

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2023-10057
(P2023-10057A)

(43)公開日

令和5年1月20日(2023.1.20)

| | | |
|--------------------------|---------------------|-------------|
| (51)Int. Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| G 0 5 B 19/418 (2006.01) | G 0 5 B 19/418 Z | 3 C 1 0 0 |
| C 2 1 D 11/00 (2006.01) | C 2 1 D 11/00 1 0 4 | 4 K 0 3 8 |

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|---------|--|
| (21)出願番号 | 特願2021-113856(P2021-113856) | (71)出願人 | 000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 |
| (22)出願日 | 令和3年7月8日(2021.7.8) | (74)代理人 | 100147485 弁理士 杉村 憲司 |
| | | (74)代理人 | 230118913 弁護士 杉村 光嗣 |
| | | (74)代理人 | 100165696 弁理士 川原 敬祐 |
| | | (74)代理人 | 100195534 弁理士 内海 一成 |
| | | (72)発明者 | 片山 雄太 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 |

最終頁に続く

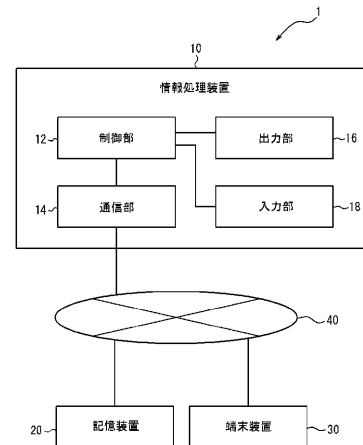
(54)【発明の名称】鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラム

(57)【要約】

【課題】鋼材の歩留まりの向上を支援できる、鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラムを提供する。

【解決手段】鋼材の熱処理条件決定方法は、熱処理の対象となる第 1 鋼材の熱処理前特性と目標特性とをモデルに入力することによって第 1 鋼材の熱処理条件を推定して第 1 鋼材の熱処理条件として決定するステップと、第 1 鋼材の熱処理条件の推定結果を熱処理として適用して得られた第 1 鋼材の熱処理後特性を取得するステップと、モデルを更新する候補モデルを実績データに基づいて生成するステップと、第 2 鋼材の実績データの熱処理前特性と熱処理条件とを候補モデルに入力して推定した熱処理後特性と第 2 鋼材の実績データの熱処理後特性との差に基づいて評価値を算出するステップと、評価値が更新条件を満たす場合にモデルを候補モデルで置き換えるステップとを含む。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

鋼材の熱処理前特性と熱処理条件と熱処理後特性との関係を推定するモデルを用いて、複数の種類の鋼材の熱処理条件を決定する、鋼材の熱処理条件決定方法であって、

熱処理の対象となる第 1 鋼材の熱処理前特性と、前記第 1 鋼材を熱処理した場合の目標特性とを取得するステップと、

前記第 1 鋼材の熱処理前特性と前記目標特性とを前記モデルに入力することによって、前記第 1 鋼材の熱処理後特性が前記目標特性になるように前記第 1 鋼材の熱処理条件を推定した結果を、前記第 1 鋼材の熱処理条件として決定するステップと、

前記第 1 鋼材の熱処理条件の推定結果を熱処理として適用して得られた前記第 1 鋼材の熱処理後特性を取得するステップと、

前記第 1 鋼材の熱処理前特性と熱処理後特性と熱処理条件とを関連づけた実績データに基づいて、前記モデルを更新する候補モデルを生成するステップと、

前記第 1 鋼材とは異なる第 2 鋼材の実績データの熱処理前特性と熱処理条件とを前記候補モデルに入力することによって前記候補モデルによる熱処理後特性を推定するステップと、

前記候補モデルによる熱処理後特性の推定結果と前記第 2 鋼材の実績データの熱処理後特性との差に基づいて前記候補モデルの推定精度を表す評価値を算出するステップと、

前記評価値が更新条件を満たす場合に、前記モデルを前記候補モデルで置き換えるステップと

を含む、鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 2】

前記第 1 鋼材とは異なる種類の鋼材の実績データに基づいて前記モデルを生成するステップを更に含む、請求項 1 に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 3】

前記モデルを機械学習による学習済みモデルとして生成するステップを更に含む、請求項 1 又は 2 に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 4】

前記第 1 鋼材の熱処理条件を推定した結果を前記モデルに入力して前記第 1 鋼材の仮想熱処理後特性を推定するステップと、

前記第 1 鋼材の仮想熱処理後特性の工程能力指数を算出するステップと、

前記工程能力指数が工程評価条件を満たすように、前記第 1 鋼材の熱処理条件を推定するステップと

を更に含む、請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 5】

前記第 1 鋼材の熱処理条件が熱処理時間を含む場合、前記工程能力指数が前記工程評価条件を満たす範囲で前記熱処理時間を短縮するステップを更に含む、請求項 4 に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 6】

前記評価値として、前記候補モデルによる熱処理後特性の推定結果と前記第 1 鋼材の熱処理後特性との差の平方平均二乗誤差を算出するステップを更に含む、請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 7】

前記第 1 鋼材が鋼管である場合、前記鋼管の表面温度を前記第 1 鋼材の熱処理条件のパラメータとして、前記第 1 鋼材の熱処理条件を決定し、又は、前記モデルを更新するステップと、

前記鋼管の長手方向に所定間隔で位置する測定点の温度を 2 次元温度センサで測定した結果のうち最大値を前記鋼管の表面温度として取得するステップと

を更に含む、請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

鋼材の熱処理に関する情報を管理する管理アプリケーションを実行するステップと、前記管理アプリケーションの付加機能として前記第1鋼材の熱処理条件を決定するステップとを更に含む、請求項1から7までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法。

【請求項9】

請求項1から8までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法を実行することによって決定された前記第1鋼材の熱処理条件を用いて前記第1鋼材の熱処理を実行するステップを含む、鋼材の製造方法。

【請求項10】

請求項1から8までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法を実行する制御部を備える、鋼材の情報処理装置。

10

【請求項11】

請求項1から8までのいずれか一項に記載の鋼材の熱処理条件決定方法をプロセッサに実行させる、鋼材の熱処理条件決定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

様々な条件の受注仕様に対応可能にする鋼板品質設計装置が知られている（例えば特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平5 - 287341号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

生産実績データの不足によって鋼材の歩留まりを向上させにくいことがある。

30

【0005】

そこで、本開示は、鋼材の歩留まりの向上を支援できる、鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラム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】

【0006】

本開示の一実施形態に係る鋼材の熱処理条件決定方法は、鋼材の熱処理前特性と熱処理条件と熱処理後特性との関係を推定するモデルを用いて、複数の種類の鋼材の熱処理条件を決定する。

前記鋼材の熱処理条件決定方法は、

40

熱処理の対象となる第1鋼材の熱処理前特性と、前記第1鋼材を熱処理した場合の目標特性とを取得するステップと、

前記第1鋼材の熱処理前特性と前記目標特性とを前記モデルに入力することによって、前記第1鋼材の熱処理後特性が前記目標特性になるように前記第1鋼材の熱処理条件を推定した結果を、前記第1鋼材の熱処理条件として決定するステップと、

前記第1鋼材の熱処理条件の推定結果を熱処理として適用して得られた前記第1鋼材の熱処理後特性を取得するステップと、

前記第1鋼材の熱処理前特性と熱処理後特性と熱処理条件とを関連づけた実績データに基づいて、前記モデルを更新する候補モデルを生成するステップと、

前記第1鋼材とは異なる第2鋼材の実績データの熱処理前特性と熱処理条件とを前記候

50

補モデルに入力することによって前記候補モデルによる熱処理後特性を推定するステップと、

前記候補モデルによる熱処理後特性の推定結果と前記第2鋼材の実績データの熱処理後特性との差に基づいて前記候補モデルの推定精度を表す評価値を算出するステップと、

前記評価値が更新条件を満たす場合に、前記モデルを前記候補モデルで置き換えるステップとを含む。

【0007】

本開示の一実施形態に係る鋼材の製造方法は、前記熱処理条件決定方法を実行することによって決定された前記熱処理条件を用いて前記第1鋼材の熱処理を実行するステップを含む。

10

【0008】

本開示の一実施形態に係る情報処理装置は、前記熱処理条件決定方法又は前記製造方法を実行する制御部を備える。

【0009】

本開示の一実施形態に係る鋼材の熱処理条件決定プログラムは、前記熱処理条件決定方法をプロセッサに実行させる。

【発明の効果】

【0010】

本開示に係る鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラムによれば、鋼材の歩留まりの向上が支援され得る。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】一実施形態に係る情報処理システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】一実施形態に係る鋼材の熱処理条件決定方法及び製造方法の手順例を示すフローチャートである。

【図3】熱処理条件を決定するためのモデルを更新する手順例を示すフローチャートである。

【図4】比較例に係る方法で決定した熱処理条件で熱処理した鋼材の特性パラメータの測定値と目標値との相関を示すグラフである。

30

【図5】一実施形態に係る鋼材の熱処理条件決定方法で決定した熱処理条件で熱処理した鋼材の特性パラメータの測定値と目標値との相関を示すグラフである。

【図6】測定値と目標値との差を表すR M S Eと、鋼材の熱処理の不合格率との相関を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本開示に係る鋼材の熱処理条件決定方法、鋼材の製造方法、情報処理装置、及び鋼材の熱処理条件決定プログラムの実施形態が図面に基づいて説明される。各図面は模式的なものであって、現実のものとは異なる場合がある。また、以下の実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置又は方法を例示するものであり、構成を下記のものに特定するものでない。すなわち、本開示の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

40

【0013】

(実施形態)

図1に示されるように、一実施形態に係る情報処理システム1は、情報処理装置10と、記憶装置20と、端末装置30と、ネットワーク40とを備える。情報処理装置10と、記憶装置20と、端末装置30とは、ネットワーク40を介して互いに通信可能に接続される。

【0014】

情報処理装置10は、鋼材の熱処理条件を決定し、プラントに熱処理条件を出力するこ

50

とによって、プラントに鋼材の熱処理を実行させる。鋼材の熱処理は、例えば鋼材の加熱と冷却とを組み合わせた処理を含んでよい。鋼材の熱処理は、水焼き入れ又は空気焼き入れ等を含んでよい。鋼材の熱処理は、熱間圧延を含んでもよい。熱処理条件は、鋼材を加熱する温度若しくは時間、又は、鋼材を冷却する温度若しくは時間を含んでよい。熱処理条件は、鋼材に対してかける圧力を含んでよい。

【 0 0 1 5 】

情報処理装置 1 0 は、記憶装置 2 0 に、鋼材の熱処理に関する実績データをデータベースとして格納する。鋼材の熱処理に関する実績データは、熱処理前の鋼材の特性と、鋼材の熱処理条件と、熱処理後の鋼材の特性とを関連づけたデータを含む。熱処理前の鋼材の特性は、熱処理前特性とも称される。熱処理後の鋼材の特性は、熱処理後特性とも称される。鋼材の特性は、鋼材の外形若しくは肉厚等の寸法、鋼材の成分、又は、鋼材の内部応力等の機械的特性等で特定される。

10

【 0 0 1 6 】

情報処理装置 1 0 は、鋼材の熱処理に関する実績データに基づいて熱処理条件の推定モデルを生成する。熱処理条件の推定モデルは、鋼材の熱処理前特性と熱処理後の目標特性とを入力として受け付け、鋼材の熱処理条件の推定結果を出力する。

【 0 0 1 7 】

端末装置 3 0 は、記憶装置 2 0 に格納されたデータベースを閲覧可能に構成される。端末装置 3 0 は、情報処理装置 1 0 に鋼材の仕様を出力するように構成される。端末装置 3 0 は、情報処理装置 1 0 又は記憶装置 2 0 から種々の情報又はデータを取得してもよいし、情報処理装置 1 0 又は記憶装置 2 0 に種々の情報又はデータを出力してもよい。

20

【 0 0 1 8 】

情報処理装置 1 0 は、制御部 1 2 と、通信部 1 4 と、出力部 1 6 と、入力部 1 8 とを備える。制御部 1 2 は、情報処理装置 1 0 の種々の機能を制御及び管理するために、例えば C P U (Central Processing Unit) 等の少なくとも 1 つのプロセッサを含んで構成されてよい。制御部 1 2 は、 1 つのプロセッサで構成されてよいし、複数のプロセッサで構成されてよい。制御部 1 2 を構成するプロセッサは、後述する記憶部に格納されたプログラムを読み込んで実行することによって、情報処理装置 1 0 の機能を実現してよい。

【 0 0 1 9 】

制御部 1 2 は、記憶部を備えてよい。記憶部は、各種の情報又はデータ等を格納する。記憶部は、例えば制御部 1 2 において実行されるプログラム、又は、制御部 1 2 において実行される処理で用いられるデータ若しくは処理の結果等を格納してよい。また、記憶部は、制御部 1 2 のワークメモリとして機能してよい。記憶部は、例えば半導体メモリ等を含んで構成されてよいがこれに限定されない。例えば、記憶部は、制御部 1 2 として用いられるプロセッサの内部メモリとして構成されてもよいし、制御部 1 2 からアクセス可能なハードディスクドライブ (H D D) として構成されてもよい。記憶部は、非一時的な読み取り可能媒体として構成されてもよい。記憶部は、制御部 1 2 と一体に構成されてもよいし、制御部 1 2 と別体として構成されてもよい。

30

【 0 0 2 0 】

通信部 1 4 は、有線又は無線によって他の装置と通信するための通信インタフェースを含んで構成されてよい。通信インタフェースは、ネットワーク 4 0 を介して他の装置と通信可能に構成されてよい。通信部 1 4 は、他の装置との間でデータを入出力する入出力ポートを含んで構成されてよい。通信部 1 4 は、プロセスコンピュータ又は上位システムに対して、必要なデータ及び信号を送受信する。通信部 1 4 は、有線通信規格に基づいて通信してよいし、無線通信規格に基づいて通信してもよい。例えば無線通信規格は 3 G、4 G 及び 5 G 等のセルラーフォンの通信規格を含んでよい。また、例えば無線通信規格は、I E E E 8 0 2 . 1 1 及び B l u e t o o t h (登録商標) 等を含んでよい。通信部 1 4 は、これらの通信規格の 1 つ又は複数をサポートしてよい。通信部 1 4 は、これらの例に限られず、種々の規格に基づいて他の装置と通信したりデータを入出力したりしてよい。

40

【 0 0 2 1 】

50

出力部 16 は、制御部 12 から取得した情報を出力する。出力部 16 は、直接又は外部装置等を介して、文字、図形、又は画像等の視覚情報を出力することによってユーザに情報を通知してよい。出力部 16 は、表示デバイスを備えてもよいし、表示デバイスと有線又は無線で接続されてもよい。表示デバイスは、例えば液晶ディスプレイ等の種々のディスプレイを含んでよい。出力部 16 は、直接又は外部装置等を介して、音声等の聴覚情報を出力することによってユーザに情報を通知してもよい。出力部 16 は、スピーカ等の音声出力デバイスを備えてもよいし、音声出力デバイスと有線又は無線で接続されてもよい。出力部 16 は、振動デバイスを備えてもよい。出力部 16 は、視覚情報、聴覚情報又は触覚情報だけでなく、直接又は外部装置等を介して、ユーザが他の感覚で知覚できる情報を出力することによってユーザに情報を通知してもよい。

10

【0022】

入力部 18 は、ユーザからの入力を受け付ける入力デバイスを含んでもよい。入力デバイスは、例えば、キーボード又は物理キーを含んでもよいし、タッチパネル若しくはタッチセンサ又はマウス等のポインティングデバイスを含んでもよい。入力デバイスは、これらの例に限られず、他の種々のデバイスを含んでもよい。

【0023】

記憶装置 20 は、磁気ディスク等の電磁記憶媒体を含んでもよいし、半導体メモリ又は磁気メモリ等のメモリを含んでもよい。記憶装置 20 は、各種情報を格納する。

【0024】

端末装置 30 は、CPU等のプロセッサを含んで構成される。端末装置 30 は、表示デバイス又は音声出力デバイス等の種々の出力デバイスを含んで構成されてよい。端末装置 30 は、種々の入力デバイスを含んで構成されてよい。端末装置 30 は、例えばデスクトップPC等を含んでもよい。端末装置 30 は、例えばスマートフォン又はタブレット等の携帯端末を含んでもよい。端末装置 30 は、例えばタブレットPC (Personal Computer) 又はノートPC等の携帯端末を含んでもよい。

20

【0025】

(鋼材の熱処理条件の決定)

情報処理システム 1 は、鋼材の熱処理に関するモデルを用いて鋼材の熱処理条件を決定する。モデルは、鋼材の熱処理前特性と、鋼材の熱処理条件と、鋼材の熱処理後特性との関係を推定可能に構成される。例えば、鋼材の熱処理前特性と鋼材の熱処理条件とをモデルに入力した場合、モデルは、鋼材の熱処理後特性の推定結果を出力する。また、鋼材の熱処理前特性と鋼材の熱処理後の目標特性とをモデルに入力した場合、モデルは、鋼材の熱処理後特性が目標特性になるように鋼材の熱処理条件を推定した結果を出力する。本実施形態において、情報処理システム 1 は、鋼材の熱処理前特性の測定値とその鋼材を熱処理した後の目標特性とに基づいてモデルから得られる鋼材の熱処理条件の推定結果に基づいて、鋼材の熱処理条件を決定する。熱処理条件を決定し熱処理を実行する対象とする鋼材は、第1鋼材とも称される。

30

【0026】

モデルは、1種類の鋼材を対象として、その鋼材の熱処理前特性と熱処理後の目標特性とを入力として、熱処理条件の推定結果を出力するように構成されてよい。モデルは、複数種類の鋼材を包括的に対象として、各種の鋼材の熱処理前特性と熱処理後の目標特性とを入力として、熱処理条件の推定結果を出力するように構成されてよい。

40

【0027】

鋼材は、例えば鋼板又は鋼管等の鋼材の種々の態様によって分類されてよい。鋼管は、例えば油井管等を含んでもよい。鋼材は、その用途によって分類されてもよい。鋼材は、その材質によって分類されてもよい。鋼材は、例えば、API (American Petroleum Institute) が発行する規格であるAPI SPECIFICATION 5CT TENTH EDITIONに記載されている各種の態様に分類されてもよい。鋼材は、鋼板又は鋼管等の1つの態様の中で、外形の寸法又は肉厚等によって分類されてよいし、内部応力等の特性によって分類されてもよい。

【0028】

50

本実施形態に係る情報処理システム 1 は、1 つのモデルを用いて、鋼板又は鋼管等の 1 つの態様の中で、種々の寸法又は特性で分類される鋼材の熱処理条件を決定できるように構成される。具体的に、情報処理システム 1 において、モデルは、鋼材の外形の寸法若しくは肉厚、又は、内部応力等の特性がそれぞれ異なる複数の種類の鋼材の熱処理条件を包括的に推定するように構成される。1 つのモデルが複数の種類の鋼材の熱処理条件を推定できることによって、熱処理の実績が少ない種類の鋼材であっても、その熱処理条件が他の種類の鋼材の実績に基づいて推定され得る。その結果、熱処理の実績が少ない種類の鋼材の熱処理条件の推定精度が向上され得る。

【 0 0 2 9 】

モデルは、機械学習による学習済みモデルとして生成されてよいし、線形解析のモデルとして生成されてもよい。機械学習による学習済みモデルは、深層学習モデルを含んでよい。情報処理システム 1 において、情報処理装置 1 0 の制御部 1 2 は、記憶装置 2 0 に格納した実績データを教師データとして深層学習することによって学習済みモデルを生成してもよいし、実績データの回帰分析等に基づいて線形解析のモデルを生成してもよい。制御部 1 2 は、第 1 鋼材とは異なる種類の鋼材の実績データに基づいてモデルを生成してもよい。このようにすることで、第 1 鋼材と同じ種類の鋼材の実績データが無かったり少なかったりする場合でも、第 1 鋼材の熱処理条件を推定するモデルが生成され得る。

10

【 0 0 3 0 】

情報処理装置 1 0 の制御部 1 2 は、図 2 に例示されるフローチャートの手順を含む情報処理方法を実行することによって、鋼材の熱処理条件を決定し、鋼材の熱処理を実行してよい。情報処理方法は、制御部 1 2 を構成するプロセッサに実行させる情報処理プログラムとして実現されてもよい。情報処理プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

20

【 0 0 3 1 】

制御部 1 2 は、モデルを取得する（ステップ S 1 ）。具体的に、制御部 1 2 は、記憶装置 2 0 に格納されている鋼材の熱処理の実績データに基づいてモデルを生成することによってモデルを取得してよい。また、制御部 1 2 は、記憶装置 2 0 にあらかじめ格納されているモデルを取得してもよい。

【 0 0 3 2 】

制御部 1 2 は、鋼材の熱処理前特性及び鋼材の熱処理後の目標特性を取得する（ステップ S 2 ）。具体的に、制御部 1 2 は、記憶装置 2 0 又は端末装置 3 0 等の外部装置から、鋼材の熱処理前特性の測定データ及び鋼材の熱処理後の目標特性を取得してよい。

30

【 0 0 3 3 】

制御部 1 2 は、モデルに基づいて鋼材の熱処理条件を決定する（ステップ S 3 ）。具体的に、制御部 1 2 は、モデルに鋼材の熱処理前特性と鋼材の熱処理後の目標特性とを入力する。制御部 1 2 は、モデルから出力される鋼材の熱処理条件の推定結果を取得する。制御部 1 2 は、取得した推定結果を鋼材の熱処理条件として決定する。

【 0 0 3 4 】

制御部 1 2 は、決定した熱処理条件を出力する（ステップ S 4 ）。制御部 1 2 は、鋼材の熱処理を実行するプラントに対して熱処理条件を出力してよい。

40

【 0 0 3 5 】

プラントは、制御部 1 2 で決定された熱処理条件に基づいて鋼材の熱処理を実行する（ステップ S 5 ）。制御部 1 2 は、決定した熱処理条件に基づく制御指示をプラントに出力することによって、プラントに熱処理を実行させてもよい。

【 0 0 3 6 】

制御部 1 2 は、ステップ S 5 の手順の実行後、図 2 のフローチャートの手順の実行を終了する。ステップ S 1 から S 4 までの手順は、鋼材の熱処理条件を決定する手順であり、鋼材の熱処理条件決定方法とも称される。ステップ S 5 の手順は、決定した熱処理条件で鋼材の熱処理を実行する手順であり、鋼材の熱処理方法とも称される。ステップ S 5 の手順は、鋼材の熱処理によって鋼材を製造する手順ともいえ、鋼材の製造方法とも称される

50

【 0 0 3 7 】

(モデルの更新)

本実施形態に係る情報処理システム 1 において、情報処理装置 1 0 の制御部 1 2 は、実績データに基づいてモデルを更新してよい。具体的に、制御部 1 2 は、鋼材の熱処理条件決定方法を実行することによって決定した熱処理条件を実際に用いて鋼材の熱処理が実行された場合に、その鋼材の熱処理後特性を取得する。制御部 1 2 は、その鋼材の熱処理前特性と、その鋼材の熱処理に用いた熱処理条件と、その鋼材の熱処理後特性とを関連づけた実績データを記憶装置 2 0 に格納する。制御部 1 2 は、新たに追加された実績データに基づいてモデルを更新する。

10

【 0 0 3 8 】

ここで、ある種類の鋼材について新たに追加された実績データに基づいてモデルを更新することによって、その種類の鋼材の熱処理条件の推定精度が高められるとしても、他の種類の鋼材の熱処理条件の推定精度が低くなることが起こり得る。そこで、制御部 1 2 は、新たに追加された実績データに基づいてモデルを生成し、生成したモデルが他の種類の鋼材の熱処理条件の推定精度に及ぼす影響を評価してよい。制御部 1 2 は、評価結果に基づいて、既存のモデルを生成したモデルによって置き換えることによってモデルを更新するか判定する。既存のモデルを置き換えるために生成されるモデルは、候補モデルとも称される。

【 0 0 3 9 】

制御部 1 2 は、新たに追加された実績データに基づいて候補モデルを生成し、他の実績データにおける鋼材の熱処理前条件と鋼材の熱処理条件とを候補モデルに入力する。たの実績データは、新たに追加された実績データよりも過去の実績データを含む。制御部 1 2 は、候補モデルから出力される鋼材の熱処理後特性の推定結果と、実績データにおける鋼材の熱処理後特性とを比較する。候補モデルに入力する他の実績データの対象とされている鋼材は、第 2 鋼材とも称される。

20

【 0 0 4 0 】

制御部 1 2 は、候補モデルによる鋼材の熱処理後特性の推定結果と実績データにおける鋼材の熱処理後特性との差を数値として表す評価値を算出してよい。制御部 1 2 は、候補モデルによる鋼材の熱処理後特性の推定結果と実績データにおける鋼材の熱処理後特性との差が小さいほど評価値を大きい値として算出してもよいし小さい値として算出してもよい。本実施形態において、制御部 1 2 は、比較する特性の差が小さいほど評価値を大きい値として算出する。

30

【 0 0 4 1 】

制御部 1 2 は、例えば、鋼材の特性として内部応力を比較する場合、内部応力の差の大きさに基づいて評価値を算出してよい。制御部 1 2 は、鋼材の複数の特性を比較する場合、各特性の数値の差の大きさの合計又は平均等に基づいて評価値を算出してよい。

【 0 0 4 2 】

制御部 1 2 は、評価値が更新条件を満たす場合、候補モデルが妥当であると判定し、既存のモデルを候補モデルで置き換えることによってモデルを更新してよい。更新条件は、例えば、評価値が所定値以上であることを含んでよい。制御部 1 2 は、評価値が更新条件を満たさない場合(例えば評価値が所定値未満である場合)、候補モデルが妥当でないと判定し、既存のモデルを更新せずにそのまま用い続けてよい。

40

【 0 0 4 3 】

制御部 1 2 は、データベースに含まれる過去の全ての実績データについて上述した評価値の算出手順を実行してよい。制御部 1 2 は、データベースに含まれる過去の実績データのうち鋼材の種類毎に少なくとも 1 つの実績データについて上述した評価値の算出手順を実行してよい。

【 0 0 4 4 】

制御部 1 2 は、複数の実績データについて評価値を算出した場合、算出した全ての評価

50

値について所定値と比較してよい。制御部 12 は、評価値の算出の対象とした全ての実績データについて評価値が所定値以上である場合に候補モデルが妥当であると判定してもよい。制御部 12 は、評価値の算出の対象とした実績データのうち所定数の実績データについて評価値が所定値以上である場合に候補モデルが妥当であると判定してもよい。所定数は、例えば評価値を算出した実績データの数の 50% の数に設定されてもよいし、これに限られず所定の割合の数に設定されてもよい。

【0045】

制御部 12 は、各実績データについて算出した評価値の平方二乗平均を算出してよい。制御部 12 は、各実績データにおける、候補モデルから出力される鋼材の熱処理後特性の推定結果と、実績データにおける鋼材の熱処理後特性との平方平均二乗誤差 (RMSE) を算出してよい。制御部 12 は、各実績データについて算出した評価値の平方二乗平均、又は、各実績データにおける特性の RMSE に基づいて候補モデルの評価値を算出してよい。本実施形態において、制御部 12 は、各実績データについて算出した評価値の平方二乗平均、又は、各実績データにおける特性の RMSE が小さいほど、候補モデルの評価値を大きい値で算出する。制御部 12 は、例えば、各実績データについて算出した評価値の平方二乗平均、又は、各実績データにおける特性の RMSE の逆数を候補モデルの評価値として算出してよい。制御部 12 は、候補モデルの評価値が所定値以上である場合に候補モデルが妥当であると判定してもよい。

10

【0046】

情報処理装置 10 の制御部 12 は、図 3 に例示されるフローチャートの手順を含む情報処理方法を実行することによって、モデルを更新してよい。情報処理方法は、制御部 12 を構成するプロセッサに実行させる情報処理プログラムとして実現されてもよい。情報処理プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

20

【0047】

制御部 12 は、熱処理を実行した鋼材の熱処理前特性、熱処理条件及び熱処理後特性を関連づけたデータを実績データとして取得する (ステップ S11)。制御部 12 は、取得した実績データを記憶装置 20 に格納されているデータベースに追加することによってデータベースを更新する (ステップ S12)。

【0048】

制御部 12 は、更新したデータベースに含まれる実績データに基づいて候補モデルを生成する (ステップ S13)。制御部 12 は、候補モデルに基づいて熱処理後特性を推定する (ステップ S14)。具体的に、制御部 12 は、データベースに含まれる過去の実績データの鋼材の熱処理前特性と熱処理条件とを候補モデルに入力する。制御部 12 は、候補モデルから鋼材の熱処理後特性の推定結果を取得する。制御部 12 は、複数の実績データについて、鋼材の熱処理前特性と熱処理条件とを候補モデルに入力し、候補モデルから鋼材の熱処理後特性の推定結果を取得してもよい。

30

【0049】

制御部 12 は、鋼材の熱処理後特性の推定結果の評価値を算出する (ステップ S15)。具体的に、制御部 12 は、実績データの熱処理後特性と実績データの熱処理前特性と熱処理条件とを候補モデルに入力して推定した熱処理後特性との差の評価値を実績データ毎に算出してよい。制御部 12 は、各実績データの熱処理後特性と推定した熱処理後特性との差の RMSE を候補モデルの評価値として算出してよい。

40

【0050】

制御部 12 は、評価値が所定値以上であるか判定する (ステップ S16)。制御部 12 は、各実績データについて評価値を算出した場合、各実績データについて算出した評価値が所定値以上であるか判定してよい。制御部 12 は、候補モデルの評価値を算出した場合、候補モデルの評価値が所定値以上であるか判定してよい。

【0051】

制御部 12 は、評価値が所定値未満である場合、つまり評価値が所定値以上でない場合 (ステップ S16: NO)、図 3 のフローチャートの手順の実行を終了する。制御部 12

50

は、評価値が所定値以上である場合（ステップS16：YES）、候補モデルが妥当であると判定し、候補モデルで既存モデルを置き換えることによってモデルを更新する（ステップS17）。制御部12は、ステップS17の手順の実行後、図3のフローチャートの手順の実行を終了する。

【0052】

以上述べてきたように、本実施形態に係る情報処理装置10並びに情報処理方法（鋼材の熱処理条件決定方法及び製造方法）によれば、過去の実績データに基づいて生成されたモデルに鋼材の熱処理前特性と熱処理後の目標特性とを入力することによって熱処理条件が推定され得る。このようにすることで、熱処理条件に過去の実績データを容易に反映させることができる。その結果、鋼材の熱処理条件の推定精度が向上され得る。また、鋼材の熱処理の歩留まりが向上され得る。

10

【0053】

また、モデルは、複数種類の鋼材について熱処理条件を推定可能に構成される。このようにすることで、熱処理の実績が少ない種類の鋼材であっても、その熱処理条件が他の種類の鋼材の実績に基づいて推定され得る。その結果、熱処理の実績が少ない種類の鋼材の熱処理条件の推定精度が向上され得る。

【0054】

本実施形態に係る装置及び方法を適用して得られる鋼材の熱処理の結果が説明される。まず、比較例に係る方法として、過去の実績データを近似した直線又は曲線に基づいて鋼材の熱処理条件が決定される。一方で、本実施形態に係る方法として、モデルに基づいて鋼材の熱処理条件が決定される。いずれの方法においても、鋼材の熱処理後特性が目標値となるように熱処理後特性が決定された。そして、それぞれの方法で決定された鋼材の熱処理条件によって鋼材が実際に熱処理され、それぞれの鋼材の熱処理後特性が測定された。

20

【0055】

図4に、比較例に係る方法で決定された熱処理条件で熱処理した鋼材の特性の測定値と、熱処理条件を決定するために設定した目標値との相関を表すグラフが示される。図5に、本実施形態に係る方法で決定された熱処理条件で熱処理した鋼材の特性の測定値と、熱処理条件を決定するために設定した目標値との相関を表すグラフが示される。図4及び図5において、横軸は鋼材の熱処理後特性の測定値を表す。縦軸は鋼材の熱処理後特性の目標値を表す。直線は、測定値と目標値とが一致する場合を表している。

30

【0056】

図4の比較例に係る方法による結果と図5の本実施形態に係る方法による結果とが比較される。図5の本実施形態に係る方法によって得られた測定値は、図4の比較例に係る方法によって得られた測定値よりも目標値に近いといえる。具体的に、測定値と目標値との差に基づいてRMSEが算出された。本実施形態に係る方法によって得られた結果のRMSEは、比較例に係る方法によって得られた結果のRMSEよりも小さかった。

【0057】

また、比較例及び本実施形態それぞれに係る方法で得られた鋼材の検査における不合格率が算出された。図6に、RMSEと不合格率との関係が示される。図6において、横軸はRMSEを表す。縦軸は不合格率を表す。図6に示される関係によれば、RMSEが小さいほど不合格率が低くなるといえる。本実施形態に係る装置及び方法によれば、鋼材の熱処理後の検査の不合格率が低減され得るといえる。その結果、鋼材の熱処理の歩留まりが向上する。

40

【0058】

（他の実施形態）

以下、他の実施形態が説明される。

【0059】

<工程能力指数>

情報処理装置10の制御部12は、候補モデルの妥当性を確認するために、過去の実績

50

データを候補モデルに入力して推定した熱処理後特性の工程能力指数を算出してよい。工程能力指数は、熱処理後特性の目標値に基づいて算出される。制御部 1 2 は、工程能力指数が工程評価条件を満たす場合、候補モデルが妥当であると判定してよい。工程評価条件は、例えば、工程能力指数があらかじめ設定した目標下限値以上であることを含んでよい。

【 0 0 6 0 】

また、制御部 1 2 は、既存のモデルで推定した熱処理条件を既存のモデルに入力して鋼材の熱処理後特性を推定してもよい。既存のモデルで推定した熱処理条件を既存のモデルに入力して推定した鋼材の熱処理後特性は、仮想熱処理後特性とも称される。制御部 1 2 は、仮想熱処理後特性の工程能力指数を算出し、工程能力指数が工程評価条件を満たすように鋼材の熱処理条件を推定してよい。具体的に、制御部 1 2 は、工程能力指数が工程評価条件を満たす範囲で熱処理時間を短縮した熱処理条件を生成してよい。

10

【 0 0 6 1 】

< 鋼材の表面温度を含む熱処理条件の決定 >

熱処理の対象とする鋼材が鋼管である場合、鋼材の熱処理条件は、鋼管の表面温度をパラメータとして含んでよい。情報処理装置 1 0 の制御部 1 2 は、鋼管の表面温度をパラメータとしてモデルを生成又は更新してよい。具体的に、鋼管の表面温度は、鋼管の長手方向に所定間隔で位置する測定点の温度を 2 次元温度センサで測定することによって得られる。制御部 1 2 は、各測定点の温度の測定結果のうち最大値を鋼管の表面温度として取得してよい。制御部 1 2 は、各測定点の温度の測定結果の平均等の統計処理をした値を鋼管の表面温度として取得してもよい。制御部 1 2 は、鋼管の表面温度に基づいてモデルを生成又は更新してよい。

20

【 0 0 6 2 】

< アドイン >

情報処理装置 1 0 は、鋼材の熱処理に関する情報を管理するアプリケーションを実行してよい。鋼材の熱処理に関する情報を管理するアプリケーションは、例えば表計算アプリケーションを含んでよい。情報処理装置 1 0 は、鋼材の熱処理に関する情報を管理するアプリケーションの内部の処理として、熱処理条件を推定してよい。また、管理アプリケーションにおける熱処理条件の推定機能は、管理アプリケーションに対する付加機能として実現されてよい。管理アプリケーションに対する熱処理条件の推定機能の付加は、熱処理条件を推定するプログラムを含むアドインとして実現され得る。

30

【 0 0 6 3 】

本開示の実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。従って、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部又は各ステップなどに含まれる機能などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部又はステップなどを 1 つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。本開示に係る実施形態は装置が備えるプロセッサにより実行されるプログラム又はプログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものである。本開示の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

1 情報処理システム

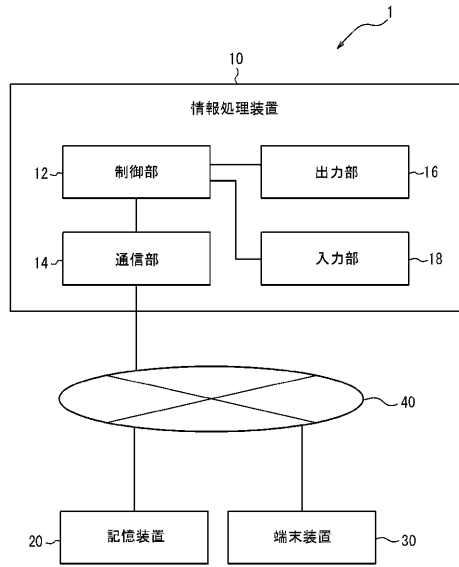
1 0 情報処理装置 (1 2 : 制御部、 1 4 : 通信部、 1 6 : 出力部、 1 8 : 入力部)

2 0 記憶装置

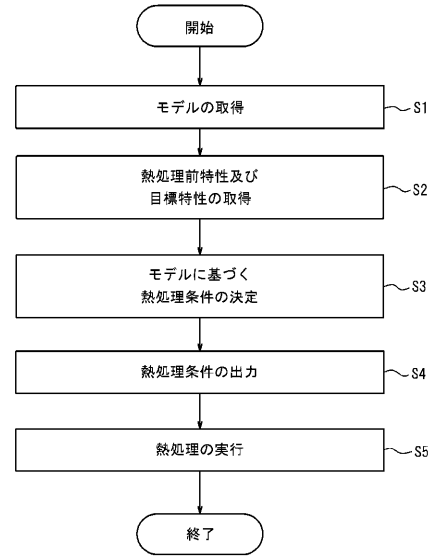
3 0 端末装置

4 0 ネットワーク

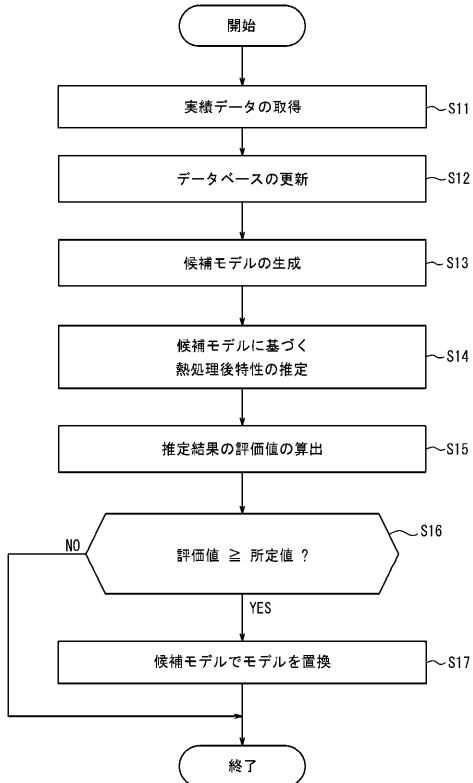
【図 1】



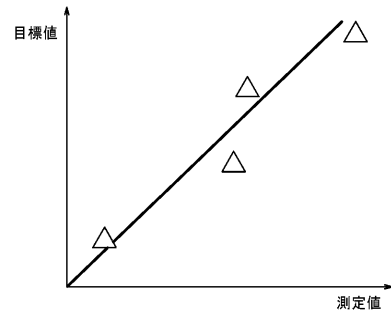
【図 2】



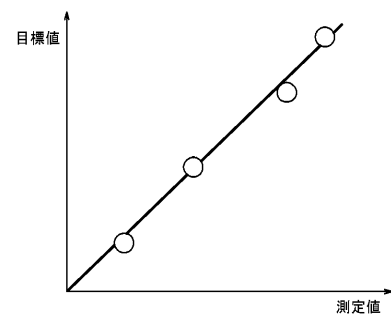
【図 3】



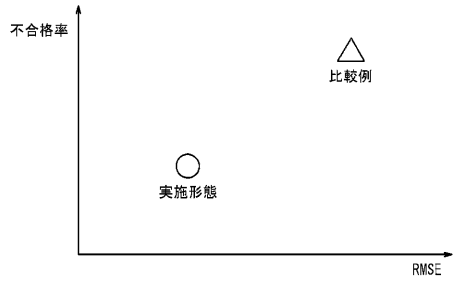
【図 4】



【図 5】



【 图 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 徹

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 平間 俊晴

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

Fターム(参考) 3C100 AA22 AA56 AA70 BB05 BB13 BB15 BB27 BB33 EE10
4K038 AA01 AA04 CA01 CA03 DA01 EA01 FA02