

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7601033号
(P7601033)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 1 B	45/02 (2006.01)	B 2 1 B	45/02	3 2 0 U
B 2 1 B	38/00 (2006.01)	B 2 1 B	38/00	G
B 2 1 B	39/00 (2006.01)	B 2 1 B	39/00	J
B 2 1 C	51/00 (2006.01)	B 2 1 C	51/00	Q
B 6 5 G	43/02 (2006.01)	B 6 5 G	43/02	B
請求項の数 14 (全18頁)				
(21)出願番号	特願2022-35502(P2022-35502)	(73)特許権者	000001258	
(22)出願日	令和4年3月8日(2022.3.8)		J F E スチール株式会社	
(65)公開番号	特開2023-130912(P2023-130912 A)	(74)代理人	100103850	東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(43)公開日	令和5年9月21日(2023.9.21)		弁理士 田中 秀▲てつ▼	
審査請求日	令和5年10月24日(2023.10.24)	(74)代理人	100105854	弁理士 廣瀬 一
		(74)代理人	100116012	弁理士 宮坂 徹
		(74)代理人	100066980	弁理士 森 哲也
		(72)発明者	西村 翔平	東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内	
		(72)発明者	今井 誠	
最終頁に続く				

(54)【発明の名称】 搬送異常検出装置及び搬送異常検出方法並びに搬送異常検出のための最大電流予測モデルの構築方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼板製造ラインにおける鋼板材料の搬送異常を検出するための搬送異常検出装置であって、

前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対する駆動電流の実績値を取得する取得部と、

少なくとも、前記鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流の実績値を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習が行われた学習済み最大駆動電流予測モデルと、

前記学習済み最大駆動電流予測モデルにより予測される前記駆動電流の前記最大値と前記取得部により取得された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定する判定部と、を備える、搬送異常検出装置。

【請求項 2】

前記材料諸元パラメータは、前記鋼板材料の材料厚、材料幅、鋼種、及び成分の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 に記載の搬送異常検出装置。

【請求項 3】

前記判定部は、前記最大値と前記実績値との乖離率が所定のしきい値を超える場合、又は前記最大値と前記実績値との差分値が所定のしきい値を超える場合、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定する、

請求項 1 又は 2 に記載の搬送異常検出装置。

【請求項 4】

前記複数の搬送ローラは、冷却設備におけるランアウトテーブルを形成する、
請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の搬送異常検出装置。

【請求項 5】

前記冷却水の噴射量に関する前記操業パラメータは、前記冷却水を噴射する噴射ノズルと前記鋼板材料との間の距離、及び前記複数の駆動モータにより駆動される前記複数の搬送ローラに対応する前記噴射ノズルの噴射の有無のうちの少なくとも 1 つを含む、
請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の搬送異常検出装置。

【請求項 6】

前記判定部は、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定する場合に、前記鋼板製造ラインの操業を停止させるために、異常発生通知を出力する、
請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の搬送異常検出装置。

【請求項 7】

鋼板製造ラインにおける鋼板材料の搬送異常を検出するための搬送異常検出方法であって、

前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対して駆動電流を供給することと、

前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流の実績値を取得することと、

少なくとも、前記鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習が行われた学習済み最大駆動電流予測モデルを用いて、前記駆動電流の最大値を予測することと、

予測された前記駆動電流の前記最大値と測定された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定することと、を含む、
搬送異常検出方法。

【請求項 8】

前記材料諸元パラメータは、前記鋼板材料の厚さ、幅、鋼種、及び成分の少なくとも 1 つを含む、

請求項 7 に記載の搬送異常検出方法。

【請求項 9】

前記判定することは前記最大値と前記実績値との乖離率が所定のしきい値を超える場合、又は前記最大値と前記実績値との差分値が所定のしきい値を超える場合、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定することを含む、

請求項 7 又は 8 に記載の搬送異常検出方法。

【請求項 10】

前記取得することは、前記鋼板製造ラインの熱間圧延設備における前記鋼板材料に対して仕上の熱間圧延処理を行う仕上圧延機と前記鋼板材料を巻き取るコイラーとの間に設けられたランアウトテーブルを形成する前記複数の搬送ローラの各々に対する前記駆動電流を取得することを含む、

請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の搬送異常検出方法。

【請求項 11】

前記冷却水の噴射量に関する前記操業パラメータは、前記冷却水を噴射する噴射ノズルと前記鋼板材料との間の距離、及び前記複数の駆動モータにより駆動される前記複数の搬送ローラに対応する前記噴射ノズルの噴射の有無のうちの少なくとも 1 つを含む、

請求項 7 から 10 のいずれか一項に記載の搬送異常検出方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定される場合に、前記鋼板製造ラインの操業を停止させるために、異常発生信号を出力することを更に含む、
請求項 7 から 1 1 のいずれか一項に記載の搬送異常検出方法。

【請求項 1 3】

最大駆動電流予測モデルの構築方法であって、

少なくとも、鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々における駆動電流を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習を行うことにより、学習済みの最大駆動電流予測モデルを構築する、

最大駆動電流予測モデルの構築方法。

【請求項 1 4】

加熱された鋼板材料を所定の厚さになるまで圧延する圧延工程と、圧延された前記鋼板材料を所定の冷却速度に従って冷却する冷却工程とを含む鋼板製造ラインにおける鋼板製造方法であって、

前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対する駆動電流の実績値を取得することと、

最大駆動電流予測モデルより予測される前記駆動電流の最大値と取得された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定することと、

前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定される場合に、前記鋼板製造ラインの操業を停止させるために、異常発生通知を出力することと、を含み、

前記最大駆動電流予測モデルは、少なくとも、前記鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、前記複数の搬送ローラを駆動する前記複数の駆動モータの各々における駆動電流を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の前記最大値を予測するように機械学習を行うことにより構築された学習済みの最大駆動電流予測モデルである、

鋼板製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、搬送異常検出装置及び搬送異常検出方法並びに搬送異常検出のための最大電流予測モデルの構築方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

鋼板製造ラインでは、加熱設備において高温に加熱されて軟化された鋼板材料は、圧延設備において圧延ローラを用いて所望の板厚になるまで熱間圧延処理が施されるが、熱間圧延処理の結果、鋼板材料の先端部に曲がりや反りといった形状不良が発生することがある。このような先端部に形状不良が発生した鋼板材料は、搬送テーブルの例えば接続部分などに引っ掛かったり、詰まったりして、搬送できなくなるトラブル（搬送異常）が確認されている。

【0 0 0 3】

とりわけ、冷却設備は、圧延設備における仕上圧延機の出側に近接していることから、搬送テーブル上の鋼板材料にそのような搬送異常が発生し易く、また、搬送状況の目視による確認が困難であるため、そのような搬送異常の発見が遅れてしまうことがある。搬送異常がひとたび発生すると、長時間、鋼板製造ラインを停止させなければならず、生産効率が著しく低下してしまう。

【0 0 0 4】

このような状況に鑑み、鋼板材料の先端部をセンサで検出して、検出された先端部の位置と推定位置との整合性をチェックすることにより、鋼板材料の詰まりを検出するという対策がとられている。また、特許文献1は、複数のコンベアが直列に配置されて金属板を搬送する金属板搬送コンベア設備において、コンベア接続部での金属板の詰まりを迅速に検出する金属板搬送コンベア設備の金属板詰まり検出装置を開示している。すなわち、この特許文献1の検出装置は、上流側ベルトコンベアと下流側ベルトコンベアとの間（コンベア接続部）に、当該コンベア接続部の隙間に金属板が入り込んだことを感知するセンサを備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2017-024863号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、鋼板材料の搬送異常を検出するためのセンサの設置にはコストがかかり、製品コストの上昇の要因になるという問題がある。また、冷却設備では冷却水を大量に使用するため、このような環境要因から、冷却設備内又はその近傍にそもそも、鋼板材料の搬送異常を検出するためのセンサを設置することは難しく、その対策を講じるためのコストが更にかかってしまうという問題があった。

【0007】

更に、特許文献1の検出装置では、センサが設置される位置によっては、詰まりが検出されるまでのタイムラグが発生してしまうという問題があった。とりわけ、このような検出までのタイムラグの問題は、環境要因によってセンサの設置位置が制限的になることから解決が困難であった。

【0008】

そこで、本発明は、鋼板材料の搬送異常の検出を確実にかつ低コストで実現することができる技術を提案することを目的とする。

【0009】

具体的には、本発明の目的の一つは、搬送テーブルの近傍へのセンサの設置をすることなく、鋼板材料の先端部での搬送異常を検出することができる搬送異常検出装置を提案することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するための本発明は、以下に示す発明特定事項乃至は技術的特徴を含んで構成される。

【0011】

ある観点に従う本発明は、鋼板製造ラインにおける鋼板材料の搬送異常を検出するための搬送異常検出装置である。前記搬送異常検出装置は、前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対する駆動電流の実績値を取得する取得部と、少なくとも、前記鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流の実績値を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習が行われた学習済み最大駆動電流予測モデルと、前記学習済み最大駆動電流予測モデルにより予測される前記駆動電流の前記最大値と前記取得部により取得された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定する判定部と、を備える。

【0012】

ここで、前記材料諸元パラメータは、前記鋼板材料の材料厚、材料幅、鋼種、及び成分の少なくとも1つを含む。

10

20

30

40

50

【0013】

また、前記判定部は、前記最大値と前記実績値との乖離率が所定のしきい値を超える場合、又は前記最大値と前記実績値との差分値が所定のしきい値を超える場合、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定する。

【0014】

また、前記複数の搬送ローラは、圧延設備の仕上圧延機の出側と巻取設備におけるコイラーの入側との間に設けられた冷却設備におけるランアウトテーブルを形成する。

【0015】

また、前記冷却水の噴射量に関する前記操業パラメータは、前記冷却水を噴射する噴射ノズルと前記鋼板材料との間の距離、及び前記複数の駆動モータにより駆動される前記複数の搬送ローラに対応する前記噴射ノズルの噴射の有無のうちの少なくとも1つを含む。

10

【0016】

また、前記判定部は、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定する場合に、前記鋼板製造ラインの操業を停止させるために、異常発生通知を出力する。

【0017】

また、別の観点に従う本発明は、鋼板製造ラインにおける鋼板材料の搬送異常を検出するための搬送異常検出方法である。前記検出方法は、前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対して駆動電流を供給することと、前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流の実績値を取得することと、少なくとも、前記鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、前記複数の駆動モータの各々に対する前記駆動電流を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習が行われた学習済み最大駆動電流予測モデルを用いて、前記駆動電流の最大値を予測することと、予測された前記駆動電流の前記最大値と測定された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定することと、を含む。

20

【0018】

更に別の観点に従う本発明は、最大駆動電流予測モデルの構築方法である。前記構築方法は、少なくとも、鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、前記鋼板材料の搬送速度及び加速度並びに冷却水の噴射量に関する操業パラメータとを入力とし、複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々における駆動電流を出力として、所定の機械学習アルゴリズムに従って、前記駆動電流の最大値を予測するように機械学習を行うことにより、学習済みの最大駆動電流予測モデルを構築する。

30

【0019】

更にまた別の観点に従う本発明は、加熱された鋼板材料を所定の厚さになるまで圧延する圧延工程と、圧延された前記鋼板材料を所定の冷却速度に従って冷却する冷却工程とを含む鋼板製造方法である。前記方法は、前記鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラを駆動する複数の駆動モータの各々に対する駆動電流の実績値を取得することと、前記した最大駆動電流予測モデルより予測される前記駆動電流の最大値と取得された前記駆動電流の前記実績値とに基づいて、前記鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定することと、前記鋼板材料に搬送異常が発生したと判定される場合に、前記鋼板製造ラインの操業を停止させるために、異常発生通知を出力することとを含む。

40

【0020】

なお、本明細書等において、手段とは、単に物理的手段を意味するものではなく、その手段が有する機能をソフトウェアによって実現する場合も含む。また、1つの手段が有する機能が2つ以上の物理的手段により実現されても、2つ以上の手段の機能が1つの物理的手段により実現されても良い。また、「システム」とは、複数の装置（又は特定の機能を実現する機能モジュール）が論理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の筐体内にあるか否かは特に問わない。

【発明の効果】

50

【0021】

本発明によれば、鋼板材料の搬送異常の検出を確実かつ低コストで実現することができるようになる。とりわけ、本発明によれば、搬送テーブルの近傍へのセンサの設置をすることなく、従前より取得され得る情報により鋼板材料の搬送異常の検出を低コストで実現することができるようになる。

【0022】

本発明の他の技術的特徴、目的、及び作用効果乃至は利点は、添付した図面を参照して説明される以下の実施形態により明らかにされる。本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果があっても良い。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインの概略的構成の一例を示す図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける冷却設備の概略的構成の一例を示す図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態に係る制御指令装置における搬送異常検出装置の機能的構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流の変化を示すグラフである。

【図5】図5は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流の変化を諸条件ごとに示すグラフである。

【図6】図6は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流と噴射ノズルとの関係を示すグラフである。

【図7】図7は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流と噴射ノズルとの関係を示すグラフである。

【図8】図8は、本発明の一実施形態に係る搬送異常検出装置の学習済み最大駆動電流予測モデルの予測精度を表すヒストグラムである。

【図9】図9は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける駆動モータに対する駆動電流の実績値と予測値との関係を示す散布図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に説明する実施形態は、あくまでも例示であり、以下に明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変形（例えば各実施形態を組み合わせる等）して実施することができる。また、以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付して表している。図面は模式的なものであり、必ずしも実際の寸法や比率等とは一致しない。図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることがある。

【0025】

本開示では、鋼板材料の搬送異常を検出するために、鋼板材料を搬送する搬送ローラを駆動する駆動モータに対する駆動電流の最大値を予測するためのモデルを鋼板製造ラインに適用した例が説明される。鋼板製造ラインで製造される製品としての鋼板は、例えば、薄鋼板であり得る。

【0026】

図1は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインの概略的構成の一例を示す図である。同図に示すように、鋼板製造ライン1は、例えば、制御指令装置10と、加熱設備20と、圧延設備30と、冷却設備40と、巻取設備50とを備える。鋼板製造ライン1における鋼板材料は、加熱設備20から巻取設備50へと搬送される。

【0027】

制御指令装置10は、鋼板製造ライン1による操業を統括的に制御するために各種の指

10

20

30

40

50

令を発する装置である。制御指令装置 10 は、例えば、所定の制御シーケンスプログラムに従って、鋼板製造ライン 1 内の各処理設備 20～50 及び／又は機器を制御する。制御指令装置 10 は、例えば、搬送異常検出装置 110 と、各種の実績パラメータや操業パラメータ等を格納するデータベース 120 とを含み構成される。また、制御指令装置 10 は、処理設備 20～50 の各々を制御するプロセスコンピュータ（図示せず）を含み得る。なお、プロセスコンピュータは、制御指令装置 10 内に物理的に構成される必要はなく、制御指令装置 10 を例えば上位コンピュータとして相互に通信可能に接続される構成であっても良い。

【0028】

後述するように、搬送異常検出装置 110 は、最大駆動電流予測モデル 112 を含む構成される（図 2 等参照）。最大駆動電流予測モデル 112 は、鋼板製造ライン 1 の冷却設備 40 において鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラ 41 を駆動する複数の駆動モータ 42 の各々に対する駆動電流の最大値を予測するように、所定の機械学習アルゴリズムにより機械学習が行われることにより構築された機械学習モデルである。最大駆動電流予測モデル 112 に対する機械学習は、制御指令装置 10 の搬送異常検出装置 110 により行われても良いし、オフサイトの他のコンピュータ（図示せず）によって行われても良い。本開示では、このような機械学習が行われた最大駆動電流予測モデル 112 を明示的に学習済み最大駆動電流予測モデル 112 と呼ぶことがある。制御指令装置 10 は、鋼板製造ライン 1 の操業中、学習済み最大駆動電流予測モデル 112 により、各種のパラメータに基づいて、駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値を予測し、予測された値（以下「予測値」という。）に基づいて、鋼板材料の搬送異常の発生を早期に検出する。

【0029】

加熱設備 20 は、例えばスラブ形状の鋼板材料に対して熱処理を施すための炉を含む設備である。加熱設備 20 は、操業中、例えば図示しない加熱装置により炉内が加熱されて高温に保たれ、搬入口から搬入された鋼板材料を所定の温度まで加熱し、搬出口から搬出する。高温に加熱された鋼板材料は、搬送路に従って圧延設備 30 に搬送される。

【0030】

圧延設備 30 は、所定の温度に加熱された鋼板材料に圧延処理を施すための設備である。本開示では、圧延処理は、熱間圧延処理であるものとするが、これに限られず、例えば、温間圧延処理等であっても良い。圧延設備 30 は、例えば、図示しないが、複数の圧延機、すなわち、粗圧延機と仕上圧延機とを含み構成される。粗圧延機及び仕上圧延機の各々は、典型的には、鋼板材料を圧延するためのワークロールと圧延荷重を受けてワークロールのたわみを抑制するバックアップロールとからなるが、これに限られない。鋼板材料は、粗圧延機及び仕上圧延機を通過することで所望の厚さとする圧延処理が行われる。仕上圧延機を通過した鋼板材料は、搬送路に従って冷却設備 40 に搬送される。

【0031】

なお、圧延設備 30 は、図示されていないが、デスケーリング設備を含み得る。デスケーリング設備は、デスケーリング情報に従って、加熱された鋼板の表面に形成されるスケールを除去（デスケーリング）するための設備である。デスケーリング設備は、例えば鋼板材料の上面及び下面の各々に対向するように、圧延機の入側及び出側に設けられた噴射ノズル（図示せず）を含み、噴射ノズルから高圧の水流を、圧延設備による圧延処理中の鋼板の表面に噴射し、これにより、発生するスケールを除去する。

【0032】

冷却設備 40 は、高温状態にある圧延され、搬送ローラ 41 によって搬送される鋼板材料に対して、所定の冷却条件に従って、冷却水を供給し、冷却処理を施すための設備である。冷却設備 40 は、典型的には、後述するように、幾つかの冷却ユニット U に区切られ、鋼板材料の上下面に冷却水を噴射ないしは噴流することにより、鋼板材料を急速に冷却する。このような冷却処理により、鋼板材料の材質特性（例えば強度や靱性等）が改善される。冷却設備 40 における複数の搬送ローラ 41 によって形成される搬送テーブルは、ランアウトテーブルと呼ばれる。言い換えれば、冷却設備 40 におけるランアウトテーブ

10

20

30

40

50

ルは、圧延設備 30 の出側と巻取設備 50 の入側との間に設けられる複数の搬送ローラ 41 によって形成される。本開示では、操業中、冷却設備 40 に設けられた駆動モータ 42 に供給される駆動電流の値（実績値）が、制御指令装置 10 の制御の下、搬送異常検出装置 110 に出力される。

【0033】

巻取設備 50 は、冷却された帯状の鋼板材料をコイル状に巻き取る設備である。コイル状に巻き取られた鋼板材料は、最終製品としての鋼板となる。冷却設備 40 のランアウトテーブルから送り出される鋼板材料の先端部は、接続する搬送ローラ 41 に受け渡さながら、巻取設備 50 におけるコイラーに誘導され、巻き取られていく。このとき、冷却設備 40 のランアウトテーブルから送り出される鋼板材料の先端部が、曲がりや反りといった形状不良により、繋ぎ目の搬送ローラ 41 に引っ掛かったり、詰まったりして、搬送できなくなる搬送異常が発生することがある。搬送異常検出装置 110 は、このような鋼板材料の搬送異常の発生を、搬送ローラ 41 を駆動する駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値を予測する最大駆動電流予測モデル 112 を用いて、検出する。

10

【0034】

図 2 は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける冷却設備の概略的構成の一例を示す図である。同図では、冷却設備に関連して、制御指令装置 10 の搬送異常検出装置も示されている。

【0035】

同図を参照し、冷却設備 40 は、複数の冷却ユニット U から構成される。各冷却ユニット U は、制御指令装置 10 の制御の下、異なる冷却条件で動作し得る。本例では、図中、3 つの冷却ユニット U (1) ~ U (3) が示されている。

20

【0036】

冷却ユニット U は、鋼板材料を搬送する複数の搬送ローラ 41 と、複数の搬送ローラ 41 を各々駆動する複数の駆動モータ 42 と、鋼板材料に対して冷却水を噴射する噴射ノズル 43 とを備える。鋼板材料は、制御指令装置 10 の制御の下、所定の搬送速度及び加速度で、冷却ユニット U (1) ~ U (3) を順番に通って所望の温度まで冷却される。

【0037】

複数の搬送ローラ 41 は、典型的には、下側に設けられた複数の搬送ローラ（以下「下側搬送ローラ」という。）41a と上側に設けられた搬送ローラ（以下「上側搬送ローラ」という。）41b とから構成される。本例では、下側搬送ローラ 41a は、駆動モータ 42 に駆動されるように構成される。

30

【0038】

複数の駆動モータ 42 は、各々、制御指令装置 10 の制御の下、複数の下側搬送ローラ 41a を駆動する。すなわち、制御指令装置 10 は、各駆動モータ 42 に対して駆動電流が供給されるように制御し、これを受けて、各駆動モータ 42 は、下側搬送ローラ 41a を回転駆動する。制御指令装置 10 は、操業中、各駆動モータ 42 に対する駆動電流の実績値を例えば周期的に測定ないしは取得し、これを搬送異常検出装置 110 に出力する。

【0039】

各冷却ユニット U における搬送方向に隣接する搬送ローラ 41 の間には、流量調整弁（図示せず）に接続された噴射ノズル 43 が設けられている。噴射ノズル 43 は、制御指令装置 10 の制御の下、流量調整弁により噴射流量が調整された冷却水を鋼板材料の表面に向けて噴射する。

40

【0040】

各冷却ゾーン U の入側及び出側には、放射温度計 44 が設けられる。放射温度計 44 により計測された温度は、制御指令装置 10 に通知される。制御指令装置 10 は、通知された温度に基づいて、各種の操業パラメータ（例えば冷却水の量）を調整し、鋼板製造ライン 1 を制御し得る。

【0041】

図 3 は、本発明の一実施形態に係る制御指令装置における搬送異常検出装置の機能的構

50

成の一例を示す図である。

【0042】

同図に示すように、搬送異常検出装置110は、機能的構成要素として、例えば、パラメータ取得部111と、最大駆動電流予測モデル112と、駆動電流実績値取得部113と、判定部114と、出力部115とを含み得る。

【0043】

パラメータ取得部111は、最大駆動電流予測モデル112に入力すべき各種のパラメータを取得する。各種のパラメータは、例えば、鋼板材料に関する材料諸元パラメータと、鋼板材料の搬送並びに冷却水の噴射に関する操業パラメータとを含む。鋼板材料に関する材料諸元パラメータは、例えば、鋼板材料の厚さ（材料厚）、幅（材料幅）、種類（鋼種）、及び成分等であるが、これらに限られない。また、鋼板材料の搬送に関する操業パラメータは、例えば、鋼板材料の搬送速度及び加速度等であるが、これらに限られない。また、冷却水の噴射に関する操業パラメータは、例えば、各噴射ノズル43からの冷却水の噴射量、噴射時間、及び噴射ノズル43と鋼板材料との間の距離等であるが、これらに限られない。本例では、冷却水の噴射に関する操業パラメータは、冷却水の噴射量の有無を示すものとする。

【0044】

最大駆動電流予測モデル112は、各駆動モータ42に対する駆動電流の最大値を予測する。すなわち、最大駆動電流予測モデル112は、材料諸元パラメータと、鋼板材料の搬送並びに冷却水の噴射に関する操業パラメータとを入力として、複数の駆動モータ42の各々に対する駆動電流の最大値を予測するように、所定の機械学習アルゴリズムにより機械学習が行われることにより構築された機械学習モデルである。機械学習にあたっては、鋼板製造ライン1における過去のある操業期間での上記のパラメータと実際の駆動電流の最大値が用いられる。所定の機械学習アルゴリズムとして、例えば、ニューラルネットワーク、線形回帰、局所回帰、決定木学習、ランダムフォレスト、及びサポートベクター回帰等が適用され得るが、これらに限られない。

【0045】

学習済み最大駆動電流予測モデル112は、鋼板製造ライン1の操業中、パラメータ取得部111により取得される操業パラメータに基づいて、駆動電流の最大値を予測する。予測された駆動電流の最大値は、判定部114に入力される。

【0046】

なお、学習済み最大駆動電流予測モデル112が出力する予測値の精度は、鋼板製造ライン1の各設備の経年劣化や鋼板材料の諸元により変化し得る。このため、学習済み最大駆動電流予測モデル112は、その予測精度が定期的に監視され、必要に応じてモデルの再学習又は更新が行われる。例えば、オペレータは、手動により、新たなパラメータを用いて最大駆動電流予測モデル112に対して機械学習を行い、モデルを最構築し得る。或いは、搬送異常検出装置110は、予測精度の劣化が認められた場合に、自動で最大駆動電流予測モデル112に対して機械学習を行い、モデルを最構築し得る。

【0047】

駆動電流実績値取得部113は、操業中、制御指令装置10の制御により各駆動モータ42に供給される駆動電流の値（実績値）を受信し取得する。駆動電流の実績値は、例えば、駆動モータ42の電源ケーブルに接続された電流計により周期的にサンプリングされ測定される電流値であり得る。或いは、駆動電流の実績値は、制御指令装置10が出力する駆動電流制御信号が示す値であっても良い。駆動電流実績値取得部113は、駆動電流の実績値を例えば100 μ sから20ms程度の周期で取得する。

【0048】

判定部114は、学習済み最大駆動電流予測モデル112から出力される駆動電流の予測値と駆動電流実績値取得部113により取得された駆動電流の実績値とに基づいて、鋼板材料に搬送異常が発生したか否かを判定する。例えば、判定部114は、駆動電流の実績値に対する駆動電流の予測値の乖離率を算出し、算出された乖離率が所定のしきい値

10

20

30

40

50

を超えていると判断する場合に、鋼板材料の搬送異常が発生したと判断する。乖離率は、例えば、以下の式によって算出される。

$$\text{乖離率} = (\text{予測値} - \text{実績値}) / \text{実績値} \times 100 (\%)$$

【0049】

或いは、判定部114は、駆動電流の最大値と駆動電流の実績値の差分値を算出し、算出された差分値が所定のしきい値を超えたと判断する場合に、搬送異常が発生したと判断しても良い。判定部114は、搬送異常が発生したと判断する場合に、搬送異常信号を出力部115に出力する。

【0050】

出力部115は、判定部114から搬送異常信号を受け付けると、鋼板製造ライン1のオペレータ等に搬送異常の発生を知らせるために、例えばディスプレイに警告表示を出力したり、鋼板製造ライン1に設置された警報器が点滅及び／又は鳴動したりするように制御を行う。また、追加的に又は代替的に、出力部115は、制御指令装置10に鋼板製造ライン1の操業を非常停止させるために非常停止信号を出力する。

【0051】

図4は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流の変化を示すグラフである。同図中、横軸は、経過時間を示し、縦軸は駆動モータ42に対する駆動電流の実績値の変化率を示している。具体的には、図4(a)は、鋼板製造ライン1において、鋼板材料の搬送異常が発生しなかった場合（通常時）の駆動電流の変化を示すグラフであり、図4(b)は、鋼板製造ライン1において、鋼板材料の搬送異常が発生した場合（搬送異常発生時）の駆動電流の変化を示すグラフである。

【0052】

すなわち、同図(a)では、鋼板材料の先端部がある搬送ローラ41を通過する際の当該搬送ローラ41を駆動する駆動モータ42に供給される駆動電流の変化が示されている。同図(a)に示すように、鋼板材料の先端部がある搬送ローラ41に到達すると、これに応じて駆動モータ42にわずかな負荷がかかり、制御指令装置10は、搬送速度を一定に保とうと負荷に応じて駆動電流の値を大きくなるように制御し、これにより、駆動モータ42のトルクは上がり、その後、駆動電流の値は概ね一定となる。このように、鋼板材料の詰まりが発生していない場合の駆動電流の値の変化は、約10～20%の上昇率である。

【0053】

一方、同図(b)では、鋼板材料の先端部がある搬送ローラ41に到達した直後に鋼板材料の詰まりが発生した際の当該搬送ローラ41を駆動する駆動モータ42に供給される駆動電流の変化を示している。同図(b)に示すように、鋼板材料がある搬送ローラ41に到達した直後に詰まりが発生すると、これに応じて駆動モータ42に非常に大きな負荷がかかり、制御指令装置10は、搬送速度を一定に保とうと負荷に応じて駆動電流の値を大きくなるように制御する。このように、鋼板材料の詰まりが発生した場合の駆動電流の値の変化は、リミッタの上限値である約250%の上昇率である。

【0054】

したがって、本開示では、鋼板製造ライン1の操業中の駆動モータ42に対する駆動電流の最大値を予測し得るように、最大駆動電流予測モデル112が所定の機械学習アルゴリズムに従って構築される。そして、搬送異常検出装置110は、予測された駆動電流の値（予測値）と操業中に取得される実績値とに基づいて、鋼板材料の搬送異常の発生を検出する。

【0055】

図5は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流の変化を諸条件ごとに示すグラフである。各グラフ中の各折れ線は、各駆動モータ42に対する駆動電流の変化を示している。ここで、諸条件とは、2種類の鋼板材料の板厚（材料厚）と冷却水の噴射の有無とである。具体的には、同図(a)は、

冷却水の噴射が有り、かつ、材料厚が厚い場合の駆動電流の変化を示し、同図（b）は、冷却水の噴射が有り、かつ、材料厚が薄い場合の駆動電流の変化を示している。また、同図（c）は、冷却水の噴射が無く、かつ、材料厚が厚い場合の駆動電流の変化を示し、同図（d）は、冷却水の噴射が無く、かつ、材料厚が薄い場合の駆動電流の変化を示している。

【0056】

これらの図からわかるように、材料厚が厚くなるとその分だけ重量が重くなるため、下側搬送ローラ41aを駆動するための駆動モータ42に負荷がかかり、更に、冷却水の噴射により、冷却水の重量もまた駆動モータ42に負荷をかけるため、これに応じて駆動電流の値が大きくなる。このように、材料厚及び冷却水の噴射の有無は、駆動モータ42に対する駆動電流に影響を与える因子であるといえる。また、搬送ローラ41にかかる重量という点で、鋼板材料の幅（材料幅）も同様に駆動電流に影響を与える因子であるといえる。

【0057】

以上より、本開示では、鋼板材料の材料厚、材料幅、搬送速度及び加速度、鋼板材料と噴射ノズル43との間の距離、並びに噴射ノズル43からの冷却水の量（噴射の有無）は、最大駆動電流予測モデル112に対する有意な説明変数として用いられる。また、後述するように、噴射ノズル43の噴射の有無は、駆動電流が予測される駆動モータ42が駆動する搬送ローラ41の近傍の噴射ノズル43が予測への寄与度が高いと考えられる。最大駆動電流予測モデル112は、このような説明変数を用いて、複数の駆動モータ42の各々に対する駆動電流の最大値を目的変数として予測するように、所定の機械学習アルゴリズムにより機械学習が行われることにより構築される。

【0058】

図6は、本発明の一実施形態に係る制御指令装置における搬送異常検出装置の処理の一例を説明するためのフローチャートである。かかる処理は、例えば、搬送異常検出装置110のプロセッサによる所定の搬送異常検出プログラムの実行に伴って各種のハードウェア資源と協働することにより、実現される。

【0059】

同図に示すように、搬送異常検出装置110は、鋼板製造ライン1の操業開始に際して、例えばデータベース120から学習済み最大駆動電流予測モデル112を実行可能なようにメモリに読み込む（S601）。学習済み最大駆動電流予測モデル112は、上述したように、材料諸元パラメータと、鋼板材料の搬送及び冷却水の噴射に関する操業パラメータとを入力として、複数の駆動モータ42の各々に対する駆動電流の最大値を予測するように機械学習が行われた機械学習モデルである。

【0060】

次に、搬送異常検出装置110は、鋼板製造ライン1において、鋼板材料に変更があったか否かを判断する（S602）。例えば、オペレータは、鋼板材料に変更があった場合は、手元のコンソール等を介して、鋼板製造ライン1に対する各種の操業パラメータの設定を修正・更新する。搬送異常検出装置110は、このような設定に基づいて、鋼板材料に変更があったか否かを判断する。

【0061】

搬送異常検出装置110は、鋼板材料に変更があったと判断する場合（S602のYes）、データベース120から各種のパラメータを読み込み、更新する（S603）。各種のパラメータは、材料諸元パラメータ及び各種の操業パラメータ等である。続いて、搬送異常検出装置110は、駆動モータ42に対する駆動電流の実績値を周期的に取得する（S604）。一方、搬送異常検出装置110は、鋼板材料に変更がないと判断する場合（S602のNo）、各駆動モータ42に対する駆動電流の実績値を周期的に取得する（S604）。

【0062】

次に、搬送異常検出装置110は、複数の駆動モータ42（i）の各々（iは1～nの

正数) に対する駆動電流の最大値を順番に予測する。すなわち、学習済み最大駆動電流予測モデル 112 は、複数の駆動モータ 42 の数を n 個として、駆動電流の最大値が予測される駆動モータ 42 (i) に対する駆動電流の値を順番に予測する (S 6 0 5) 。

【 0 0 6 3 】

次に、搬送異常検出装置 110 は、駆動電流の実績値に対する予測値の乖離率を計算し (S 6 0 6) 、続いて、乖離率が所定のしきい値を超えているか否かを判断する (S 6 0 7) 。搬送異常検出装置 110 は、乖離率が所定のしきい値を超えていないと判断する場合 (S 6 0 7 の No) 、該駆動モータ 42 には異常な負荷がかかっておらず詰まり等の異常がないとみなせることから、次の駆動モータ 42 (i) を選択し、同様に、上記処理を行う。

【 0 0 6 4 】

一方、搬送異常検出装置 110 は、乖離率が所定のしきい値を超えていると判断する場合 (S 6 0 7 の Yes) 、該駆動モータ 42 には異常な負荷がかかっているため、詰まり等の異常が発生しているとして、搬送異常処理を行う (S 6 0 8) 。例えば、搬送異常検出装置 110 は、鋼板製造ライン 1 のオペレータ等に搬送異常の発生を知らせるために、例えばディスプレイに警告表示を出力したり、鋼板製造ライン 1 に設置された警報器が点滅及び／又は鳴動したりするように制御を行う。或いは、搬送異常検出装置 110 は、鋼板製造ライン 1 の操業を非常停止させるために非常停止信号を制御指令装置 10 に出力する。

【 0 0 6 5 】

搬送異常検出装置 110 は、複数の駆動モータ 42 (i) の全てに対する駆動電流の予測を終えると、搬送異常の検出処理の終了条件が満たされているか否かを判断する (S 6 0 9) 。搬送異常検出装置 110 は、終了条件が満たされていないと判断する場合には (S 6 0 9 の No) 、 S 9 0 2 の処理に戻り、終了条件が満たされるまで上記処理を繰り返す。

【 0 0 6 6 】

(評価例)

次に、学習済み最大駆動電流予測モデル 112 において、駆動モータ 42 によって駆動される搬送ローラ 41 の近傍の噴射ノズル 43 の影響について評価する。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける鋼板材料搬送時の駆動モータに対する駆動電流と噴射ノズルとの関係を示すグラフである。具体的には、同図 (a) は、冷却設備 40 のユニット U (1) におけるある搬送ローラ 41 を駆動するための駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値の予測と該予測に対する各ユニット U の噴射ノズル 43 の寄与度との関係を示している。また、同図 (b) は、冷却設備 40 のユニット U (3) におけるある搬送ローラ 41 を駆動するための駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値の予測と該変化に対する各ユニット U の噴射ノズル 43 の寄与度との関係を示している。ここで、寄与度とは、最大駆動電流予測モデル 112 への入力に対して特定の説明変数がどれだけ予測に寄与しているかを示す指標である。本例では、説明変数 (特徴量) の値をランダムに並び替えて特徴量の重要度を測定する Permutation Importance という手法を用いた。なお、ユニット U (1) は、6 つの噴射ノズル 43 の群を備え、ユニット U (2) は、4 つの噴射ノズル 43 の群を備え、ユニット U (3) は、4 つの噴射ノズル 43 の群を備えるものとする。

【 0 0 6 8 】

同図 (a) に示すように、学習済み最大駆動電流予測モデル 112 によるユニット U (1) における駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値の予測には、ユニット U (1) における噴射ノズル 43 の寄与度が相対的に高いことがわかる。また、同図 (b) に示すように、学習済み最大駆動電流予測モデル 112 によるユニット U (3) における駆動モータ 42 に対する駆動電流の最大値の予測には、ユニット U (3) における噴射ノズル 43 の寄与度が高いことがわかる。とりわけ、最大駆動電流を予測する駆動モータ 42 に対応

10

20

30

40

50

する搬送ローラ 4 1 の近傍（例えば約 ± 3 m 以内）に設けられた噴射ノズル 4 3 での冷却水の噴射量（噴射の有無）が予測に大きく寄与することがわかる。

【0069】

したがって、鋼板材料の材料厚、材料幅、鋼板材料の搬送速度及び加速度、鋼板材料と噴射ノズル 4 3 との間の距離に加えて、駆動電流が予測される駆動モータ 4 2 が駆動する搬送ローラ 4 1 の近傍の噴射ノズル 4 3 による冷却水の噴射の有無もまた、駆動電流の予測への寄与度が高く、最大駆動電流予測モデル 1 1 2 の重要な説明変数であるといえる。

【0070】

図 8 は、本発明の一実施形態に係る搬送異常検出装置の学習済み最大駆動電流予測モデルの予測精度を表すヒストグラムである。具体的には、同図（a）は、冷却設備 4 0 のユニット U（1）におけるある搬送ローラ 4 1 を駆動するための駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の予測値の誤差率を示すグラフである。また、同図（b）は、冷却設備 4 0 のユニット U（3）におけるある搬送ローラ 4 1 を駆動するための駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の予測値の誤差率を示すグラフである。図中、横軸は、誤差率を示し、縦軸は、予測回数を示す。ここで、予測精度を示す誤差率は、以下のように定義される。

誤差率 = (予測値 - 実績値) / 実績値 × 100 (%)

【0071】

同図（a）及び（b）に示すように、誤差率の二乗平均平方根誤差（RMSE）は、いずれも 10 % 前後であった。以上のことから、実用性を考慮して、駆動電流の予測値と実績値との乖離率のしきい値を約 10 % に設定し得る。

【0072】

図 9 は、本発明の一実施形態に係る鋼板製造ラインにおける駆動モータに対する駆動電流の実績値と予測値との関係を示す散布図である。具体的には、同図（a）は、冷却設備 4 0 のユニット U（1）におけるある搬送ローラ 4 1 を駆動するための駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の実績値と予測値との関係を示す散布図である。また、同図（b）は、冷却設備 4 0 のユニット U（3）におけるある搬送ローラ 4 1 を駆動するための駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の実績値と予測値との関係を示す散布図である。図中、横軸は、予測値を示し、縦軸は、実績値を示している。

【0073】

同図（a）及び（b）では、2つの搬送異常 E 1 及び E 2 が示されている。同図（a）では、搬送異常 E 1 及び E 2 は、実績値と予測値との間に大きな乖離がない状態（すなわち、鋼板材料の搬送異常がない状態）のプロットの群から大きく乖離していることがわかる。また、同図（b）では、搬送異常 E 1 は、鋼板材料の搬送異常がない状態のプロットの群から大きく乖離していないが、搬送異常 E 2 は、鋼板材料の搬送異常がない状態のプロットの群から大きく乖離している。

【0074】

以上より、搬送異常 E 1 については、オペレータによる鋼板製造ライン 1 の非常停止が、鋼板材料の先端部がユニット U（3）へ到達前に間に合ったため、ユニット U（1）での検出のみでユニット U（3）での検出はなされないものの、搬送異常 E 2 については、ユニット U（1）及び U（3）の双方での検出がなされ得る。したがって、搬送異常検出装置 1 1 0 による最大駆動電流予測モデル 1 1 2 を用いた駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の変化を監視することは有効であることがわかる。

【0075】

以上のように、本実施形態によれば、搬送異常検出装置 1 1 0 は、最大駆動電流予測モデル 1 1 2 により搬送ローラ 4 1 を駆動する駆動モータ 4 2 に対する駆動電流の最大値を予測し、駆動電流の予測値と実績値とに基づいて鋼板材料の搬送異常の発生を検出することができるようになる。したがって、鋼板製造ライン 1 において、新たなセンサ等を設けることなく、鋼板材料の搬送異常の検出を低コストで実現することができるようになる。

【0076】

上記各実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明をこれらの実施形態に

10

20

30

40

50

のみ限定する趣旨ではない。本発明は、その要旨を逸脱しない限り、さまざまな形態で実施することができる。

【0077】

例えば、本明細書に開示される方法においては、その結果に矛盾が生じない限り、ステップ、動作又は機能を並行して又は異なる順に実施しても良い。説明されたステップ、動作及び機能は、単なる例として提供されており、ステップ、動作及び機能のうちのいくつかは、発明の要旨を逸脱しない範囲で、省略でき、また、互いに結合させることで一つのものとしてもよく、また、他のステップ、動作又は機能を追加してもよい。

【0078】

また、本明細書では、さまざまな実施形態が開示されているが、一の実施形態における特定のフィーチャ（技術的事項）を、適宜改良しながら、他の実施形態に追加し、又は該他の実施形態における特定のフィーチャと置換することができ、そのような形態も本発明の要旨に含まれる。

【符号の説明】

【0079】

1 … 鋼板製造ライン

10 … 制御指令装置

110 … 搬送異常検出装置

111 … パラメータ取得部

112 … 最大駆動電流予測モデル

113 … 駆動電流実績値取得部

114 … 判定部

115 … 出力部

120 … データベース

20 … 加熱設備

30 … 圧延設備

40 … 冷却設備

41 … 搬送ローラ

41a … 下側搬送ローラ

41b … 上側搬送ローラ

42 … 駆動モータ

43 … 噴射ノズル

44 … 放射温度計

U … 冷却ユニット

50 … 巻取設備

10

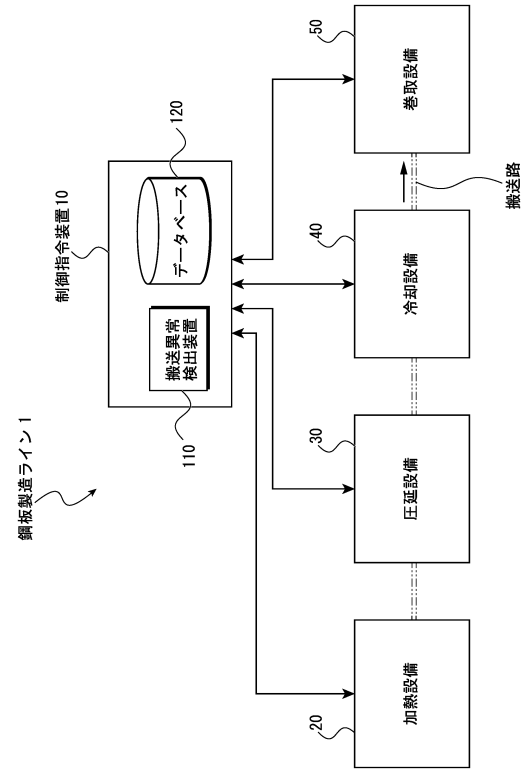
20

30

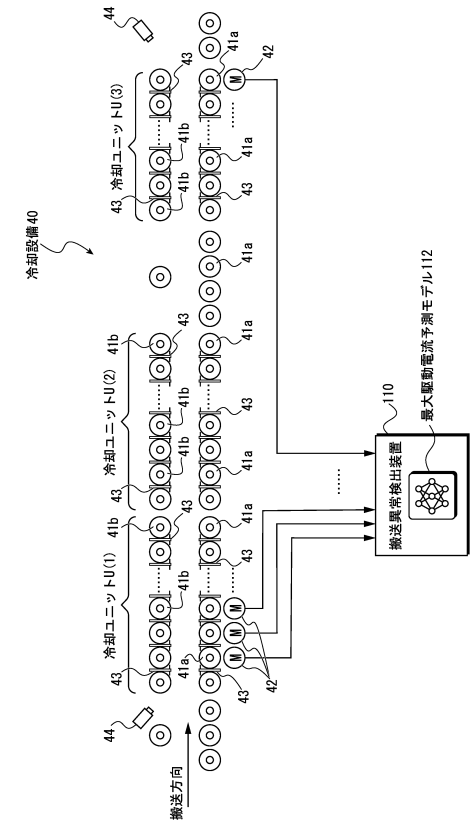
40

50

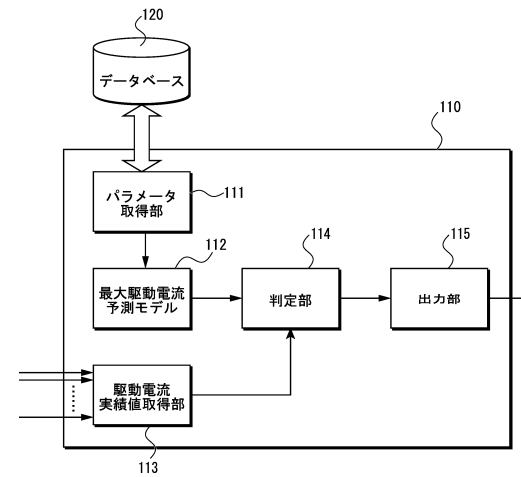
【図面】
【図 1】



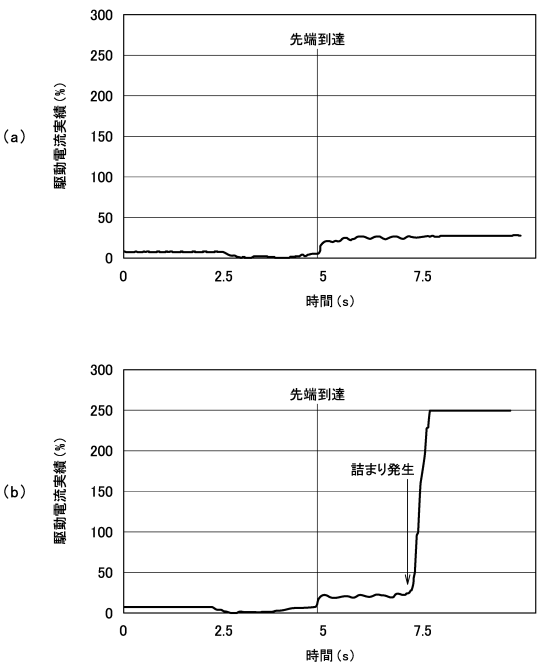
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

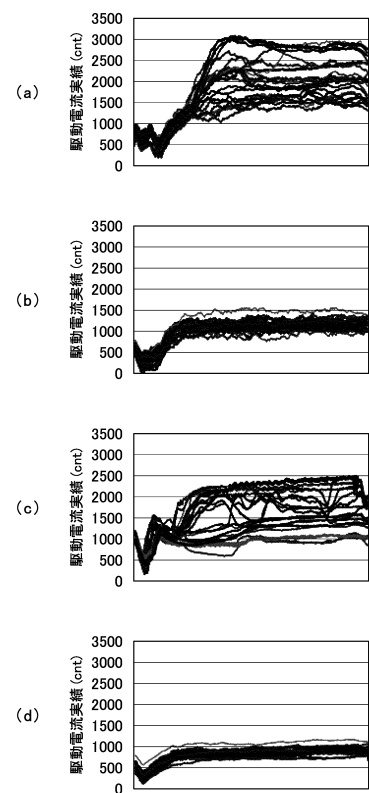
20

30

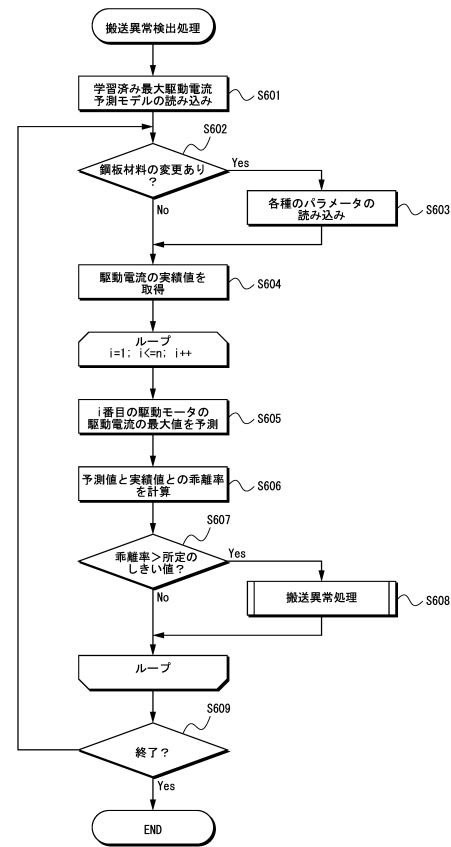
40

50

【図 5】



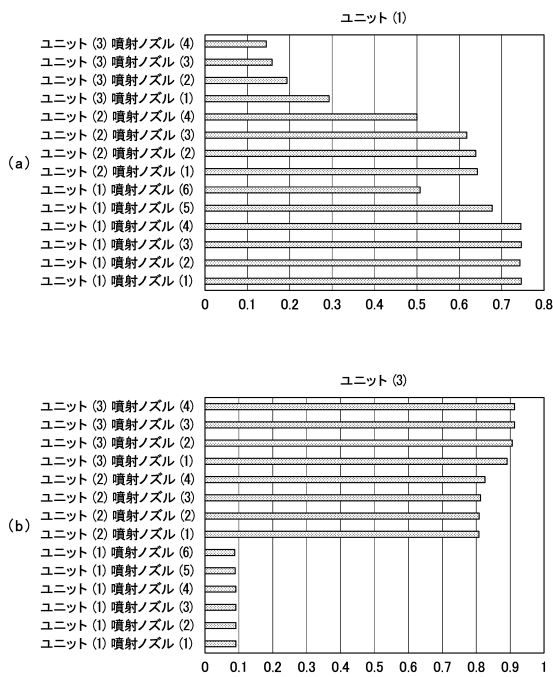
【図 6】



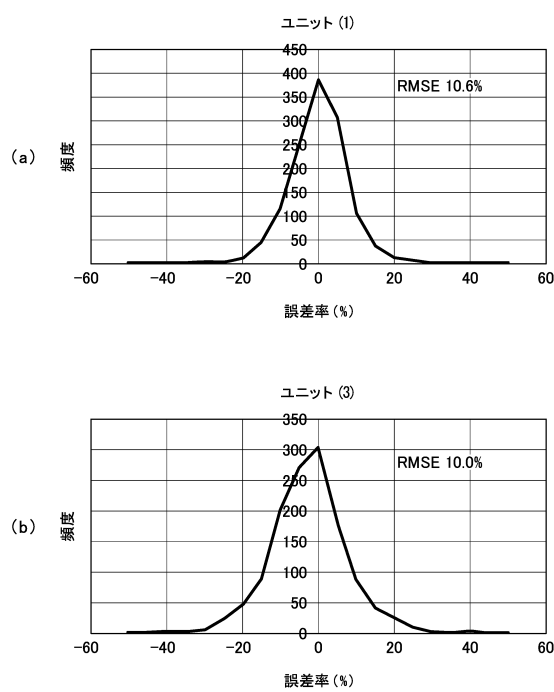
10

20

【図 7】



【図 8】

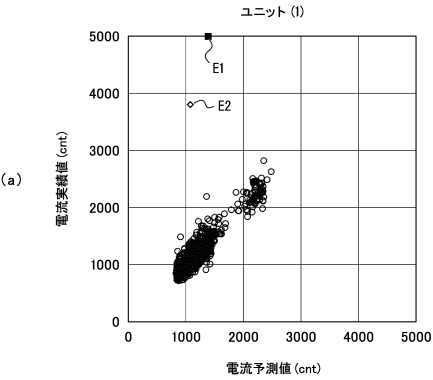


30

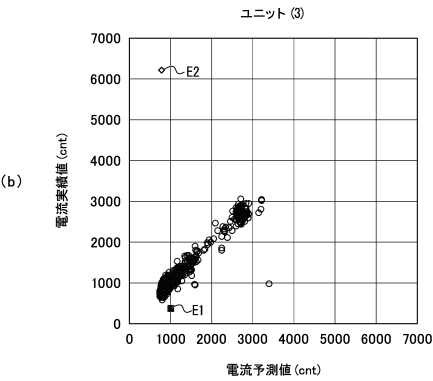
40

50

【図 9】



10



20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 隅川 佳星

- (56)参考文献 特開平04-178212 (JP, A)
特開平11-304826 (JP, A)
特開平11-326147 (JP, A)
特開2000-280016 (JP, A)
特開2004-264208 (JP, A)
特開2013-104795 (JP, A)
特開2018-173777 (JP, A)
特開2019-196271 (JP, A)
特開2021-066580 (JP, A)
特開2021-121562 (JP, A)
国際公開第2019/244599 (WO, A1)
米国特許出願公開第2021/0198047 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B21B 1/00 - 99/00
B21C 51/00
B65G 43/00 - 43/10