

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7524345号
(P7524345)

(45)発行日 令和6年7月29日(2024.7.29)

(24)登録日 令和6年7月19日(2024.7.19)

(51)国際特許分類		F I	
B 2 1 B	37/74 (2006.01)	B 2 1 B	37/74
B 2 1 B	37/76 (2006.01)	B 2 1 B	37/76 A
B 2 1 B	45/02 (2006.01)	B 2 1 B	45/02 3 2 0 T
		B 2 1 B	45/02 3 2 0 U
		B 2 1 B	45/02 3 2 0 H
請求項の数 8 (全18頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-562567(P2022-562567)	(73)特許権者	516128728
(86)(22)出願日	令和3年3月29日(2021.3.29)		プライメタルズ・テクノロジーズ・ジャーマニー・ゲーエムベーハー
(65)公表番号	特表2023-525657(P2023-525657 A)		ドイツ・9 1 0 5 8・エルランゲン・ブンゼンシュトラッセ・4 3
(43)公表日	令和5年6月19日(2023.6.19)	(74)代理人	100133400
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/058174		弁理士 阿部 達彦
(87)国際公開番号	WO2021/209251	(74)代理人	100110364
(87)国際公開日	令和3年10月21日(2021.10.21)		弁理士 実広 信哉
審査請求日	令和5年1月13日(2023.1.13)	(72)発明者	クラウド・ヴァインツィール
(31)優先権主張番号	20169326.4		ドイツ・9 0 4 8 0・ニュルンベルク・アイゼンシュタイナー・シュトラッセ・1 2
(32)優先日	令和2年4月14日(2020.4.14)	審査官	中西 哲也
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		
(31)優先権主張番号	20169741.4		
(32)優先日	令和2年4月16日(2020.4.16)		
最終頁に続く		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 最小限の動作圧力を用いた冷却ユニットの運転

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属から作られた熱間圧延材料（2）を冷却するための冷却ユニット（3）を運転させるための運転方法であって、

- 前記冷却ユニット（3）が、ヘッダーライン（4）を有しており、液状の冷却剤（6）が、ポンプアセンブリ（5）によって前記ヘッダーライン（4）に供給され、複数の分岐ライン（9 a～9 d）が、前記ヘッダーライン（4）から適用ユニット（1 0 a～1 0 d）に分岐しており、
- 前記ポンプアセンブリ（5）が、複数のポンプ（8）を有しており、制御弁（1 1 a～1 1 d）が、前記分岐ライン（9 a～9 d）それぞれに配置されており、前記冷却剤（6）が、少なくとも幾つかの前記適用ユニット（1 0 a～1 0 d）によって前記熱間圧延材料（2）に適用され、
- 前記適用ユニット（1 0 a～1 0 d）に供給されるべき設定点流量（K a＊～K d＊）が、前記冷却ユニット（3）の制御ユニット（1 2）に伝達され、
- 前記制御ユニット（1 2）が、最終動作状態（Z'）に従って前記ポンプアセンブリ（5）を動作させ、且つ、動作値（A a～A d）に従って前記制御弁（1 1 a～1 1 d）を動作させる、前記運転方法において、

前記ポンプアセンブリ（5）の前記最終動作状態（Z'）と前記制御弁（1 1 a～1 1 d）の前記動作値（A a～A d）とを決定するために、前記制御ユニット（1 2）が、

- 前記制御弁（1 1 a～1 1 d）それぞれの限界変調値（k L i m）についての前記

制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) それぞれの個別の動作圧力 ($p A a \sim p A d$) を決定し、前記ヘッダーライン (4) における前記個別の動作圧力 ($p A a \sim p A d$) は、前記設定点流量 ($K a * \sim K d *$) それぞれが前記分岐ライン (9 a ~ 9 d) それぞれを流れるように存在しており、

- 前記設定点流量 ($K a * \sim K d *$) の合計値に対応する冷却剤 (6) の総流量 (K) が、前記ポンプアセンブリ (5) によって前記ヘッダーライン (4) に供給されると同時に、前記個別の動作圧力 ($p A a \sim p A d$) の最大圧力と少なくとも同じ高さである暫定的動作圧力 ($p A v$) が前記ヘッダーライン (4) に存在するように、前記ポンプアセンブリ (5) の暫定的動作状態 (Z) を決定し、

- 冷却剤 (6) の前記総流量 (K) が前記ポンプアセンブリ (5) によって前記ヘッダーライン (4) に供給されると同時に、前記暫定的動作圧力 ($p A v$) と等しいかまたは大きい最終動作圧力 ($p A e$) が前記ヘッダーライン (4) に存在するように、前記ポンプアセンブリ (5) の前記暫定的動作状態 (Z) を使用して、前記ポンプアセンブリ (5) の前記最終動作状態 (Z') を決定し、

- 前記設定点流量 ($K a *$ から $K d *$) それぞれが前記分岐ライン (9 a から 9 d) それぞれで流れるように、前記最終動作圧力 ($p A e$) を使用して、前記制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) の前記動作値 ($A a \sim A d$) を決定することを特徴とする、運転方法。

【請求項 2】

前記制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) の前記限界変調値 ($k L i m$) が、前記制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) の最大変調値であるか、又は前記制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) の前記最大変調値の近傍の値であることを特徴とする請求項 1 に記載の運転方法。

【請求項 3】

前記暫定的動作状態 (Z) を決定する際に、前記制御ユニット (1 2) が、前記ポンプアセンブリ (5) に関係する二次的な条件として、少なくともポンプ (8) の回転速度 (n) を考慮することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の運転方法。

【請求項 4】

前記暫定的動作状態 (Z) を決定する際に、前記制御ユニット (1 2) が、前記制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) に関係する二次的な条件として、少なくとも制御弁 (1 1 a ~ 1 1 d) の動作値 ($A a \sim A d$) が変更される際の調整速度を考慮す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運転方法。

【請求項 5】

前記ポンプアセンブリ (5) の前記最終動作状態 (Z') を決定する際に、前記制御ユニット (1 2) が、前記ポンプアセンブリ (5) の少なくとも 1 つの以前の最終動作状態 (Z') 及び / 又は将来予想される前記ポンプアセンブリ (5) の少なくとも 1 つの暫定的動作状態 (Z) を考慮す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運転方法。

【請求項 6】

金属から作られた熱間圧延材料 (2) を冷却するための冷却ユニット (3) の制御ユニット (1 2) によって実行される機械コード (1 4) を具備するコンピュータプログラムであって、

前記制御ユニット (1 2) が前記機械コード (1 4) を実行することによって、前記制御ユニット (1 2) が、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の運転方法に従って前記冷却ユニット (3) を運転する、コンピュータプログラム。

【請求項 7】

金属から作られた熱間圧延材料 (2) を冷却するための冷却ユニット (3) の制御ユニットであって、

前記制御ユニットが、前記制御ユニットが請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の運転方法に従って前記冷却ユニット (3) を運転するように、請求項 6 に記載のコンピュータプログラム (1 3) を用いてプログラムされる、制御ユニット。

【請求項 8】

金属から作られた熱間圧延材料 (2) を冷却するための冷却ユニットであって、

10

20

30

40

50

- 前記冷却ユニットが、ヘッダーライン（４）と、ポンプアセンブリ（５）と、複数の適用ユニット（１０ａ～１０ｄ）とを有しており、
- 液体冷却剤（６）が、少なくとも幾つかの前記適用ユニット（１０ａ～１０ｄ）によって前記熱間圧延材料（２）に適用され、
- 前記適用ユニット（１０ａ～１０ｄ）が、分岐ライン（９ａ～９ｄ）それぞれを介して前記ヘッダーライン（４）に接続されており、
- 前記ポンプアセンブリ（５）が、前記液体冷却剤（６）を前記ヘッダーライン（４）に供給するための複数のポンプ（８）を有しており、
- 制御弁（１１ａ～１１ｄ）が、前記分岐ライン（９ａ～９ｄ）それぞれに配置されており、
- 前記冷却ユニットが、請求項１～５のいずれか一項に記載の運転方法に従って前記冷却ユニットを運転する、請求項７に記載の制御ユニット（１２）を有している、冷却ユニット。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットの運転方法から始まり、

- 冷却ユニットはヘッダーラインを有し、そこに液体冷却剤がポンプアセンブリを用いて供給され、そこから複数の分岐ラインが適用ユニットへと分岐し、
- ポンプアセンブリは幾つかのポンプを有し、制御弁が分岐ラインの各々に配置され、冷却剤は適用ユニットのうちの少なくとも幾つかを用いて圧延材料に適用され、
- 適用ユニットに供給されるべき設定点流量は、冷却ユニットの制御ユニットに伝達され、
- 制御ユニットは、最終動作状態に従ってポンプアセンブリを動作させ、動作値に従って制御弁を動作させる。

20

【０００２】

本発明は、さらに、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットの制御ユニットによって実行され得る機械コードを含むコンピュータプログラムから始まり、制御ユニットにより機械コードが実行されることによって、制御ユニットはこの種の運転方法に従って冷却ユニットを運転する。

30

【０００３】

本発明は、さらに、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットの制御ユニットから始まり、制御ユニットは、この種のコンピュータプログラムによりプログラムされ、その結果、制御ユニットはこの種の運転方法に従って冷却ユニットを運転する。

【０００４】

- 本発明は、さらに、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットから始まり、
- 冷却ユニットは、ヘッダーラインと、ポンプアセンブリと、複数の適用ユニットとを有し、
- 液体冷却剤が、適用ユニットの少なくとも幾つかを用いて圧延材料に適用され、
- 適用ユニットは、それぞれの分岐ラインを介してヘッダーラインに接続され、
- ポンプアセンブリは、幾つかのポンプを有し、そのポンプによって液体冷却剤がヘッダーラインに供給され、
- 制御弁が、分岐ラインの各々に配置され、
- 冷却ユニットは、この種の運転方法に従って冷却ユニットを運転する、この種の制御ユニットを有する。

40

【背景技術】

【０００５】

上述の主題は周知の知識である。

【０００６】

例えば、特許文献１は、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを開示し

50

ており、この冷却ユニットでは、液体冷却剤がポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、そこから分岐ラインが適用ユニットへと分岐し、それによって冷却剤が圧延材料に適用される。制御弁が分岐ライン内に配置されている。制御ユニットにとって既知であり、適用ユニットに供給されるべき設定点流量に基づき、制御ユニットは、ポンプアセンブリの動作状態及び制御弁の動作値を決定し、それに応じてポンプアセンブリ及び制御弁を動作させる。特許文献 1 では、ヘッダーラインは、高圧下又は低圧下のいずれかにある。冷却剤のより高い圧力は、それが実際に必要とされるときにのみ生じさせられる。高圧の要件は、低圧において、少なくとも 1 つの弁の開位置が、限界値として指定されている特定の開位置を超える場合に存在すると考えられる。

【 0 0 0 7 】

10

特許文献 2 は、同様に、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを開示しており、この冷却ユニットでは、液体冷却剤がポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、そこから分岐ラインが適用ユニットへと分岐し、それによって冷却剤が圧延材料に適用される。制御弁が分岐ライン内に配置されている。適用ユニットに供給されるべき設定点流量は、冷却ユニットの制御ユニットに伝達される。制御ユニットは、制御弁の対応する動作値を決定し、この方法で制御弁も動作させる。特許文献 2 には、ポンプの（任意選択で可変の）動作に関する記述はない。

【 0 0 0 8 】

特許文献 3 は、同様に、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを開示しており、この冷却ユニットでは、液体冷却剤がポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、そこから分岐ラインが適用ユニットへと分岐し、それによって冷却剤が圧延材料に適用される。制御弁が分岐ライン内に配置されている。冷却ユニットの制御ユニットは、適用ユニットに供給されるべき設定点流量に基づき、総流量を決定し、総流量に基づきポンプアセンブリの動作状態を決定する。ヘッダーラインの動作圧力は、最小値と最大値の間に設定され得る。制御弁は、全閉位置と全開位置との間で調整され得る。個別の設定点流量を設定するために、制御ユニットは、弁の開位置と、ポンプがヘッダーライン内に発生させるライン圧の両方を変化させる。

20

【 0 0 0 9 】

特許文献 4 は、同様に、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを開示しており、この冷却ユニットでは、液体冷却剤がポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、そこから分岐ラインが適用ユニットへと分岐し、それによって冷却剤が圧延材料に適用される。制御弁が分岐ライン内に配置されている。制御ユニットは、適用ユニットに供給されるべき設定点流量に応じて、ポンプアセンブリに対する動作状態を決定する。制御ユニットは、供給される水の総量に加えて、水量の変化及びライン抵抗を考慮する。制御弁の開位置が、可能な最小の開位置及び可能な最大の開位置からの最小距離を下回る場合に、ポンプの動作状態、したがって動作圧力も適応される。

30

【 0 0 1 0 】

特許文献 5 は、金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを開示しており、この冷却ユニットでは、液体冷却剤が複数の適用ユニットによって圧延材料に適用される。適用ユニットは、各々専用のポンプを用いて供給を受ける。それぞれのポンプとそれぞれの適用ユニットとの間の弁は、連続的に全開状態に保たれる。送達される冷却剤の量は、ポンプの対応する時間可変動作によってのみ設定される。

40

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 3 / 1 4 3 9 2 5 号

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 4 8 6 7 号

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 4 / 1 2 4 8 6 8 号

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 9 / 1 1 5 1 4 5 号

【 文献 】 国際公開第 2 0 2 0 / 0 2 0 8 6 8 号

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特に集中冷却の場合、ただし時には層流冷却の場合にも、制御弁はポンプを用いて供給を受ける。この場合、典型的な構成は、ヘッダーラインを介した複数の制御弁への供給であり、ヘッダーラインはポンプアセンブリによって冷却剤を供給される。ポンプアセンブリは、1台のポンプ又は複数のポンプを有することができる。

【0013】

冷却剤は、適用ユニット（スプレーバーとして設計されることが多い）を用いて圧延材料に適用される。幾つかの場合において、冷却剤を圧延材料に適用するのではなく、どこか他の箇所で冷却剤を放出する追加の適用ユニットが存在し得る。これは、例えば、送達される冷却剤の量を全体としてより均一にするために有用である。

【0014】

本発明の目的は、従来の冷却ユニット、すなわち、制御弁の動作を介して圧延材料に施される冷却剤の計量が行われる冷却ユニットが、改善された方式で運転され得る方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

目的は、請求項1の特徴を有する運転方法を用いて達成される。有利な改良は、従属請求項2から5の主題を成す。

【0016】

本発明によれば、最初に述べた種の運転方法は、ポンプアセンブリの最終動作状態及び制御弁の動作値を決定するために、制御ユニットが

- それぞれの制御弁のそれぞれの限界変動値に対する制御弁のそれぞれの個別の動作圧力を決定し、この動作圧力は、それぞれの設定点流量がそれぞれの分岐ライン内で流れるようにヘッダーラインにおいて優勢でなければならないこと、
- ポンプアセンブリの暫定的動作状態を決定し、その結果、設定点流量の合計に対応する冷却剤の総流量が、ポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、それと同時に、個別の動作圧力のうちの最大圧力と少なくとも同程度の高さである暫定的動作圧力がヘッダーライン内で優勢になるようにすること、
- ポンプアセンブリの暫定的動作状態を使用して、冷却剤の総流量がポンプアセンブリを用いてヘッダーラインに供給され、それと同時に最終動作圧力がヘッダーライン内で優勢になるように、ポンプアセンブリの最終動作状態を決定すること、
- 最終動作圧力を使用して、それぞれの設定点流量がそれぞれの分岐ライン内に流れるように、制御弁の動作値を決定することを行うように、構成される。

【0017】

これは、冷却ユニットのポンプアセンブリが可能な最低の最終動作圧力で、したがって可能な最低のエネルギー消費で運転され、それにもかかわらず、圧延材料は常に必要な設定点流量に従って冷却されることを確実にする。

【0018】

制御弁の限界調節を制御弁の最大調節とすることが可能である。しかしながら、一定の制御余力を得るためには、制御弁の限界調節がこれよりわずかに下回る、すなわち制御弁の最大調節のごく近くにあると、有利であり得る。後者の場合、制御弁の限界調節は、したがって、制御弁の最大調節の高い割合、例えば、80%、90%、又は95%に対応する。もちろん、限界調節は、他の値を有することもできる。特に、しかしながら、80%の値に達しないことはあるべきではない。数値データは、また、冷却剤流量、すなわちそれぞれの制御弁の動作の結果生じる効果に関係する。他方では、これらは、制御弁が動作される際の操作変数には関係しない。限界調節は、それぞれの制御弁について必要に応じて個別に指定され得るか、又はすべての制御弁に対して一様に指定され得る。また、グループ単位で指定することも可能である。

【 0 0 1 9 】

暫定的動作状態の決定の一環として、制御ユニットは、好ましくは、ポンプアセンブリに関係する二次的な条件を考慮する。これは、ポンプアセンブリが常に許容可能動作範囲内で運転されることを確実にすることを可能にする。制御ユニットは、例えば、ポンプアセンブリの許容可能動作状態を決定できるかどうかを確認することができ、ポンプアセンブリは、一方では、要求される総流量を送達し、他方では、ヘッダーライン内の決定された個別の動作圧力のうちの最大圧力を発生する。その場合、この動作圧力又はこの動作圧力から直接導出される値が、最終動作圧力として使用され得る。そうでない場合、制御ユニットは、ポンプアセンブリの許容可能動作状態が見つかるまで暫定的動作圧力から始めて、動作圧力を段階的に高めることができる。

10

【 0 0 2 0 】

暫定的動作状態の決定の一環として、制御ユニットは、好ましくは、制御弁に関係する二次的な条件を考慮する。例えば、一方では、要求される総流量を送達し、他方では、少なくとも個別の動作圧力のうちの最大圧力と同程度の高さである動作圧力をヘッダーライン内に生じさせるポンプアセンブリの許容可能動作状態について、制御ユニットが制御弁の関連する動作値を決定し、望ましくない状態が発生するかどうか、及び該当する場合、それがどの程度であるかを確認することが可能である。その場合、望まれない状態が受け入れられ得るか、又はポンプアセンブリの動作状態が適合され得るかのいずれかである。取られるべき措置はケースバイケースで決めることができる。

20

【 0 0 2 1 】

ポンプアセンブリの最終動作状態の決定の一環として、制御ユニットは、好ましくは、それに加えて、ポンプアセンブリの少なくとも1つの以前の最終動作状態及び/又は将来予想されるポンプアセンブリの少なくとも1つの暫定的動作状態を考慮する。例えば、制御ユニットは、暫定的動作状態のモデル予測による決定を実行することができる。制御ユニットは、また、例えば、一方では暫定的動作圧力の本発明による最小化、他方ではさらなる状況を含む最適化問題を設定することができる。そのような状況の例は、暫定的又は最終動作圧力の変化と、ポンプアセンブリの動作状態の変化である。

【 0 0 2 2 】

目的は、請求項6の特徴を有するコンピュータプログラムを用いてさらに達成される。本発明によれば、コンピュータプログラムの実行は、制御ユニットで本発明による運転方法に従って冷却ユニットを運転する効果を有する。

30

【 0 0 2 3 】

目的は、請求項7の特徴を有する制御ユニットを用いてさらに達成される。本発明によれば、制御ユニットは、本発明によるコンピュータプログラムによりプログラムされ、その結果、制御ユニットは本発明による運転方法に従って冷却ユニットを運転する。

【 0 0 2 4 】

目的は、請求項8の特徴を有する金属製の熱間圧延材料を冷却するための冷却ユニットを用いて達成される。本発明によれば、最初に述べた種の冷却ユニットは、本発明による運転方法に従って冷却ユニットを運転する本発明による制御ユニットを有する。

【 0 0 2 5 】

本発明の上で説明されている特性、特徴、及び利点、ならびにこれらが達成される際の方式は、図面と組み合わせでより詳細に説明される、例示的な実施形態の次の説明と併せて、より明確かつ明瞭に理解されるであろう。ここで概略図として以下に示す。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 第1の冷却ユニットを有する圧延ラインを示す図である。

【 図 2 】 制御弁の特性曲線を示す図である。

【 図 3 】 フロー図である。

【 図 4 】 ポンプの特性曲線を示す図である。

【 図 5 】 フロー図である。

50

【図 6】ポンプアセンブリを示す図である。

【図 7】フロー図である。

【図 8】フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図 1 によれば、圧延ラインは、少なくとも 1 つの圧延スタンド 1 を有する。図 1 は、単一の圧延スタンド 1 のみを示している。しかしながら、多くの場合、複数の圧延スタンド 1 が直列に配置されており、したがって、圧延ラインは、圧延機列として設計される。圧延ラインでは、熱間圧延材料 2 が圧延される、すなわち、その断面が縮小される。圧延材料 2 は、例えば、鋼鉄又はアルミニウムからなることができる。しかしながら、他の金属、例えば真鍮又は銅からなることもできる。圧延材料 2 は、例えば帯状又は板状の平坦な圧延材料であってもよい。しかしながら、棒状であるか、又は断面形状として若しくは管として設計される、他の形状を有していてもよい。

10

【0028】

圧延ラインは、さらに、冷却ユニット 3 を有する。図 1 の図解によれば、冷却ユニット 3 は、圧延スタンド 1 の下流に配置されている。しかしながら、これは絶対に必要なことではない。冷却ユニット 3 は、同様に、例えば、マルチスタンド仕上げ列の仕上げスタンド間のいわゆるスタンド間冷却手段の形態で、又はマルチスタンド仕上げ列の第 1 の仕上げスタンドと粗延機との間の粗面化帯材冷却手段の形態で、圧延スタンド 1 の上流に配置され得る。他の配置も可能である。

20

【0029】

冷却ユニット 3 は、ヘッダーライン 4 を有する。液体冷却剤 6 はポンプアセンブリ 5 を用いてヘッダーライン 4 に供給される。この目的のために、ポンプアセンブリ 5 は、例えば、入口側でリザーバ 7 に接続され得る。しかしながら、他の実施形態、例えば配水網を介したポンプアセンブリ 5 の直接供給も可能である。図 1 の図解によれば、ポンプアセンブリ 5 は、複数のポンプ 8 を備えることができる。図 1 による実施形態では、ポンプ 8 は、互いに並列に接続されている。しかしながら、ポンプ 8 は、互いに直列に配置されることも可能である。このアプローチの組合せ、例えば、3 つのラインも可能であり、各ラインの中に、2 つのポンプ 8 が互いに直列に配置される。また、単一のポンプ 8 だけが存在することも可能である。冷却剤 6 は、通常、水であるか、又は少なくとも実質的に（98 % 以上）水からなる。

30

【0030】

分岐ライン 9 a から 9 d は、ヘッダーライン 4 から適用ユニット 10 a から 10 d へと分岐する。適用ユニット 10 a から 10 d は、したがって、分岐ライン 9 a から 9 d を介してヘッダーライン 4 に接続される。適用ユニット 10 a から 10 d を用いることで、冷却剤 6 は、圧延材料 2 に適用される。適用ユニット 10 a から 10 d は、例えば、いわゆるクーリングバーやスプレーバーとして設計され得る。

【0031】

図 1 の図解によれば、適用ユニット 10 a から 10 d は、圧延材料 2 より上に配置され、その結果、上から圧延材料 2 に冷却剤 6 を適用する。しかしながら、これは絶対に必要なことではない。適用ユニット 10 a から 10 d は、同様に、圧延材料 2 より下に配置されるか、又は他の何らかの場所に配置されることも可能である。また、適用ユニット 10 a から 10 d が、異なる側面から冷却剤 6 を圧延材料 2 に適用することも可能である。また、適用ユニット 10 a から 10 d のすべてが冷却剤 6 を圧延材料 2 に適用するのではなく、適用ユニット 10 a から 10 d の少なくとも 1 つ（その場合、通常は 1 つ又は 2 つ）が冷却剤 6 を圧延材料 2 に適用しないことも可能である。対応する実施形態及びその理由は、例えば特許文献 4 において説明されている。

40

【0032】

さらに、図 1 には、合計 4 つの適用ユニット 10 a から 10 d が例示されている。本発明は、この数の適用ユニット 10 a から 10 d と併せて説明される。しかしながら、適用

50

ユニット 10 a から 10 d の数は、より多くても少なくてもよい。1 より大きければよい。したがって、2 つの分岐ライン 9 a から 9 d を介してヘッダーライン 4 に接続される少なくとも 2 つの適用ユニット 10 a から 10 d があり、分岐ライン 9 a から 9 d の各々において制御弁 11 a から 11 d が配置される。

【0033】

制御弁 11 a から 11 d は、分岐ライン 9 a から 9 d の各々の中に配置される。制御弁 11 a から 11 d は、例えば、ボール弁として設計され得る。しかしながら、その具体的な設計にかかわらず、制御弁 11 a から 11 d は、連続的に調整され得る。「連続的に調整する」という文言は、制御弁 11 a についての図 2 の図解を参照しつつ以下に説明される。制御弁 11 b から 11 d についても、同様の記述が当てはまる。

10

【0034】

図 2 によれば、制御弁 11 a は、動作値 A a を用いて動作される。動作値 A a は、最小動作値 A min と最大動作値 A max との間にある。動作値 A a は、連続的に又は少なくとも複数のステップで変化させることができる。したがって、動作値 A a は、最小動作値 A min と最大動作値 A max との間の（任意選択で調整精度の範囲内の）複数の可能な値を取ることができる。例えば、ボール弁の場合、最小動作値 A min 及び最大動作値 A max は、0°及び90°とすることができ、動作値 A a は、これら 2 つの極値 A min、A max 間で、例えば、0.1°又は0.2°のステップで調整され得る。

【0035】

制御弁 11 a の入口側に存在する基準圧力 p R において、対応する基準冷却剤流量 K R は、動作値 A a に応じて、制御弁 11 a を通って、したがって対応する分岐ライン 9 a を通って流れる。制御弁 11 a を連続的に調整することが可能であるので、基準冷却剤流量 K R は、最小値 K R min（通常は 0）と最大値 K R max（もちろん、最小値 K R min よりも大きい）との間の対応する値の連続範囲をも通る。最大値 K R max で除算された基準冷却剤流量 K R は、制御弁 11 a の変調 k a に対応する。変調 k a は、1 の最大値を有し、通常、0 の最小値を有する。

20

【0036】

動作値 A a の関数としての基準冷却剤流量 K R（又はそれと等価なものとしての変調 k a）の関数関係は、制御弁 11 a の特性曲線に対応する。図 2 の図解によれば、特性曲線はしばしば非線形である。しかしながら、通常、一方の動作値 A a と、基準冷却剤流量 K R 又は変調 k a との間に厳密な単調関係がある。また、当業者には知られているように、所与の動作値 A a において、制御弁 11 a の入口側に存在する動作圧力 p A が分かっていると仮定すれば、実際の冷却剤流量 K a、すなわち制御弁 11 a を通って実際に流れる冷却剤 6 の量、は容易に決定され得る。特に、特性曲線それ自体から取得される値は、動作圧力 p A と基準圧力 p R の商の平方根でスケールされるだけでよい。また、動作圧力 p A と基準圧力 p R は、オフセットによって補正されなければならない場合もある。所与の変調 k a 及び知られている最大基準冷却剤流量 K R max 及び知られている動作圧力 p A があるとすると、冷却剤流量 K a は、式

30

【0037】

【数 1】

$$Ka = \sqrt{\frac{pA - \rho \cdot g \cdot ha}{pR - \rho \cdot g \cdot ha}} \cdot ka \cdot KR_{\max} \quad (1)$$

40

【0038】

となる。

ρ は冷却剤 6 の密度であり、 g は重力による加速度であり、 $h a$ は適用ユニット 10 a から 10 d に対して一様である基準レベルに関する弁出口（又は適用ユニット 10 a）の高さである。基準レベルに関する弁出口の配置に応じて、 $h A$ は 0 より大きくも小さくもな

50

り得る。基準レベルは、必要に応じて選択され得る。例えば、これは圧延材料 2 を冷却ユニット 3 を通して搬送するためのローラーテーブルのレベルと一致し得る。関連する動作値 Aa は、変調 ka を決定した後に特性曲線から直接取得される。

【 0 0 3 9 】

冷却ユニット 3 は、さらに、冷却ユニット 3 を制御し、運転する制御ユニット 1 2 を有する。一般に、制御ユニット 1 2 は、ソフトウェアプログラム可能ユニットとして設計されている。これは、図 1 において、マイクロプロセッサに対する記号「 μP 」が制御ユニット 1 2 内にあるように描かれていることによって示されている。制御ユニット 1 2 は、コンピュータプログラム 1 3 によってプログラムされる。コンピュータプログラム 1 3 は、制御ユニット 1 2 によって実行され得る機械コード 1 4 を含む。コンピュータプログラム 1 3 によるプログラミング又は機械コード 1 4 の実行に基づき、制御ユニット 1 2 は、図 3 と併せて次により詳細に説明される運転方法に従って冷却ユニット 3 を運転する。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 において、設定点流量 Ka^* から Kd^* は、制御ユニット 1 2 に伝達される。設定点流量 Ka^* から Kd^* は、例えばリットル / 秒を単位として、それぞれの適用ユニット 1 0 a から 1 0 d に供給され、それぞれの適用ユニット 1 0 a から 1 0 d によって放出され、特に圧延材料 2 に適用されるべき冷却剤 6 の量を示している。例えば、制御ユニット 1 2 の設定点流量 Ka^* から Kd^* は、外部から指定され得るか、又は他の条件に基づき制御ユニット 1 2 によって独立して決定され得る。適切な手順は、当業者の間では周知の知識である。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 2 において、制御ユニット 1 2 は、制御弁 1 1 a の限界変調値 $kLim$ に対する個別の動作圧力 pAa を決定する。限界変調値 $kLim$ は、制御ユニット 1 2 に対して指定される。限界変調値 $kLim$ は、制御弁 1 1 a の最大変調であってもよい。しかしながら、多くの場合において、図 2 の図解によれば、制御弁 1 1 a の最大変調に近いものの、それを下回る値であると有利である。この場合、限界変調値 $kLim$ は、少なくとも 80 %、好ましくは少なくとも 90 %、特に好ましくは少なくとも 95 % であるべきである。しかしながら、概して 98 % という値を超えるべきではない。限界変調値 $kLim$ は、したがって、制御弁 1 1 a の最大変調の高い割合に対応する。形式上、限界変調値 $kLim$ は制御弁 1 1 a の変調 ka に関係し、制御弁 1 1 a の動作 Aa に関係しないことが明確にされるべきである。

【 0 0 4 2 】

制御ユニット 1 2 は、動作圧力 pAa 及び制御弁 1 1 a の限界変調値 $kLim$ において、所望の設定点流量 Ka^* が分岐ライン 9 a に流れるように、個別の動作圧力 pAa を決定する。制御ユニット 1 2 は、動作圧力 pAa を、例えば、式

【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

$$pAa = \left(\frac{Ka^*}{kLim \cdot KR_{max}} \right)^2 \cdot (pR - \rho \cdot g \cdot ha) + \rho \cdot g \cdot ha \quad (2)$$

【 0 0 4 4 】

に従って決定する。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 3 において、制御ユニット 1 2 は、制御弁 1 1 b から 1 1 d について完全に類似する方法で、個別の動作圧力 pAb から pAd を決定する。他の制御弁 1 1 b から 1 1 d の限界変調値 $kLim$ 、最大基準冷却剤流量 KR_{max} 及び基準圧力 pR は、制御弁 1 1 a の限界変調値 $kLim$ 、最大基準冷却剤流量 KR_{max} 及び基準圧力 pR と同じ値を有することができる。代替的に、これらは、適切であれば、他の制御弁 1 1 b から 1 1 d 内でも制御弁 1 1 b から 1 1 d から制御弁 1 1 b から 1 1 d へ変化し得る他の値であっ

10

20

30

40

50

てもよい。しかしながら、各場合において、制御ユニット 12 は、他の制御弁 11b から 11d の個別の動作圧力 p_{Ab} から p_{Ad} を互いに独立して、また制御弁 11a の個別の動作圧力 p_{Aa} から独立して決定する。

【0046】

ステップ S4 において、制御ユニット 12 は、次いで、ポンプアセンブリ 5 の動作状態 Z を決定する。動作状態 Z は、動作状態 Z に従って運転されることを条件として、ポンプアセンブリ 5 が設定点流量 K_a^* から K_d^* の合計に対応する総流量 K を送達するように決定される。総流量 K の送達の結果、冷却剤 6 の総流量 K は、ポンプアセンブリ 5 を用いてヘッダーライン 4 にも供給される。それと同時に、動作状態 Z は、個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうち最も高い圧力と少なくとも同程度の高さの動作圧力 p_{Av} がヘッダーライン 4 において優勢となるように決定される。しかしながら、動作状態 Z 及び動作圧力 p_{Av} はいずれも暫定的なものにすぎない。動作状態 Z は、少なくともポンプアセンブリ 5 の各ポンプ 8 について必要な回転速度 n を含む。

10

【0047】

この文脈において、ポンプアセンブリ 5 の動作が連続的に、又は少なくとも複数のステップで、変化させることができることが重要である。したがって、2 つ又は 3 つの固定された離散的な動作状態 Z の間で切り替えることが可能であるだけでなく、可能な動作状態 Z は連続範囲又は仮想的な連続範囲を形成する。純粹に例として、ポンプ 8 の 1 つが 100 回転/分の最低回転速度 n_{min} と 800 回転/分の最高回転速度 n_{max} との間で運転され得る場合、回転速度 n は、100 回転/分と 800 回転/分との中間値、例えば無段階に調整可能である場合に 150 回転/分、227 回転/分、又は 593 回転/分にも設定でき、段階的に調整可能な場合には少なくとも 10 段階、例えば 100、150、200、250 などの異なる段階に、最大 800 回転/分まで、設定することもできる。もちろん、記載された数値は例としてのみ解釈されるべきである。

20

【0048】

ステップ S4 の一部として、制御ユニット 12 が、ポンプアセンブリ 5 によって静的に発生させられる圧力のみを考慮することが可能である。したがって、ステップ S4 の一部として、制御ユニット 12 が、ポンプアセンブリ 8 の出口側で発生する圧力が制御弁 11a から 11d の入口側の圧力に対応すると仮定することが可能である。しかしながら、制御ユニット 12 において追加の状況を考慮に入れることも同様に可能である。そのような状況の例は、時間に関する設定点流量 K_a^* から K_d^* の変化及び時間に関する総流量 K の関連する変化及び水量の関連する加速度である。そのような状況のさらなる例は、ポンプアセンブリ 5 とヘッダーライン 4 との間の、又はヘッダーライン 4 内の流動抵抗であり、これに基づき、制御弁 11a から 11d の入口側で発生する圧力は、常に、ポンプアセンブリ 8 によって発生する圧力より小さい。両方の状況について、特許文献 4 に、それらを考慮することに対する対応する可能性が記載されている。一方におけるポンプアセンブリ 8 と、他方におけるヘッダーライン 4 又はヘッダーライン 4 の基準レベルとの間の高さの差が、一定のオフセットを用いてさらに考慮され得る。

30

【0049】

単一のポンプ 8 のみがある最も単純な場合、例えば、制御ユニット 12 が、図 4 の図解に示されているように、特定の総流量 K で特定の圧力増大 δp をもたらすためにポンプ 8 に必要なポンプ 8 の回転速度 n を記憶する特性曲線の族にアクセスすることによって前記ポンプの回転速度 n を決定することが可能である。したがって、ポンプアセンブリ 5 の入口側で優勢な吸引圧力 p_S と併せて、必要な圧力増大 $\delta p = p_S - p_{Av}$ は、容易に決定され得る。吸引圧力 p_S は、測定に基づいて、又は他の何らかの方法で、制御ユニット 12 に知られ得る。

40

【0050】

多くの場合において、個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力に対して決定された動作状態はそれ自体、すでにポンプアセンブリ 5 の許容可能動作状態である。この場合、この動作状態が、暫定的動作状態 Z として直接採用され得る。他の可能性及び実施

50

形態については後述する。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 5 において、制御ユニット 1 2 は、次いで、ポンプアセンブリ 5 の動作状態 Z ' を決定する。動作状態 Z と対照的に、動作状態 Z ' は最終的である。制御ユニット 1 2 は、ポンプアセンブリ 5 の暫定的動作状態 Z を使用してポンプアセンブリ 5 の最終動作状態 Z ' を決定する。ステップ S 5 における決定は、冷却剤 6 の総流量 K がポンプアセンブリ 5 を用いてヘッダーライン 4 に供給されるような決定である。それと同時に、ポンプアセンブリ 5 が最終動作状態 Z ' に従って動作されると仮定すると、最終動作圧力 p A e がヘッダーライン 4 内で優勢になる。最も単純な場合、制御ユニット 1 2 は、暫定的動作状態 Z を最終動作状態 Z ' として直接かつ即座に仮定する。暫定的動作圧力 p A v を極めて小さい加算オフセットだけ増加させるか、又は 1 よりわずかに大きい係数を乗算し、それによって最終動作圧力 p A e を決定することも可能である。これらのアプローチは、1 よりわずかに小さい限界変調値 k L i m の使用への効果について類似している。最終動作圧力 p A e を決定する他の可能性及び実施形態は、以下で説明される。

10

【 0 0 5 2 】

最終動作状態 Z ' は、所望の総流量 K がポンプアセンブリ 8 によってヘッダーライン 4 内に送達されることを条件として、ヘッダーライン 4 内の最終動作圧力 p A e をもたらす。したがって、制御ユニット 1 2 は、ステップ S 6 において、最終動作圧力 p A e を用いて、制御弁 1 1 a から 1 1 d の動作値 A a から A d を決定する。この決定は、それぞれの分岐ライン 9 a から 9 d においてそれぞれの設定点流量 K a * から K d * が流れるように

20

【 0 0 5 3 】

ステップ S 6 における決定の一環として、制御ユニット 1 2 は、ヘッダーライン 4 において最終動作圧力 p A e が優勢であると仮定する。制御弁 1 1 a については、例えば、変調 k a は、したがって、

【 0 0 5 4 】

【 数 3 】

$$ka = \sqrt{\frac{pR - \rho \cdot g \cdot ha}{pAe - \rho \cdot g \cdot ha}} \cdot \frac{Ka}{KR_{\max}} \quad (3)$$

30

【 0 0 5 5 】

となる。

【 0 0 5 6 】

他の制御弁 1 1 b から 1 1 d についても、状況は同様である。したがって、制御弁 1 1 a から 1 1 d の現在知られている変調 k a から k d に基づき、関連する特性曲線を使用して、制御弁 1 1 a から 1 1 d の必要な動作値 A s から A d を決定することが可能である。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 7 において、制御ユニット 1 2 は、ポンプアセンブリ 5 及び制御弁 1 1 a から 1 1 d を動作させる。ポンプアセンブリ 5 は、最終動作状態 Z ' に従って動作される。制御弁 1 1 a から 1 1 d は、動作値 A a から A d に従って動作される。

40

【 0 0 5 8 】

ステップ S 7 の実行により、本発明による運転方法が実行されたことになる。しかしながら、ステップ S 7 を実行した後、制御ユニット 1 2 は、一般的に、ステップ S 1 に戻る。すなわち、制御ユニット 1 2 は、一連のステップ S 1 から S 7 を反復的に繰り返して実行する。概して、実行は固定されたサイクルタイムで実行される。固定されたサイクルタイムは、一般的に 0 . 1 秒から 1 . 0 秒、通常は 0 . 2 秒から 0 . 5 秒、例えば約 0 . 3 秒である。

【 0 0 5 9 】

50

図3のステップS4の可能な一実施形態、すなわち暫定的動作状態Zを決定する可能な一方法が、図5と併せて以下で説明される。図5による実施形態の一部として、図3のステップS4は、ステップS11からS14に細分される。

【0060】

ステップS11において、制御ユニット12は、総流量Kを送達し、それと同時に、吸引圧力 p_s から決定された個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうち最大圧力までの必要な圧力増大 δp を引き起こすために必要なポンプアセンブリ5の運転状態を決定する。例えば、ポンプ8が1台しかない場合、制御ユニット12は、ポンプ8の対応する回転速度 n を決定することができる。

【0061】

ステップS12において、制御ユニット12は、決定された暫定的状態Zが許容可能かどうか、例えば決定された回転速度 n がポンプ8の許容可能回転速度範囲内にあるかどうか、すなわちポンプ8の動作点が図4において斜線が入っていない範囲内にあるかどうかを確認する。こうして確認することは、ポンプアセンブリ5に関係する二次的な条件に適合しているかどうかを確認することを意味する。

【0062】

回転速度 n がポンプ8の許容可能回転速度範囲内にあることが可能である（それが通常のケースですらある）。例えば、ポンプ8の許容可能速度範囲内にあるポンプ8の動作点AP1は、総流量K及び個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力によって決定され得る。回転速度 n がポンプ8の許容可能回転速度範囲内にある場合、制御ユニット12は、ステップS13に進む。ステップS13で、制御ユニット12は、それ以上の措置を講じない。決定された回転速度 n は、直接使用され得る。

【0063】

しかしながら、回転速度 n がポンプ8の許容可能回転速度範囲にないことも同様に（稀だとしても）あり得る。例えば、ポンプ8の動作点AP2又は動作点AP3は、総流量K及び決定された個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力によって決定され得る。確かに、動作点AP2の場合、ポンプ8は、決定された個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力を容易に発生することができる。しかしながら、ポンプ8の許容可能速度範囲のせいで、ポンプ8によって送達される体積流量は、必然的に、要求される総流量Kよりも大きくなる。動作点AP3の場合、状況は逆転される。確かに、ポンプ8は要求される総流量Kを容易に生成することができる。しかしながら、ポンプ8の許容可能速度範囲のせいで、要求される最小値よりも大きな圧力増大 δp がポンプ8によって必然的に発生する。

【0064】

回転速度 n がポンプ8の許容可能回転速度範囲にない場合、制御ユニット12は、ステップS14に進む。ステップS14で、制御ユニット12は、暫定的動作状態Zを修正する。

【0065】

動作点AP2の場合、制御ユニット12は、例えば短絡弁15（図6参照）に対して開状態を決定することができる。図6の図解によれば、短絡弁15は、ポンプ8と並列に接続されている。これは、ポンプアセンブリ5の一部とみなすこともできるし、さらなる適用ユニットのための制御弁とみなすこともできる。制御ユニット12は、短絡弁15を介して直接的に又は間接的にリザーバ7に戻される冷却剤6の量が、ヘッダーライン4に供給される結果として残る体積流量が所望の総流量Kに対応するように、該当する場合、開状態を決定する。

【0066】

動作点AP3の場合、制御ユニット12は、例えば、ポンプ8のみが動作される（その結果、短絡弁15は、もし存在すれば、閉じたままとなる）が、所望の総流量Kにおいて暫定的動作状態Zで発生する暫定的動作圧力 p_{Av} が、個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力よりも高くなるように暫定的動作状態Zを修正することが可能である。

10

20

30

40

50

この場合、暫定的動作圧力 p_{Av} は、好ましくは、可能な値及び許容可能な値のうちの最小値に設定される。

【0067】

図3のステップS4のさらに可能な実施形態は、図7と併せて以下で説明される。図7による実施形態の一部として、図3のステップS4は、ステップS21からS24に細分される。図7の手順は、必要ならば、図5の手順と組み合わせられるか、又はそれとは独立して実施され得る。組み合わせる場合、ステップS21は省略されてよく、ステップS13及びS14の後にそれぞれステップS22からS24が実行される。

【0068】

ステップS21において、図5のステップS11に類似する方法で、制御ユニット12は、総流量 K を送達し、それと同時に、吸引圧力 p_S から決定された個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力への必要な圧力増大 δp を引き起こすために必要なポンプ8の回転速度 n を決定する。

10

【0069】

ステップS22において、制御ユニット12は、その結果得られた暫定的動作圧力 p_{Av} において制御弁11aから11dの動作が許容可能であるかどうかを確認する。制御ユニット12は、例えば、制御弁11aから11dの動作値 A_a から A_d が変更される際の調整速度が、所定の限界に適合しているかどうかを確認することができる。こうして確認することは、制御弁に関する二次的な条件に適合しているかどうかを確認することを意味する。

20

【0070】

二次的な条件が満たされることもあり得る（それが通常のケースですらある）。この場合、制御ユニット12は、ステップS23に進む。ステップS23で、制御ユニット12は、それ以上の措置を講じない。決定された回転速度 n は、直接使用され得る。

【0071】

しかしながら、二次的な条件が満たされないこと、例えば過度に高い調整速度が発生することも同様に（稀だとしても）あり得る。この場合、制御ユニット12は、ステップS24に進む。ステップS24では、個別の場合の状況に応じて、制御ユニット12は、所定の限界の超過を受け入れるか、又はポンプアセンブリ5の暫定的動作状態 Z を適合させることができる。特に、幾つかの状況において、制御弁11aから11dの動作の対応する変化により、所定の限界がもはや超えられないか、又は少なくとも比較的小さな程度だけ超えられることを確実にするために暫定的動作圧力 p_{Av} の増大が利用され得る。

30

【0072】

図3のステップS5の可能な一実施形態、すなわちポンプアセンブリ5の暫定的動作状態 Z を使用して最終動作状態 Z を決定する可能な一方法が、図8と併せて以下で説明される。図8による実施形態の一部として、図3のステップS5は、ステップS41で置き換えられる。ステップS41で、ステップS4で現在決定されている暫定的動作状態 Z に加えて、制御ユニット12は、少なくとも1つのさらなる動作状態を考慮に入れる。これは、例えば、直前の最終動作状態 Z' 又は複数の前の最終動作状態 Z' であってもよい。最終動作状態 Z' の急激な変化は、例えば、ローパスフィルタリング又は同様の手段によって回避され得る。

40

【0073】

設定点流量 K_{a*} から K_{d*} が、複数のサイクルタイム、例えば5回、8回、又は10回のサイクルタイム、の予測期間内でモデル予測によって予測されることも同様に可能であり、したがって、予測期間において将来予想されるポンプアセンブリ5の暫定的動作状態 Z を決定することもまた可能である。この場合、ポンプアセンブリ5の将来予想される暫定的動作状態 Z も、現在の最終動作状態 Z' の決定に含まれ得る。

【0074】

図8による実施形態の一部として、取得された最終動作圧力 p_{Ae} が、ステップS2及びS3の個別の動作圧力 p_{Aa} から p_{Ad} のうちの最大圧力よりも低い（一般に、わずか

50

に低いだけであっても) ことがあり得る。したがって、図 8 による実施形態の一部として、制御弁 11a から 11d の限界変調値 k_{lim} がそれらの可能な最大変調よりも小さい場合、及び/又は、まず初めに、さらなる動作状態を考慮する前に、暫定的動作圧力 p_{Av} に小さなオフセットが加えられるか、又は暫定的動作圧力 p_{Av} が 1 よりもわずかに大きい係数でスケーリングされる場合、有利である。

【0075】

本発明は、ポンプアセンブリ 5 が単一のポンプ 8 のみを有する実施形態と併せて上で説明された。しかしながら、ポンプアセンブリ 5 が複数のポンプ 8 を有する実施形態も容易に可能である。この場合、ポンプ 8 は、すべてのポンプ 8 が完全に停止され、それらが存在していないかのように扱われるか、又は同じ暫定的動作圧力 p_{Av} 及び同じ最終動作圧力 p_{Ae} を発生するように動作されなければならない。しかしながら、個別のポンプ 8 の間の総流量 K の分配に関して自由度がある。この自由度を解決するために、例えば、ポンプ 8 間の総流量 K を一様に、又はポンプ 8 の揚水量に比例して分配することが可能である。代替的に、可能な最小数のポンプ 8 のみを常に能動的に運転することも可能である。この場合、ヘッダーライン 4 には、可能であれば、単一のポンプ 8 を用いた供給がなされる。次のポンプ 8 は、その前に運転されたポンプ 8 が、要求される暫定的動作圧力 p_{Av} 又は要求される最終動作圧力 p_{Ae} で要求された総流量 K をもはや送達することができないときにのみ、スイッチオンされる。同様に、各場合における次のポンプ 8 は、その前に運転されたポンプ 8 が、要求される暫定的動作圧力 p_{Av} 又は要求される最終動作圧力 p_{Ae} で要求された総流量 K をもはや送達することができないときにのみ、スイッチオンされる。

【0076】

本発明は、また、単一の冷却ユニット 3 に関して上で説明された。しかしながら、冷却ユニット 3 がさらにあることが容易に可能である。この場合、さらなる冷却ユニット 3 は、要件に応じて、制御ユニット 12 によって、又は他の何らかの制御ユニットによって制御され得る。制御ユニット 12 による制御の場合、冷却ユニット 3 は、互いに独立して運転され得る。

【0077】

本発明は多くの利点を有する。特に、非常に低いエネルギー消費が達成される。一定の最終動作圧力 p_{Ae} を有する冷却ユニット 3 の運転と比較して、少なくとも 25%、時には 80% をはるかに超える節減が達成される。最終動作圧力 p_{Ae} が各圧延材料 2 に対して個別に適合され、それぞれの圧延材料 2 の冷却の期間だけ一定のレベルに保たれるアプローチと比較しても、依然として大きな省エネが実現される。確かに、最終動作圧力 p_{Ae} の低下により、ポンプアセンブリ 5 の効率の大幅な悪化が生じ、エネルギー消費が増大することは理論的には想像できる。しかしながら、実際にはこれは起こらない。さらに、制御弁 11a から 11d の力学及びポンプアセンブリ 5 の力学の両方が保存される。これは、概して、制御弁 11a から 11d が可能な限り広く開くように運転された場合に、制御弁 11a から 11d には有利であるためである。同様に、可能な限り低速で運転された場合に、ポンプアセンブリ 5 には有利である。他方、圧延材料 2 の冷却には、そのようなものとして、悪影響はない。

【0078】

本発明は、好ましい例示的な実施形態を用いてより詳細により具体的に例示され説明されたが、本発明は、開示されている例によって制限されず、また本発明の保護の範囲を超えることなく当業者によってそれらから他の変更形態が導出され得る。

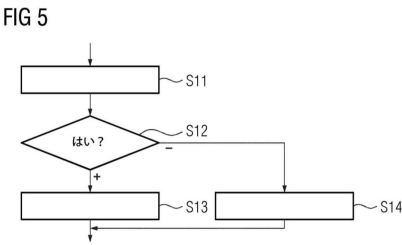
【符号の説明】

【0079】

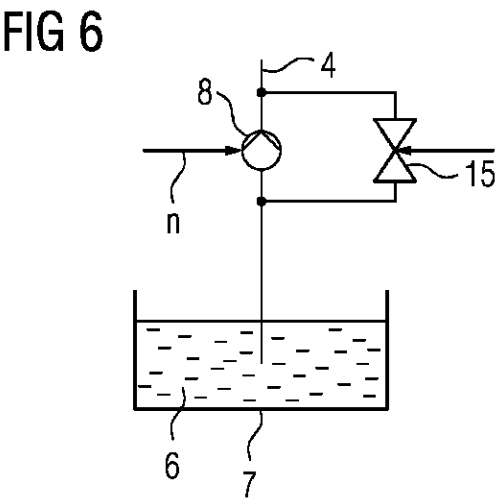
- 1 圧延スタンド
- 2 圧延材料
- 3 冷却ユニット
- 4 ヘッダーライン

5	ポンプアセンブリ	
6	冷却剤	
7	リザーバ	
8	ポンプ	
9 a から 9 d	分岐ライン	
10 a から 10 d	適用ユニット	
11 a から 11 d	制御弁	
12	制御ユニット	
13	コンピュータプログラム	
14	機械コード	10
15	短絡弁	
A a から A d	動作値	
A m a x	最大動作値	
A m i n	最小動作値	
A P 1 から A P 3	動作点	
K	総流量	
k a から k d	変調	
K a から K d	冷却剤流量	
K a * から K d *	設定点流量	
k L i m	限界変調値	20
K R	基準冷却剤流量	
K R m a x	最大基準冷却剤流量	
K R m i n	最小基準冷却剤流量	
n	回転速度	
n m a x	最高回転速度	
n m i n	最低回転速度	
p A、p A v、p A e	動作圧力	
p A a から p A d	個別の動作圧力	
p R	基準圧力	
p S	吸引圧力	30
S 1 から S 4 1	ステップ	
Z、Z'	動作状態	
δp	圧力増大	

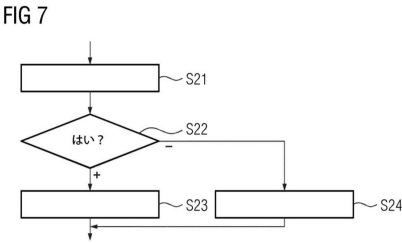
【 図 5 】



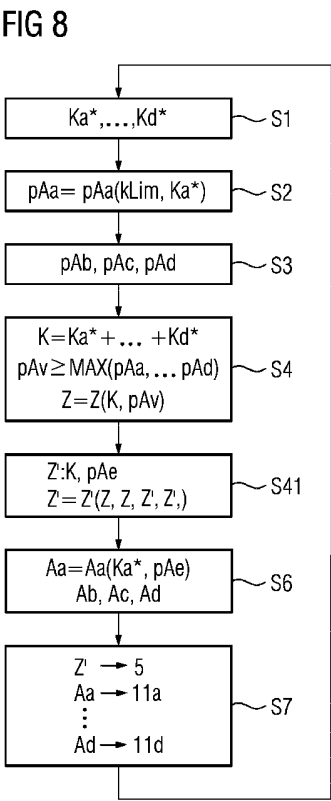
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
B 2 1 B 45/02 3 2 0 R

(33)優先権主張国・地域又は機関

欧州特許庁(EP)

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 2 0 9 6 9 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 1 / 0 9 2 8 5 1 (W O , A 1)
特開 2 0 1 2 - 2 0 7 5 4 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 2 / 0 9 9 2 4 2 (W O , A 1)
特開昭 6 2 - 1 2 9 5 9 8 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 1 7 6 8 7 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 5 3 2 7 2 (U S , A 1)
中国特許出願公開第 1 0 3 8 6 1 8 7 9 (C N , A)
特開昭 4 9 - 0 5 2 3 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 1 B 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0