

この (1) 式からわかるように、水切り能力をアップするには、半径 R の小さいロールを使用して、押付力 P を大きくすればよいことになる。又、潤滑油粘度 v を低くすることが有効であることがわかる。

【 0 0 3 3 】

一方、本発明の実施の形態では、図 4 に示すようなエア軸受でこの押付力を保持する。この押付力 P は、次の式 (2) で表される。

【 0 0 3 4 】

$$P = C \cdot R \cdot p_s \quad \dots (2)$$

ここで、図 4 (1) の 1 ポケット式の場合、比例定数 $C = 0.25$, 図 4 (2) の 2 ポケット式の場合、比例定数 $C = 0.38$ である。また、供給エア圧力： p_s (kgf/mm^2) である。

【 0 0 3 5 】

2 ポケット式は、1 ポケット式に比較して、負荷容量が 1.5 ($= 0.38 / 0.25$) 倍大きい。又、2 ポケット式は水平方向 (圧延方向) の剛性が垂直方向とほぼ同等に高く、水平力を受けるワイパロールと静圧軸受の接触が生じにくく好都合である。つまり、流体軸受の流体流路や流体噴出部を 2 つ設ける 2 ポケット式流体軸受にすることにより、圧延材進行方向の剛性が優れているので、安定して支持することが出来、優れたワイピング性能を得ることが出来る。また、押付力を大きくすることが出来、水切り能力を向上することが出来、精度良く水切りすることが出来る。

【 0 0 3 6 】

なお、図 4 に示すように、本実施例ではエア供給穴 23a のエア噴出付近に、空気室 23b を設けている。空気室 23b を設けることにより、より安定したロール支持が可能となる。また、空気室 23b を図 4 のようにロール円周方向に延在するように設けることにより、ロール半径方向でのロール支持を更に安定にすることが出来る。

【 0 0 3 7 】

また、2 ポケットの中央に、更に 1 ポケットを追加した 3 ポケット方式や 4 以上のポケットを有する方式では、垂直負荷容量、水平剛性、共に 2 ポケットと余り差が無いものと思われる。但し、3 ポケット以上の方式では、使用するエアの消費量が多くなってしまう。つまり、垂直負荷容量と水平剛性に加えて、エアの消費量を考慮すると、2 ポケットが好ましい。ここで、2 ポケット式とは、その 1 つのロールに対して支持する流体流路がロール円周方向で 2 つ有するものであり、ロール軸心を境にそれぞれ入側及び出側に設けることが望ましい。また、その流体の噴出口 (供給穴) は、ロール円周方向で 2 つ有するものが望ましく、ロール円周方向で 2 つの噴出口をロール軸心を境にそれぞれ入側及び出側に設けることが望ましい。また、その流体の噴出方向は (ロールに対する供給方向) は、ロール軸中心に向かう方向とすることが望ましく、ロール支持の安定化が図れる。なお、ロール軸を含む垂直面より上流側及び下流側に少なくとも 1 つ毎の噴出口を設けることが望ましい。

【 0 0 3 8 】

そして、(1) 式及び (2) 式より、残留油膜厚み h_2 は、次の (3) 式で表される。

【 0 0 3 9 】

$$h_2 = K \cdot (v \cdot V) / (C \cdot p_s) \quad \dots (3)$$

この(3)式より、水切り能力をアップするには、供給エア圧力 p_s を上げることが有効であることがわかる。また、エア軸受の形式を2ポケット式として比例定数 C を大きくすることが有効であることがわかる。又、ワイパロール半径 R は残留油膜厚み h_2 には無関係となるが、板クラウンへの追従性はロール半径 R が小さい方がよいので、ロール半径 R は小さい方が望ましい。

【0040】

ここで、実操業に必要なエア圧力を概算してみる。現在、シャドウマスク材圧延で要求されている水切り能力は、次の通りである。速度 $V = 500 \text{ m/min}$ 、潤滑油粘度 $\nu = 5 \text{ Cst}$ （速度 $V = 250 \text{ m/min}$ 、潤滑油粘度 $\nu = 10 \text{ Cst}$ と同等）の場合、要求される残留油膜厚み $h_2 = 0.7 \mu\text{m}$ （ 630 mg/m^2 相当）である。そして、(3)式より、必要な

10

【0041】

これより、エア圧力は 6 kgf/cm^2 近く、最低でも 5 kgf/cm^2 以上が望ましいことになる（ $5 / 5.73 = 0.87$ であり、上記の操業値の87%の水切り能力ではあるが、通常この程度の差は許容される。）。

【0042】

次に、このロール半径の適正な値につき説明する。このロール径を決定する要因の1つとして、板クラウンへの追従性が考えられる。本実施例では、この板クラウンへの追従性に着目した。図10に示すように、圧延材1には板幅方向に2次式の板厚変化が生じる。静圧軸受（2ポケット）9と仕上げワイパロール8との間では、エアバネ12が作用し、静圧軸受（2ポケット）9が仕上げワイパロール8を支持しているが、仕上げワイパロール8が撓んでしまい、圧延材1の端部の板厚が減少してしまう。即ち、ボディクラウンと板幅端部で急激に板厚が減少するエッジドロップが生じる。

20

【0043】

このように生じるエッジドロップ現象に対しての対応は困難であるが、緩やかな板厚変動であるボディクラウンにはロールワイパは対応出来ることが望ましい。

【0044】

エア軸受では、ローラはエア圧力により浮上しており、ローラ押付力が増え、この浮上量が減少する。即ち、荷重に対応して浮上量（撓み）が変わるというバネ特性を持っている。このエア圧力のバネ効果は、ワイパでは大変重要である。

30

【0045】

油膜軸受の如く、このバネ定数が大きいとローラは撓むことが出来ず、従って、板クラウンへの追従が出来なくなる。逆に、バネ定数が弱すぎると、負荷容量が小さくなり過ぎ、板クラウンに追従する以前に、ローラと軸受が接触してしまうことになる。エア軸受での望ましい浮上量は、ローラ直径の約 $1 / 1000$ であり、例えば、ローラ径が 30 mm では、望ましい浮上量は $30 \mu\text{m}$ である。

【0046】

この浮上量の範囲内で、板クラウンに追従する程度のバネ定数が望ましい。計算、及び実験により、エア軸受のバネ特性は望ましい範囲にあることを確認した。

40

【0047】

図10に、板クラウンを有する圧延材の水切り状態の説明図を示す。前述したエア軸受式ローラワイパの板クラウンへの追従性について以下に説明する。

【0048】

図10に示すように、板厚の小さい板幅端部で、仕上げワイパロール8は背後のエア軸受である静圧軸受9のエアーバネ12により曲線8aのように撓む。そして、撓んだ仕上げワイパロール8が圧延材1の端部と接触する。但し、この部分の押付力は中央部よりは低くなる。従って、その荷重の減少分だけ残留油膜厚み h_2 が増えることになる。

【0049】

50

次に、図 1 1 にエア軸受式ローライパにおける板のボディクラウンへの追従性の関係図を示す。ここで、ボディクラウンと同じ 2 次曲線でローラが撓むものとして計算し、ロール径 (mm) とロール撓み (μm) との関係を示している。この計算では板幅を 1000 mm とし、板幅端部での残留油膜厚みが中央部より 20 % 多くなることを許容するとして計算している。即ち、押付力が 20 % 減るとして、いくらの板クラウンに対応が可能かを計算したものである。計算値は 1 本のロールの撓みであるので、対応する板クラウンは、図 1 1 の値の 2 倍になる。

【 0 0 5 0 】

図 1 1 によると、ロール径が 50 mm 程度までは、ロール撓みは $15.85 \mu\text{m} \sim 14.85 \mu\text{m}$ であり、緩やかに減少はしているがほぼ同様である。そして、ロール径が 50 mm を超えると急激にロール撓みが減少し、ロール径が 150 mm 程度であると撓み量は $0.58 \mu\text{m}$ と非常に少ない。つまり、ロール径が 50 mm を超えると急激にロール撓みが減少し、板クラウンに対応する能力が減少することがわかる。尚、ローラ径が 60 mm でも若干、板クラウンへの対応能力が減少するが、使用出来る範囲である。

【 0 0 5 1 】

上記の検討は、エア軸受の負荷範囲を板幅と同じとしたものであるが、例えば、本発明をレバース圧延設備に適用する場合は、最初の方のパスでは板厚が大きく、必然的に板クラウンが大きい。この場合、最終パスではないので、若干の水切り能力の低下が許容される為、エア軸受の負荷範囲を板幅より小さくすることで、ローラの撓みを増し、大きな板クラウンに追従させることが出来る。

【 0 0 5 2 】

ワイパロール径を決めるもう 1 つの要因に加減速時におけるワイパロールのスリップが考えられ、本実施例ではこの要因に着目した。ロールがスリップ、即ち、ロール速度が圧延材の速度より低下すれば、潤滑油に含まれるゴミ、異物により圧延材に傷付きが発生する。又、ロールが圧延材と直接接触する部分でスリ傷等が発生し、圧延材の表面品質を損ねることになる。

【 0 0 5 3 】

ロールの表面の摩擦係数 f は潤滑油の粘度 ν と比例関係にあり、次式 (4) で表される。(本関係は計算シミュレーションで確認したものである。) ここで、 ν : 潤滑油粘度 (C s t) である。

【 0 0 5 4 】

$$f = 7 \cdot 10^{-4} \cdot \nu \quad \dots (4)$$

例えば、粘度 10 C s t で摩擦係数は 0.007 となる。この摩擦係数を使って、加減速時のスリップ発生限界のロール半径 R_{lt} は次式 (5) で表される。

【 0 0 5 5 】

$$R_{lt} = \{ 120 \cdot f \cdot P \cdot g / (\pi \cdot \gamma \cdot \alpha) \} 0.5 \quad \dots (5)$$

ここで、 g : 重力の加速度 (9.8 m/sec^2) , γ : ロールの比重量 (kgf/mm^3) , α : 加減速度 (m/min/sec) である。

【 0 0 5 6 】

この式 (5) を使って、通常の操業条件である、加減速度 α 60 m/min/sec , 押付力 P 0.1 kgf/mm (印) , 0.3 kgf/mm (■ 印) , 0.5 kgf/mm (印) , 1.0 kgf/mm (× 印) で、限界ロール半径につき計算した結果を図 1 2 に示す。図 1 2 は加減速時の限界ロール半径を示しており、粘度 (C s t) とロール半径 (mm) の関係を示すものである。これより、例えば、潤滑油粘度が 5 ~ 10 C s t で、押付力 P 0.5 kgf/mm (印) では、ロール半径を 37.3 mm (直径で 74.6 mm) 以下に抑えることが必要であることがわかる。

【 0 0 5 7 】

以上のような 2 つの要因を考慮すると、ロール径は、ほぼ 60 mm 以下で極力小さい方が望ましいことがわかる。

【 0 0 5 8 】

又、小径側の限界は、小径になるにつれロール回転数の増大，静圧軸受の加工精度のアップ等より、実用上 $\phi 20\text{ mm}$ 程度が限界と考えられる。つまり、小径側の限界は、ロール回転数の増大，静圧軸受の加工精度のアップ等を考慮すると、 $\phi 20\text{ mm}$ 程度と考えられる。

【0059】

上述したように、供給エア圧を上げることは押付力が増し、この押付力が上がる程、ワイピング効果が上がり好都合である。次に、これを阻害する要因について説明する。

【0060】

ここで、ワイパロールに掛かる荷重とワイパロールの撓みの関係を図5に示す。板幅 b は操業条件により種々に変化するため、通常の運転では図5(1)に示すように、板幅より外部でワイパロールは静圧軸受9から曲げ力を受けて曲線8aのように大きく撓み、これにより、圧延板1はその端部近辺で中央部より強く圧下され、所謂、端伸び形状不良を発生する。

【0061】

この形状不良はロール径が小さい程、大きくなる。これを防止するには、図5(2)に示すように、板幅方向で板幅 b より外側の領域で静圧軸受9のエアーの供給を断てば、その領域でのエアーバネ12が発生せずに、図5(2)の8bのように、ワイパロールには曲げ力が発生しないようになる。従って板形状を損ねることがない。その結果、押付力を大きくすることが可能となる。板幅方向でエアーの供給領域を調整することにより、ロール撓みを調整することが出来る。

【0062】

板幅に細かく対応することを可能とするには、ロール軸方向(圧延材10幅方向)でのエアー供給穴23aの間隔であるピッチ c を小さくすることが必要である。但し、エアー軸受ではロールと軸受面のエアー圧による振動(ニューマチックハンマ)を避ける為、エアーポケットを小さくする必要がある、その為、このピッチ c は 10 mm 程度と小さくなり、上記の如く、ほぼ板幅に対応しての調整が可能となる。

【0063】

実験によれば、 $\phi 25\text{ mm}$ のロールワイパ径，エアー供給圧 6.5 kgf/cm^2 で、板幅端部の過圧下が発生せず、良好なワイピング結果が得られた。

【0064】

以上の結果、本発明のエアー軸受式ロールワイパは高速、および低速運転でも、従来のチューブワイパと同等以上の水切り能力を有することが確認できた。

【0065】

次に、粗切りロールの水切り効果について、図2により説明する。圧延材表面には圧延機出側で多量の圧延潤滑油が付着しており、これを粗切りロール6で粗く切り、次いで、エアー軸受式の仕上げワイパロール8で仕上げの水切りをする。

【0066】

従って、粗切りロール6は通常の2段のピンチロールタイプのワイパ構造で十分である。

【0067】

粗切り後の残留油膜厚み、即ち、これが仕上げのエアー軸受式ロールワイパ入側の油膜厚み h_1 となる。この油膜厚み h_1 に対して、所望の押付力 P を粗切りロール6によって加える。

【0068】

図8に、最終の残留油膜厚み h_2 を得る為に必要な押付力 P を計算した結果を示す。この図8は、出側油膜厚み $0.5\text{ }\mu\text{m}$ ，ワイパロール径 $\phi 25\text{ mm}$ ，粘度 10 Cst ，圧延材進行速度 300 m/min として、入側油膜厚み (μm) と必要押付力 (kgf/mm) との関係を示すものである。

【0069】

これより、粗切り後の油膜厚み h_1 が小さい程、押付力は小さくてよいことになる。即

10

20

30

40

50

ち、 h_1 が $1000\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ で、最終油膜厚み $0.5\mu\text{m}$ を得るに必要な押付力は約 $15(-0.46/0.4=1.15)\%$ 小さくてよいことになる。即ち、残留油膜厚み h_2 は押付力 P に反比例するので、同じ押付力であれば、残留油膜厚みは約 15% 少なくなる。

【0070】

粗切り後の油膜厚みが $100\mu\text{m}$ 以上では、その粗切り効果が殆どないので、良好な水切りを要しない場合は必ずしも、粗切りロールを設ける必要はない。しかし、ストリップワイパには圧延機出側で付着した圧延潤滑油が大量に供給され、段々に蓄積される為、良好な水切りが必要な場合は設けることが必須となる。

【0071】

又、入側油膜厚みが薄ければ薄い程、残留油膜厚みが少なくなる(残留油膜厚みを得るに必要な押付力が激減するので、後段のワイパ押付力を前段と同じとすれば、残留油膜厚みを激減することができる)ので、仕上げワイパロールを複列に置くと優れた水切り効果が得られる。

【0072】

エアー軸受のエアー供給穴は、軸受のエアーバネとしての剛性を高める為、図4に示す如く、小さい径 d で絞られており(オリフィス絞り)、その径 d は $\phi 0.5 \sim 0.7\text{mm}$ と小さく、ゴミ、異物等が詰まり易い。又、エアー中への水分の混入は板表面への水の付着となり、後のプロセスでの錆の発生、表面品質不良となるので好ましくない。従って、エアー軸受へ供給するエアーは細かいフィルタを通った水分を殆ど含まないドライエアーとする事が望ましい。更に、そのように考慮していても、長時間の運転ではこの供給穴での目詰まりの発生は避けられない。

【0073】

そこでオンラインでのエアー供給穴(オリフィス部)の洗浄装置が必要である。この洗浄はエアーのような質量の小さい気体では、洗浄効果が不十分であり、密度の大きい圧延潤滑油と同じ液体での洗浄が効果的である(この洗浄に使う油が圧延潤滑油と同じであれば、圧延機下部でこれらが混合しても問題はない)。

【0074】

(実施例)

以下、図面により本発明の実施例につき説明する。図1に本発明の一実施例であるエアー軸受式ローラワイパを組み込んだ6段冷間圧延設備の実施例を示す。

【0075】

図1の圧延設備は、圧延材1を巻き出す巻出機2と、圧延材1を圧延する6段冷間圧延機3と、圧延材1(ストリップ)の表面の潤滑油等の液体を除去するためのストリップワイパ装置4と、圧延された圧延材1を巻き取る巻取機5とを備えている。

【0076】

6段冷間圧延機3は、上下一対の作業ロール30と、その作業ロール30を支持する上下一対の中間ロール31と、その中間ロールを支持する上下一対の補強ロール32とを備えている。また、圧延潤滑油10を作業ロール30と圧延材1との間に供給する圧延潤滑油供給手段を設けている。この圧延潤滑油供給手段は、本実施例では、6段冷間圧延機3の入側及び出側に設けている。つまり、6段冷間圧延機3の入側に入側潤滑油ヘッダ21を設け、6段冷間圧延機3の出側に出側潤滑油ヘッダ22を設け、夫々単独で潤滑油の供給が可能のように設置されている。

【0077】

巻出機2から巻き出された圧延材1は、6段冷間圧延機3を通過しながら圧延される。ここで、6段冷間圧延機3の入側潤滑油ヘッダ21から圧延潤滑油10が供給される。或いは、6段冷間圧延機3の入側潤滑油ヘッダ21及び出側潤滑油ヘッダ22の両方から圧延潤滑油10が供給される。その後、圧延された圧延材1は、6段冷間圧延機3の出側に設置したストリップワイパ装置4に到達する。ここで、圧延材1の表面に付着した圧延潤滑油10を除去し、巻取機5によって圧延材1を巻き取る。

【0078】

ストリップワイパ装置4は、本実施例では、2組設けている。ストリップワイパ装置4の入側に第一のストリップワイパを設け、出側に第二のストリップワイパを備えている。入側の第一のストリップワイパによって、圧延材1の表面に付着した圧延潤滑油10の多くを除去することができる。そして、ある程度少なくなった圧延材1の表面に付着した圧延潤滑油10を出側の第二のストリップワイパによって除去することで、圧延材1の表面に付着する圧延潤滑油10を更に少なくすることができる。

【0079】

ストリップワイパ装置4の入側に設ける第一のストリップワイパとして、本実施例では、粗切りロール6をストリップの上下に一对設けている。また、ストリップワイパ装置4の出側に設ける第一のストリップワイパとして、本実施例では、仕上げワイパロール8をストリップの上下に一对設けている。

【0080】

図2に、ストリップワイパ装置4の構成を示す。圧延材1は速度 v でストリップワイパ装置4内を進行する。この圧延材1の表面に付着した圧延潤滑油10は、まず第一のストリップワイパである上下一対の粗切りロール6をストリップに押し付けることによって、ストリップは粗めにワイピングされる。つまり、粗切りロール6に圧延材1が通過する前に、圧延材1の表面に付着する圧延潤滑油10の片側厚み（油膜厚み）は h_0 である。そして、粗切りロール6によって圧延材1表面の圧延潤滑油10の多くが除去され、その圧延潤滑油10の片側厚み（油膜厚み）は h_1 となる。即ち、油膜厚みを h_0 から h_1 に減少することができる。

【0081】

次に、圧延材1の表面に付着し、油膜厚みが h_1 である圧延潤滑油10は、第二のストリップワイパである上下一対の仕上げワイパロール8をストリップに押し付けることによって、仕上げワイピングされる。つまり、仕上げワイパロール8に圧延材1が通過する前に、圧延材1の表面に付着する圧延潤滑油10の片側厚み（油膜厚み）は h_1 である。そして、仕上げワイパロール8によって圧延材1表面に残存する圧延潤滑油10が効率良く除去され、その圧延潤滑油10の片側厚み（油膜厚み）は h_2 となる。即ち、油膜厚みを h_1 から h_2 に減少することができる。なお、この仕上げワイパロール8は、2ポケット式のエアー静圧軸受9に支持されており、残留油膜を少なくすることができる。

【0082】

このように、粗切りロール6というワイピング手段と仕上げワイパロール8というワイピング手段とを入側から順次配置しているので、粗切りロール6によって大まかに油膜を除去し、仕上げワイパロール8によって適切に油膜を除去することが出来る。更に、仕上げワイパロール8を流体軸受支持することで精度良く油膜を除去することで、優れたワイピング能力を得ることが出来る。

【0083】

図3は、仕上げワイパロールの軸方向断面図を示すものである。圧延材1を挟むように仕上げワイパロール8が配置される。仕上げワイパロール8が軸方向にずれないようにスラスト受部25が設けられる。仕上げワイパロール8を静圧支持するための間隙23dを有して静圧軸受9が配置され、静圧軸受9のロール側に第一のエアー供給穴23aが設けられる。この第一のエアー供給穴23aにエアーが供給されて間隙23dを介して仕上げワイパロール8が回転可能に静圧支持される。この第一のエアー供給穴23aは、ほぼロール半径方向で、ロール軸心に向かうように形成され、ロール円周方向で2つ、ロール軸方向で複数形成されている。

【0084】

本実施例では、第一のエアー供給穴23aにエアーを供給する前に一旦、エアー分配穴23にエアーを供給している。このエアー分配穴23はロール軸方向に貫通した一つの空気部屋を形成している。つまり、エアーは、エアー分配穴23から複数のエアー供給穴23aを通して間隙23dに送り込まれる。

【 0 0 8 5 】

そして、エアー分配穴 2 3 には、ロール軸方向で両側に調整棒 1 3 が設けられている。この調整棒 1 3 は、エアー分配穴 2 3 内をロール軸方向に移動し、ロール軸方向（圧延材幅方向）におけるエアー供給領域の調整を行うことが出来る。

【 0 0 8 6 】

この調整棒 1 3 をロール軸方向に移動する機構として、本実施例では油圧シリンダー 2 4 をそれぞれ設けている。

【 0 0 8 7 】

前述したエアー分配穴 2 3 には、外部から第二のエアー供給穴 2 3 c を通って空気が供給される。この第二のエアー供給穴 2 3 c は静圧軸受外側で、ほぼロール半径方向に設けられている。また、第二のエアー供給穴 2 3 c はロール軸方向で複数設けられている。本実施例では、第一のエアー供給穴 2 3 a の大きさより、第二のエアー供給穴 2 3 c の大きさを小さくし、エアーの供給を容易にしている。また、第一のエアー供給穴 2 3 a の配列間隔より、第二のエアー供給穴 2 3 c の配列間隔を大きくし、エアーの供給を容易にしている。ロール側の第一のエアー供給穴 2 3 a は小さく、その配列間隔を小さくすることが望ましい。ロール側の第一のエアー供給穴 2 3 a を小さくすることによりロール支持の安定化が図れ、その配列間隔を小さくすることによりエアー領域の微調整を可能とする。

【 0 0 8 8 】

以上のように、静圧軸受 9 の背面から複数個所のエアー供給穴 2 3 c を通って、高圧のエアーが供給されている。このエアーは中間のエアー分配穴 2 3 から、更に、小さいピッチ c で設けられたオリフィス（直径 d）を通して仕上げワイパロール 8 に供給され、浮上力を発生する。この浮上力がワイパの押付力 P となる。

【 0 0 8 9 】

このエアー分配穴 2 3 には軸方向の両側に幅方向に変位の調整棒 1 3 が設けられており、オリフィスへエアーの供給幅が調整できるようになっている。これにより、ワイパロールの静圧軸受のエアーの浮上力の掛かる範囲を、板幅 b に対応して調整することができる。

【 0 0 9 0 】

仕上げワイパロール 8 の浮上力の掛かる範囲を調整することは、図 5 に示すように、仕上げワイパロール 8 がエアーバネで保持されているその幅を変えることに相当する。図 5（1）は上記の幅方向の調整を行わず、仕上げワイパロール 8 を全幅で浮上支持するものでは、仕上げワイパロール 8 は幅方向に撓みが一様ではなく、板幅端部で押付力が大となり、その分、圧延材は過圧下され、端伸び形状不良が発生する。この結果、ワイパ押付力を上げられないことになる。一方、図 5（2）の如く、エアー浮上力の範囲をほぼ板幅 b に一致させれば、仕上げワイパロール 8 の撓みは軸方向に均一となり、板幅端部の過圧下は生ぜず、ワイパ押付力 P を大幅にアップでき、その結果、ワイピング効果が大幅に向上する。

【 0 0 9 1 】

また、図 3 に静圧軸受 9 のオリフィス（第一のエアー供給穴 2 3 a）の目詰まり防止のための洗浄装置を示す。ある所定の期間の運転中には、エアー供給装置 1 1 から切換弁 1 5 を経由して第二の供給穴 2 3 c にエアーが供給される。そして、ある所定の期間の運転後に、例えば、切換弁 1 5 によって、エアー供給装置 1 1 からエアーの供給を停止し、洗浄油供給装置 1 4 から洗浄油の供給を行うようにすることにより、洗浄油が第二のエアー供給穴 2 3 c 及びエアー分配穴 2 3 を経由して、第一のエアー供給穴 2 3 a に送られ、オリフィス（第一のエアー供給穴 2 3 a）に詰まったゴミ、異物等を取り除くことができる。洗浄油の供給圧をエアーの静圧軸受の耐負荷能力に応じて調整できるように、減圧弁 1 6 が設けられている。なお、運転再開の際には、切換弁 1 5 によって、洗浄油供給装置 1 4 から洗浄油の供給を停止し、エアー供給装置 1 1 からエアーの供給を行うようにすることにより、エアーが第二のエアー供給穴 2 3 c 及びエアー分配穴 2 3 を経由して、第一のエアー供給穴 2 3 a に送られ、ロール支持が可能となる。

【 0 0 9 2 】

図 9 は、本発明の他の実施例で、図 1 の 6 段冷間圧延機の代わりに、20 段センジミア冷間圧延機としたものである。同様に、本発明は 20 段以外の多段クラスタ圧延機にも適用できることは明らかである。

【 0 0 9 3 】

図 10 は圧延材に存在する板クラウンにより、仕上げワイパロール 8 が撓む状態を説明した図である。板クラウンに追従して、仕上げワイパロール 8 が撓む為には、ワイパロールの曲げ剛性が小さいことが必要であり、小径のワイパロールが有利であることが解る。但し、図 11 の計算結果にはエア軸受のパネ定数も影響しており、ローラの曲げ剛性との総合的な効果で、 $\phi 50\text{ mm}$ 以下のロール径では、あまり板クラウンへの追従性に優位差はない。

10

【 0 0 9 4 】

図 7 はワイピング効果を上げる為に、エア軸受式のローラワイパを復列に配置した実施例であり、このように配置することにより、更に、優れた水切り効果が得られるものである。

【 0 0 9 5 】

本発明のワイピング装置は、従来のローラワイパ、チューブワイパで不可能であった 700 m/min 以上の高速圧延で、その水切り能力が低速時におけるチューブワイパと同等以上のものが得られ、冷間圧延設備の生産性向上、圧延材の表面品質向上に大きく貢献するものであり、その効果は非常に大きいものがある。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 6 】

【図 1】本発明のエア軸受式のローラワイパを組み込んだ 6 段冷間圧延設備の一実施例である。

【図 2】本発明の粗切りローラと仕上げのエア軸受式ローラワイパを組み合わせた水切り装置である。

【図 3】図 2 の仕上げワイパの軸方向断面図である。

【図 4】エア軸受の構造を示す図である。

【図 5】エア軸受式ローラワイパの荷重とロールの撓みの状態を示す図である。

【図 6】ローラワイパによる水切り状態の説明図である。

30

【図 7】エア軸受式ローラワイパを復列に配置した本発明の他の実施例である。

【図 8】粗切りロールの効果の説明図である。

【図 9】エア軸受式のローラワイパを組み込んだ 20 段センジミア冷間圧延設備の本発明の他の実施例である。

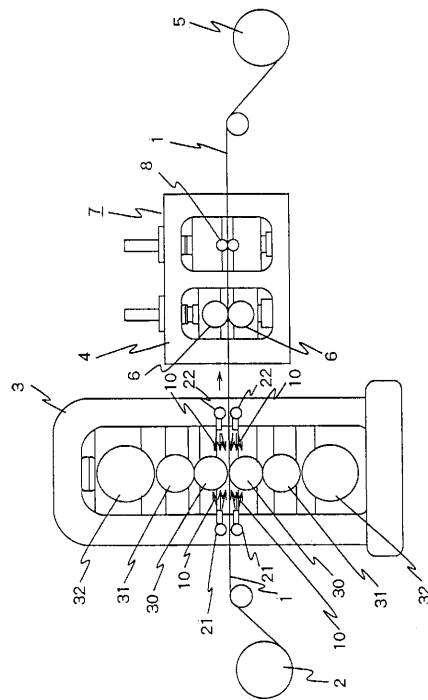
【図 10】板クラウンを有する圧延材の水切り状態の説明図である。

【図 11】エア軸受式ローラワイパの板クラウンへの追従性の計算結果である。

【図 12】加減速時のエア軸受式ロールワイパのスリップ発生限界のロール半径の計算値である。

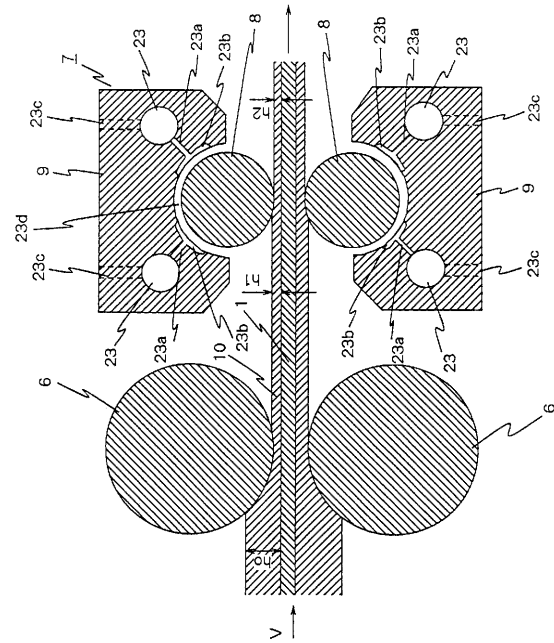
【図 1】

第1図



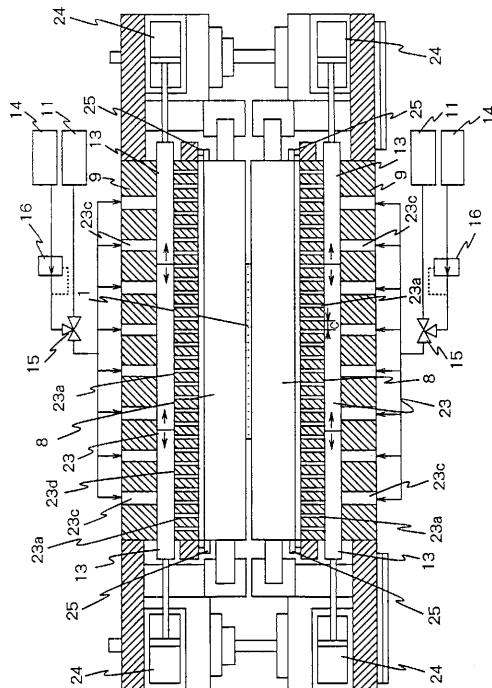
【図 2】

第2図



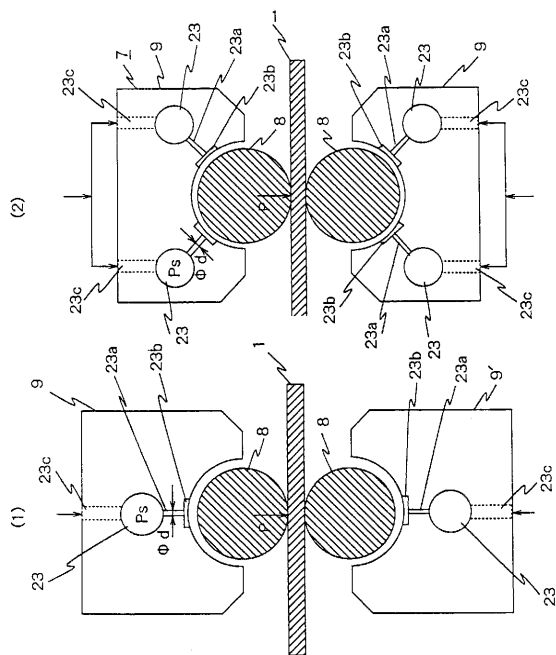
【図 3】

第3図



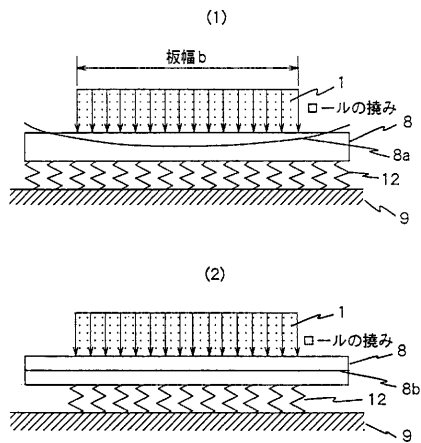
【図 4】

第4図



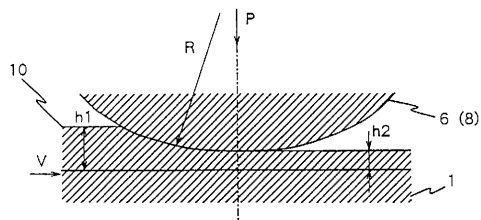
【図 5】

第5図



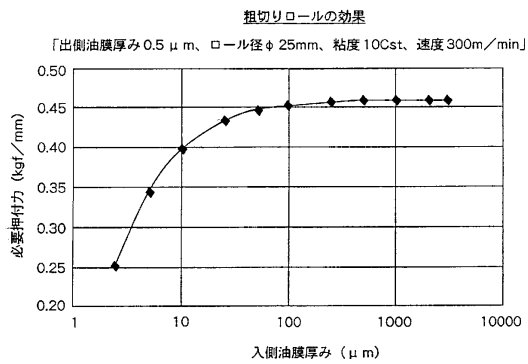
【図 6】

第6図



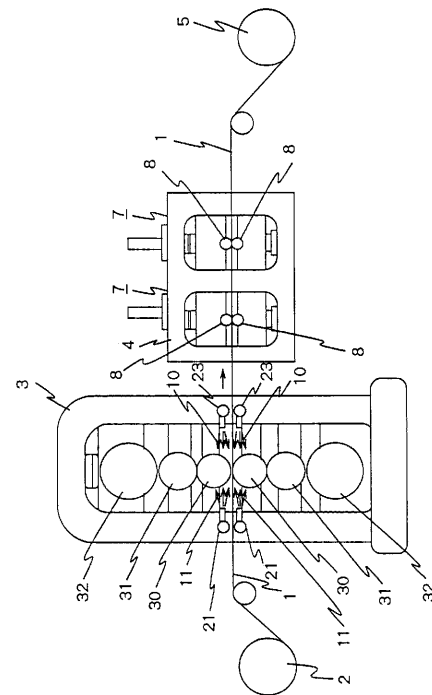
【図 8】

第8図



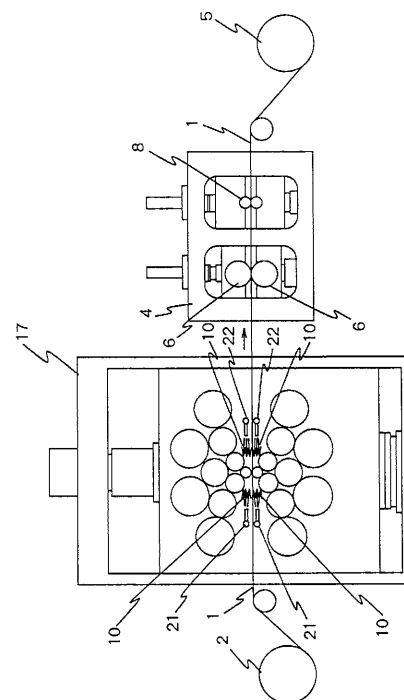
【図 7】

第7図



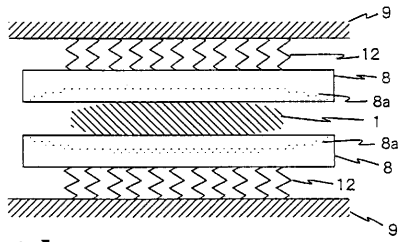
【図 9】

第9図



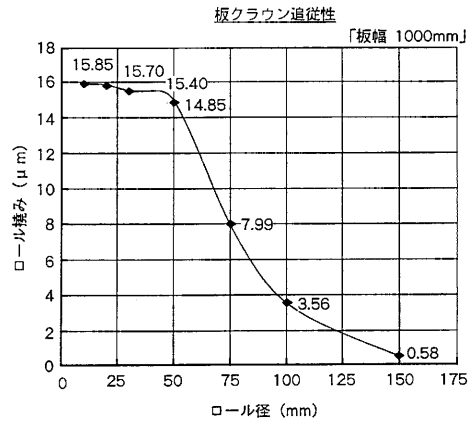
【図 10】

第 10 図



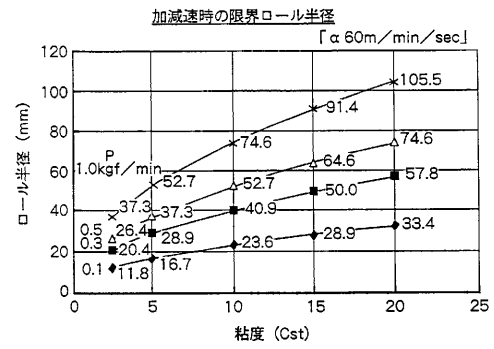
【図 11】

第 11 図



【図 12】

第 12 図



フロントページの続き

- (72)発明者 平間 幸夫
日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発本部内
- (72)発明者 猪狩 実
日本国茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 電力・電機開発本部内
- (72)発明者 乗鞍 隆
日本国茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立工場内
- (72)発明者 田端 秀一
日本国茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立工場内
- (72)発明者 佐藤 範仁
日本国茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立工場内

審査官 松本 要

- (56)参考文献 特許第2523725(JP, B2)
特開昭61-222628(JP, A)
実開昭61-182609(JP, U)
特公昭59-049093(JP, B1)
米国特許第05849098(US, A)
米国特許第02289753(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21B 45/02

B21B 27/10

F16C 32/06