

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/138294 A1

(51) 国際特許分類:

C21D 11/00 (2006.01) **C22C 38/04** (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)

京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/051136

(22) 国際出願日: 2019年12月26日(26.12.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-245266 2018年12月27日(27.12.2018) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (**NIPPON STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 建部 勝利 (**TATEBE, Katsutoshi**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 坂本 明洋 (**SAKAMOTO, Akihiro**); 〒1008071 東

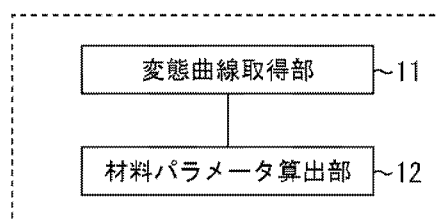
(74) 代理人: 國分 孝悦 (**KOKUBUN, Takayoshi**); 〒1700013 東京都豊島区東池袋1丁目17番8号 NBF池袋シティビル5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) **Title:** HEAT TREATMENT ANALYSIS METHOD AND DEVICE, PROGRAM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 熱処理解析方法及び装置、並びにプログラム及び記録媒体



熱処理解析装置
AA

11 Transformation curve acquisition unit
12 Material parameter calculation unit
AA Heat treatment analysis device

(57) **Abstract:** In this heat treatment analysis method, a transformation rate curve of an isothermal transformation diagram is approximated and obtained for each metal structure of a steel material by means of a function of equation (1) in the calculation of a material parameter of the steel material, and a material parameter of a KJMA equation is calculated by using a function of the obtained transformation rate curve. According to this method, the heat treatment analysis can be easily performed with high reliability by enabling phase transformation characteristics to be introduced in a short working time at high accuracy without depending on the subjectivity of a worker.

(57) 要約: 熱処理解析方法では、鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、式(1)の関数により近似して取得し、得られた変態率曲線の関数を用いてKJMA式の材料パラメータを算出する。この方法によれば、作業者の主観に依らない高精度な相変態特性の導入を短い作業時間で行うことを可能とし、信頼性の高い熱処理解析を容易に行うことができる。

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

熱処理解析方法及び装置、並びにプログラム及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、熱処理解析方法及び装置、並びにプログラム及び記録媒体に関するものである。

背景技術

[0002] 鉄道用車輪や軌条製品等の鉄鋼製品について、新規の製品開発を行う際や既存製品の特性改善を行う際には、鉄鋼製品の製造時における焼入れ工程等について熱処理解析を行うことが必要である。この熱処理解析は、数値解析ソフトウェアを用いた熱処理シミュレーションで行なわれている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-68509号公報

特許文献2：特許第2772707号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：焼入れシミュレーションの現状と展望，材料，Vol.55，No.5，pp.529-535，May 2006

非特許文献2：熱処理シミュレーション，熱処理，Vol.55，No.2，pp.86-92，April 2015

非特許文献3：Sub-committee on Material Database under the Committee on Engineering Plasticity，"Material database for simulation of metal thermo-mechanical field"，Journal of the Society of Material Science, Japan, Vol.51, No.3, pp.350-355(2002)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 熱処理シミュレーションにより熱処理解析を行う場合には、対象となる鋼材の相変態特性を導入することが必須となる。相変態特性を表す等温変態線図（TTT図；Time-Temperature-Transformation diagrams）は、解析対象となる鋼材の材料実験で取得された離散的な情報により作成される。そのため、熱処理シミュレーションによる熱処理解析を行うには、TTT図の変態率曲線を連続的な関数として表現する必要がある。
- [0006] 以前では、TTT図の変態率曲線は、当該材料等に適合するように当業者それぞれの主観に基づいて、例えば雲形定規等を用いて適宜表されていたところ、このような表現法では関数として定まらず、熱処理シミュレーションによる熱処理解析に用いることはできない。実験で取得された離散的な情報に基づいて連続的な関数を定める手法としては、 n 次多項式の関数を用いた近似が便宜であるところ、TTT図の変態率曲線を連続関数として表現する場合にも、温度の n 次多項式の関数を用いて近似している。
- [0007] TTT図の変態率曲線を、温度の n 次多項式の関数を用いて近似した一例を図1に示す。図1では、縦軸が温度、横軸が時間を対数目盛で示しており、斜線を付した箇所が変態率曲線の近似領域とされている。
- [0008] しかしながら、 n 次多項式の関数を用いて近似する場合、関数の曲線形状が不自然であったり、次元解析が不可能であったり、係数の変数の有効桁数が不明であったりするという不都合がある。更には、 n 次多項式の性質上、TTT図において重要な変態温度（金属組織がパーライトであれば、共析変態温度）に漸近しないという問題もある。近似精度を上げるためには実験における計測点を細かく取得する必要があるが、図1に示すように共析変態温度（高温側の漸近温度 T_A ）付近では、計測点の取得に膨大な時間を要する（図1では時間は対数目盛である）という問題もある。
- [0009] n 次多項式を適用した単純な近似作業は精度が低いため、近似精度を向上させるべく、例えば近似する温度範囲をいくつか細区分化し、区分ごとに適合する n 次多項式で近似する手法が考えられている。しかしながらこの場合、細区分化の区分数には客観的な基準がなく、作業者の主観に委ねられて

いるため、客観性の欠如と作業の困難性が問題となる。

[0010] 更には、 n 次多項式を用いた近似だけでも困難であるにも拘わらず、その近似式を用いた相変態の進行を表現する等温変態速度式（K J M A 式）中の材料パラメータに関しても、温度の n 次多項式として近似する必要があり、困難さを増大させているという問題がある。

[0011] 本発明は、上記の諸問題に鑑みてなされたものであり、作業者の主観に依らない高精度な相変態特性の導入を短い作業時間で行うことを可能とし、信頼性の高い熱処理解析を容易に行うことができる熱処理解析方法及び装置、並びにプログラム及び記録媒体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

[0012] 上記の課題を解決するため、鋭意検討の結果、以下に示す発明の諸様態に想到した。本発明の要旨は、次の通りである。

[0013] [1]

鉄鋼材料の熱処理解析方法であって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、式（１）の関数により近似して取得することを特徴とする熱処理解析方法。

[0014] [数1]

$$\log(\tilde{t}) = \tilde{C} \frac{|\tilde{T}_N - \tilde{T}|^m}{|1 - \tilde{T}|^n} \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで} \left\{ \begin{array}{ll} \tilde{t} = t / t_N & [-] \quad \text{無次元時刻} \\ \tilde{T} = T / T_A & [-] \quad \text{無次元温度} \\ \tilde{T}_N = T_N / T_A & [-] \quad \text{無次元ノーズ温度} \\ \tilde{C} & [-] \quad \text{無次元係数} \\ m, n & [-] \quad \text{累乗指数} \end{array} \right.$$

[0015] ここで、 t [s] 及び T [°C] はそれぞれ前記等温変態線図における任意

の時間及び温度、 t_N [s] 及び T_N [°C] は前記変態率曲線の先端に関連する時間及び温度、 T_A [°C] は前記変態率曲線における高温側の漸近温度を意味する。

[0016] [2]

前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得することを特徴とする [1] に記載の熱処理解析方法。

[0017] [3]

前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた1種又は2種以上であることを特徴とする [1] 又は [2] に記載の熱処理解析方法。

[0018] [4]

取得された式 (1) の関数を用いて、式 (2) の材料パラメータである n (T) と f (T) を式 (3) 及び式 (4) により算出することを特徴とする [1] ~ [3] のいずれか1つに記載の熱処理解析方法。

[0019] [数2]

$$\xi = 1 - \exp(-f(T)t^{n(T)}) \quad \dots (2)$$

$$n(T) = \log \left(\frac{\ln(1 - \xi_F)}{\ln(1 - \xi_i)} \right) / \log \left(\frac{t_F - t_S}{t_i - t_S} \right) \quad \dots (3)$$

$$f(T) = - \frac{\ln(1 - \xi_i)}{(t_i - t_S)^{n(T)}} \quad \dots (4)$$

ここで { ξ : 金属組織の変態率
 $n(T), f(T)$: 相変態特性に関するパラメータ
 下付文字
 S : 変態開始 (変態率0%)
 F : 変態終了 (変態率100%)
 i : 途中変態 (任意の変態率 例えば50%)

[0020] [5]

鉄鋼材料の熱処理解析装置であって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、前記式（１）の関数により近似して取得する変態率曲線取得部を備えたことを特徴とする熱処理解析装置。

[0021] [6]

前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、

前記変態率曲線取得部は、前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得することを特徴とする [5] に記載の熱処理解析装置。

[0022] [7]

前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた１種又は２種以上であることを特徴とする [5] 又は [6] に記載の熱処理解析装置。

[0023] [8]

取得された前記式（１）の関数を用いて、前記式（２）の前記材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を前記式（３）及び前記式（４）により算出する材料パラメータ算出部を備えたことを特徴とする [5] ～ [7] のいずれか１つに記載の熱処理解析装置。

[0024] [9]

鉄鋼材料の熱処理解析プログラムであって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、前記式（１）の関数により近似して取得する手順をコンピュータに実行させることを特徴とする熱処理解析プログラム。

[0025] [10]

前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、

前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得

することを特徴とする〔9〕に記載の熱処理解析プログラム。

[0026] [11]

前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた1種又は2種以上であることを特徴とする〔9〕又は〔10〕に記載の熱処理解析プログラム。

[0027] [12]

取得された前記式(1)の関数を用いて、前記式(2)の前記材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を前記式(3)及び前記式(4)により算出することを特徴とする〔9〕～〔11〕のいずれか1つに記載の熱処理解析プログラム。

[0028] [13]

〔9〕～〔12〕のいずれか1つに記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

発明の効果

[0029] 本発明によれば、作業者の主観に依らない高精度な相変態特性の導入を短い作業時間で行うことを可能とし、信頼性の高い熱処理解析を容易に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]図1は、TTT図の変態率曲線を、温度の n 次多項式の関数を用いて近似した一例を示す特性図である。

[図2]図2は、第1の実施形態による熱処理解析装置を示すブロック図である。

[図3]図3は、第1の実施形態による熱処理解析方法を示すフロー図である。

[図4A]図4Aは、パーライトについて、従来の熱処理解析方法を用いて作成されたTTT図を表す特性図である。

[図4B]図4Bは、パーライトについて、第1の実施形態による熱処理解析方法を用いて作成されたTTT図を表す特性図である。

[図5]図5は、フェライトとベイナイトの混相について、第1の実施形態によ

る熱処理解析方法を用いて作成されたＴＴＴ図を表す特性図である。

[図6]図 6 は、パーライトとベイナイトの混相について、第 1 の実施形態による熱処理解析方法を用いて作成されたＴＴＴ図を表す特性図である。

[図7]図 7 は、第 1 の実施形態及び比較例 1 , 2 によるＴＴＴ図の近似結果を示す図である。

[図8]図 8 は、第 2 の実施形態による特性予測装置を示すブロック図である。

[図9]図 9 は、第 2 の実施形態による特性予測方法を示すフロー図である。

[図10]図 1 0 は、パーソナルユーザ端末装置の内部構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0031] 〔第 1 の実施形態〕

第 1 の実施形態では、鋼材の熱処理解析方法及び装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。図 2 は、第 1 の実施形態による熱処理解析装置を示すブロック図である。図 3 は、第 1 の実施形態による熱処理解析方法を示すフロー図である。

[0032] 熱処理解析装置は、図 2 に示すように、変態率曲線取得部 1 1 及び材料パラメータ算出部 1 2 を備えている。

本実施形態では、鋼材の焼入れ工程の熱処理シミュレーションに先立ち、解析対象である鋼材に関する材料実験を行って相変態特性の測定値を取得し、等温変態線図（ＴＴＴ図；Time-Temperature-Transformation diagrams）にプロットする。相変態特性としては、いわゆる拡散型変態を示す金属組織、例えばフェライト、パーライト、及びベイナイトの各金属組織が対象となる。更に、セメントタイトの金属組織を対象として加えても良い。ＴＴＴ図としては、金属組織ごとに、例えば変態開始線（０％変態）、途中変態率線（例えば５０％変態）、及び変態終了線（１００％変態）となる各測定値が取得される。途中変態率線として、 $0\% < \text{変態率} < 100\%$ の範囲内で、例えば２０％変態や８０％変態等についての複数の変態率線を取得する場合もある。

[0033] 変態率曲線取得部 11 は、図 3 のステップ S 1 において、鉄鋼材料の金属組織ごとに、T T T 図の変態率曲線を、式 (1) の関数により近似して取得する。作成された T T T 図に対応して、金属組織ごとに、例えば変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線が式 (1) で近似される。

[0034] [数 3]

$$\log(\tilde{t}) = \tilde{C} \frac{|\tilde{T}_N - \tilde{T}|^m}{|1 - \tilde{T}|^n} \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで} \left\{ \begin{array}{ll} \tilde{t} = t / t_N & [-] \quad \text{無次元時刻} \\ \tilde{T} = T / T_A & [-] \quad \text{無次元温度} \\ \tilde{T}_N = T_N / T_A & [-] \quad \text{無次元ノーズ温度} \\ \tilde{C} & [-] \quad \text{無次元係数} \\ m, n & [-] \quad \text{累乗指数} \end{array} \right.$$

[0035] ここで、 t [s] 及び T [°C] はそれぞれ等温変態線図における任意の時間及び温度、 t_N [s] 及び T_N [°C] は変態率曲線の先端に関連する時間及び温度、 C 、 m 、 n は変態率曲線の形状に関連するパラメータ、 T_A [°C] は変態率曲線における高温側の漸近温度を意味する。式 (1) において、無次元数の表示は、各変数 (t 、 T 、 T_N 、 C) の上付きのチルダ ($\sim$) 記号で示している。

式 (1) において、 C 、 m 、 n 、 t_N 、 T_N 、 T_A は、所期の値でも良いし、非線形計画法、例えば最急降下法や非線形シプレックス法、共役勾配法、ニュートン法、準ニュートン法等により決定された値でも良い。

[0036] 材料パラメータ算出部 12 は、図 3 のステップ S 2 において、取得された式 (1) の関数を用いて、式 (2) で示す等温変態速度式 (K J M A 式) の材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を式 (3) 及び式 (4) により近似的に算出する。

[0037]

[数4]

$$\xi = 1 - \exp(-f(T)t^{n(T)}) \quad \dots (2)$$

$$n(T) = \log \left(\frac{\ln(1 - \xi_F)}{\ln(1 - \xi_i)} \right) / \log \left(\frac{t_F - t_S}{t_i - t_S} \right) \quad \dots (3)$$

$$f(T) = - \frac{\ln(1 - \xi_i)}{(t_i - t_S)^{n(T)}} \quad \dots (4)$$

ここで { ξ : 金属組織の変態率
 $n(T), f(T)$: 相変態特性に関するパラメータ
 下付文字
 S : 変態開始(変態率0%)
 F : 変態終了(変態率100%)
 i : 途中変態(任意の変態率 例えば50%)

[0038] 式(3)及び式(4)において、 ξ は金属組織の変態率である。 t , ξ の下付添え字 S , i , F はそれぞれ、変態開始(0%変態)、途中変態(例えば50%変態)、変態終了(100%変態)を意味する。

式(3)は、 $1 \leq n(T) \leq 4$ の範囲内で適用され、 $n(T) > 4$ のときには $n(T) = 4$ 、 $n(T) < 1$ のときには $n(T) = 1$ と近似するようにしても良い。

[0039] 本実施形態では、TTT図の変態率曲線を、式(1)の関数により近似して取得する。各変態率の測定値は、例えば約500℃を中心とした非対称なC形状を描く。従来では、温度の n 次多項式を用いて変態率曲線を連続関数として近似しており、近似作業が非常に煩雑で予測精度が作業者の主観に大きく依存する等の問題がある。本実施形態では、式(1)により極めて高い精度で変態率曲線を近似することが可能であり、従来に比べて近似式を作成する作業負荷が大幅に低下し、作業者の主観に依らない高精度な相変態特性の導入を短い作業時間で行うことができ、信頼性の高い高精度の熱処理モデルの作成が実現する。

[0040] [実施例]

以下、第1の実施形態による熱処理解析方法により、TTT図の変態率曲線を取得する諸実施例について説明する。

[0041] (実施例1)

本実施例では、第1の実施形態による熱処理解析方法を用いた熱処理シミュレーションについて、従来の熱処理解析方法を用いた熱処理シミュレーションとの比較に基づいて調べた。

解析対象として、日本材料学会が提供している焼入れシミュレーションのための材料データベースであるMATEQから、金属組織がパーライトである0.8wt%C鋼(0.79C-0.76Mn)を選択し、測定値を取得してTTT図にプロットした。

[0042] 従来の熱処理解析方法では、最小二乗法を用いて変態開始線 t_s 、変態終了線 t_F 、 $f(T)$ 、 $n(T)$ を以下の式(5)で示す形の n 次多項式で近似した。なお、温度区分数を増加させることにより近似精度を向上させることができるため、温度区分は行わなかった。

[0043] [数5]

$$F(T) = \sum_{i=0}^n C_i T^i \quad \dots (5)$$

$$F(T) : \log t_s, \log t_F, \log f(T), n(T)$$

[0044] 第1の実施形態による熱処理解析方法では、 $n=1$ 、 $m=2$ として変態開始線 t_s 、変態率50%線 t_{50} 、変態終了線 t_F に関して、式(1)を同定した。その際の各パラメータ(C 、 t_N 、 T_N 、 T_A)については、非線形計画法により決定した。

[0045] 作成されたTTT図を図4A、図4Bに示す。図4Aは従来の熱処理解析方法で作成されたTTT図、図4Bは第1の実施形態による熱処理解析方法で作成されたTTT図である。各図において、横軸(対数目盛)が時間(t

）、縦軸が温度（℃）を表している。

従来の熱処理解析方法では、温度区分を行わない場合、算出された各変態率曲線について測定結果と一致していない部分が顕著に見られる。従来の熱処理解析方法の精度を向上させるには、温度区分して近似することが必要となる。しかしながら、その温度区分をどの程度に規定するかは作業者の主観に委ねられている。

[0046] これに対して第1の実施形態による熱処理解析方法では、算出された各変態率曲線について測定結果とほぼ一致しており、従来の熱処理解析方法に比べてTTT図の良好な予測結果が得られた。

[0047] （実施例2）

本実施例では、第1の実施形態による熱処理解析方法を用いた熱処理シミュレーションについて調べた。

解析対象として、材料データベースMATEQから、金属組織がフェライトとベイナイトとの混相である代表成分（wt%）が0.33C-0.23Si-0.57Mnの鋼材を選択し、測定値を取得してTTT図にプロットした。

[0048] 第1の実施形態による熱処理解析方法では、変態開始線 t_s 、変態率50%線 t_{50} 、変態終了線 t_F に関して、式（1）を同定した。その際の各パラメータ（C, t_N , T_N , T_A , n, m）については、非線形計画法により決定した。

[0049] 作成されたTTT図を図5に示す。図5において、横軸（対数目盛）が時間（t）、縦軸が温度（℃）を表している。フェライト及びベイナイト共に、各変態率曲線について測定結果とほぼ一致しており、TTT図の良好な予測結果が得られた。

[0050] （実施例3）

本実施例では、第1の実施形態による熱処理解析方法を用いた熱処理シミュレーションについて調べた。

解析対象として、材料データベースMATEQから、金属組織がパーライトとベイナイトとの混相である代表成分（wt%）が0.8C-0.85Si-0.

8 Mn の鋼材を選択し、測定値を取得して TTT 図にプロットした。

[0051] 第 1 の実施形態による熱処理解析方法では、変態開始線 t_s 、変態率 50% 線 t_{50} 、変態終了線 t_F に関して、式 (1) を同定した。その際の各パラメータ (C , t_N , T_N , T_A , n , m) については、非線形計画法により決定した。

[0052] 作成された TTT 図を図 6 に示す。図 6 において、横軸（対数目盛）が時間 (t)、縦軸が温度 ($^{\circ}\text{C}$) を表している。パーライト及びベイナイト共に、各変態率曲線について測定結果とほぼ一致しており、TTT 図の良好な予測結果が得られた。

[0053] (実施例 4)

本実施例では、第 1 の実施形態による熱処理解析方法を用いた熱処理シミュレーションに要する時間及びその近似精度について、比較例 1, 2 との比較に基づいて調べた。

比較例 1 では、温度の n 次多項式の関数を用いて TTT 図の変態率曲線を近似する際に、近似する温度範囲を細区分化（温度区分化）しないで行った。

比較例 2 では、温度の n 次多項式の関数を用いて TTT 図の変態率曲線を近似する際に、温度区分化して行った。

[0054] 第 1 の実施形態及び比較例 1, 2 の結果を図 7 に示す。解析対象として、材料データベースである MATEQ から、実施例 1 と同様の金属組織がパーライトである 0.8 wt% C 鋼 (0.79 C - 0.76 Mn) を選択し、測定値を取得して TTT 図にプロットした。第 1 の実施形態については、変態開始線のみを比較例 1, 2 と比較しており、実施例 1 と異なり、 n , m の値を限定せず、全ての係数を自動決定した。

[0055] 比較例 1 では、測定値の数を 15、係数の数を 8 又は 14 として、7 次の多項式及び 14 次の多項式で近似した。

比較例 1 では、作業自体は単純であるため、短時間（例えば 1 時間）で近似が可能であるが、測定値の数から近似可能な限界の 14 次の多項式を用い

た場合においても、測定値間において曲線にうねりがあり、近似精度は低い。更に、比較例 1 における材料パラメータ $f(T)$ の導出方法では、異常値が生じた。例えば、高温側において単調に低下すべきであるところ、共析変態温度 T_A に漸近しないため、増加してしまう。その修正作業は、TTT 図の近似をやり直しながら行う必要があるが、温度区分しない場合には修正をすることができない。その代替策として、材料パラメータ $f(T)$ 及び $n(T)$ を温度の関数で近似することが考えられる。しかしながら、この作業も温度区分をしなければ不可能である。そのため、温度区分なしで多項式近似による材質予測は困難であり、現実的な材料予測に到達することはできない。

[0056] 比較例 2 では、測定値の数を 15、区分数を 4、係数の数を最大 5 として多項式で近似した。

温度区分を設けることで、滑らかな C 形状の曲線を描画することが可能となる。ただし、測定値の範囲以外では、比較例 1 と同様に、材料パラメータ $f(T)$ の導出に際して異常値が生じる可能性があり、近似精度は低い。加えて、温度区分した場合には、その区分温度周辺においても異常値が生じる可能性がある。そのため、材料パラメータ $f(T)$ 及び $n(T)$ を温度の関数で近似することが行われる。この場合、 $f(T)$ 及び $n(T)$ の温度区分の試行錯誤や異常値が生じる領域を作業者の主観で適当な値に置き換える必要等がある。そのため、TTT 図の近似に例えば 8 時間を要することに加え、TTT 図の近似よりも煩雑で多大な作業時間（例えば、TTT 図の近似に要する時間の 3 倍以上）を要する。

[0057] 第 1 の実施形態では、測定値の数を 15 又は 5、係数の数を 5 として近似した。

第 1 の実施形態では、比較例 1, 2 とは異なり、TTT 図を温度区分なしで短時間且つ高精度に近似することができた。更に、測定値の数が 5 の場合でも、測定値の数が 15 の場合と略同形状の曲線の関数を近似することができた。第 1 の実施形態の熱処理解析方法によれば、測定値の数を 5 以上とすれば、TTT 図の正確な近似が可能となる。作業時間の短縮化のみならず、

材料実験の工数も短縮することが可能となる。更に、共析変態温度 T_A に漸近すること及び温度区分がないという特徴から、材料パラメータ (T) 及び n (T) に異常値が生じることがなく、 $T-T-T$ 図の近似のみで材質予測が可能となる。 $T-T-T$ 図の近似に要する作業時間が1時間程度であり、比較例1, 2と比べて作業時間が大幅に短縮されることが確認された。

[0058] (第2の実施形態)

第2の実施形態では、第1の実施形態による鋼材の熱処理解析方法及び装置を用いて、解析対象である鋼材について特性予測を行う特性予測方法及び装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。図8は、第2の実施形態による特性予測装置を示すブロック図である。図9は、第2の実施形態による特性予測方法を示すフロー図である。本実施形態では、予測する特性として、例えば鋼材の硬度を対象とするが、金属組織分率や変態挙動と関連付けることにより、鋼材の靱性等を対象とすることも可能である。

[0059] 特性予測装置は、図8に示すように、モデル作成部21、連成解析部22、及び特性予測部23を備えている。

モデル作成部21は、解析対象である鋼材について、2次元又は3次元形状の解析用モデルを作成する。

連成解析部22は、第1の実施形態により取得されたKJMA式の材料パラメータである n (T) 及び f (T) 等の入力により各種条件が設定されて、伝熱-相変態について連成解析を行う。

特性予測部23は、連成解析部22による連成解析の結果を受けて、解析対象である鋼材の特性、ここでは鋼材の硬度を予測する。

[0060] 本実施形態による特性予測方法は、図9のように実行される。

先ず、モデル作成部21は、解析対象である鋼材について、2次元又は3次元形状の解析用モデルを作成する(ステップS11)。

[0061] 続いて、各種条件が設定される(ステップS12)。

解析対象である鋼材について、冷却実験又は熱流体解析により作成された熱伝達係数と、第1の実施形態により取得されたKJMA式の材料パラメー

タである $n(T)$ 及び $f(T)$ とが入力される。これにより、計算条件として、鋼材の初期温度及び冷却時間が、鋼材の物性として、密度、比熱、熱伝導率、変態挙動、及び変態潜熱が、境界条件として、冷却媒体温度、熱伝達係数、及び放射率が、それぞれ設定される。

[0062] 続いて、連成解析部 22 は、設定された各種条件に基づいて、伝熱－相変態について連成解析を行う（ステップ S 13）。

具体的に、連成解析部 22 による伝熱－相変態連成解析では、熱伝導方程式を有限要素法や有限体積法などの数値解法で解き、鋼材全断面の温度変化を把握する伝熱解析において、その温度変化に応じた金属組織変化を予測する相変態解析を同時に実行し、金属組織の変化による密度、比熱、熱伝導率の変化、相変化による発熱影響を考慮した鋼材全断面の温度変化を把握する。

[0063] 続いて、特性予測部 23 は、連成解析部 22 による連成解析の結果を受けて、鋼材の硬度を予測する（ステップ S 14）。

具体的に、特性予測部 23 による鋼材の特性予測では、鋼材内部で相変態を開始した温度や相変態中の冷却速度等の相変態に関連した物理量と鋼材の特性との関係式を事前に用意しておき、伝熱－相変態連成解析で鋼材全断面のその物理量を取得し、鋼材の特性を予測する。

[0064] 本実施形態によれば、第 1 の実施形態により高精度且つ簡易に取得された K J M A 式の方法パラメータである $n(T)$ 及び $f(T)$ を用いて解析対象である鋼材の特性予測を行うため、容易で正確な信頼性の高い特性予測が実現する。

[0065] [その他の実施形態]

上述した第 1 の実施形態による熱処理解析装置の各構成要素（図 2 の変態率曲線取得部 11 及び材料パラメータ算出部 12）、及び第 2 の実施形態による特性予測装置（図 8 のモデル作成部 21、連成解析部 22、及び特性予測部 23）の各機能は、コンピュータの RAM や ROM 等に記憶されたプログラムが動作することによって実現できる。同様に、第 1 の実施形態による

熱処理解析方法の各ステップ（図3のステップS1～S2）、及び第2の実施形態による特性予測方法（図9のステップS11～S14）は、コンピュータのRAMやROM等に記憶されたプログラムが動作することによって実現できる。このプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は本実施形態に含まれる。当該プログラムは、例えば熱処理解析プログラムに、第1の実施形態による熱処理解析方法のプログラムがサブルーチンプログラムとして付加されたもの、又は、第2の実施形態による特性予測方法のプログラムがサブルーチンプログラムとして付加されたものである。

[0066] 具体的に、当該プログラムは、例えばCD-ROMのような記録媒体に記録し、或いは各種伝送媒体を介し、コンピュータに提供される。当該プログラムを記録する記録媒体としては、CD-ROM以外に、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、不揮発性メモリカード等を用いることができる。他方、上記のプログラムの伝送媒体としては、プログラム情報を搬送波として伝搬させて供給するためのコンピュータネットワークシステムにおける通信媒体を用いることができる。ここで、コンピュータネットワークとは、LAN、インターネットの等のWAN、無線通信ネットワーク等であり、通信媒体とは、光ファイバ等の有線回線や無線回線等である。

[0067] また、本実施形態に含まれるプログラムとしては、供給されたプログラムをコンピュータが実行することにより第1及び第2の実施形態の各機能が実現されるようなもののみではない。例えば、そのプログラムがコンピュータにおいて稼働しているOS（オペレーティングシステム）或いは他のアプリケーションソフト等と共同して第1及び第2の実施形態の各機能が実現される場合にも、かかるプログラムは本実施形態に含まれる。また、供給されたプログラムの処理の全て或いは一部がコンピュータの機能拡張ボードや機能拡張ユニットにより行われて第1及び第2の実施形態の各機能が実現される場合にも、かかるプログラムは本実施形態に含まれる。

[0068] 例えば、図10は、パーソナルユーザ端末装置の内部構成を示す模式図である。この図10において、1200はCPU1201を備えたパーソナルコンピュータ（PC）である。PC1200は、ROM1202またはハードディスク（HD）1211に記憶された、又はフレキシブルディスクドライブ（FD）1212より供給されるデバイス制御ソフトウェアを実行する。このPC1200は、システムバス1204に接続される各デバイスを総括的に制御する。

[0069] PC1200のCPU1201、ROM1202またはハードディスク（HD）1211に記憶されたプログラムにより、第1の実施形態の図3におけるステップS1～S2、及び第2の実施形態の図9におけるステップS11～S14の手順等が実現される。

[0070] 1203はRAMであり、CPU1201の主メモリ、ワークエリア等として機能する。1205はキーボードコントローラ（KBC）であり、キーボード（KB）1209や不図示のデバイス等からの指示入力を制御する。

[0071] 1206はCRTコントローラ（CRTC）であり、CRTディスプレイ（CRT）1210の表示を制御する。1207はディスクコントローラ（DKC）である。DKC1207は、ブートプログラム、複数のアプリケーション、編集ファイル、ユーザファイル、ネットワーク管理プログラム等を記憶するハードディスク（HD）1211、及びフレキシブルディスク（FD）1212とのアクセスを制御する。ここで、ブートプログラムとは、パソコンのハードやソフトの実行（動作）を開始する起動プログラムである。

[0072] 1208はネットワーク・インターフェースカード（NIC）であり、LAN1220を介して、ネットワークプリンタ、他のネットワーク機器、或いは他のPCと双方向のデータのやり取りを行う。

なお、通常のコンピュータ端末装置を用いる代わりに、熱処理解析装置や特性予測装置に特化された所定の計算機等を用いても良い。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明は、例えば、鉄道用車輪や軌条製品等に用いられる鉄鋼製品の製造

時における焼入れ工程等について行われる熱処理解析に適用されるものであり、種々の鉄鋼製品の製造産業及びその利用産業に利用することができる。

請求の範囲

[請求項1]

鉄鋼材料の熱処理解析方法であって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、式（１）の関数により近似して取得することを特徴とする熱処理解析方法。

[数1]

$$\log(\tilde{t}) = \tilde{C} \frac{|\tilde{T}_N - \tilde{T}|^m}{|1 - \tilde{T}|^n} \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで} \left\{ \begin{array}{ll} \tilde{t} = t/t_N & [-] \quad \text{無次元時刻} \\ \tilde{T} = T/T_A & [-] \quad \text{無次元温度} \\ \tilde{T}_N = T_N/T_A & [-] \quad \text{無次元ノーズ温度} \\ \tilde{C} & [-] \quad \text{無次元係数} \\ m, n & [-] \quad \text{累乗指数} \end{array} \right.$$

ここで、 t [s] 及び T [°C] はそれぞれ前記等温変態線図における任意の時間及び温度、 t_N [s] 及び T_N [°C] は前記変態率曲線の先端に関連する時間及び温度、 C , m , n は前記変態率曲線の形状に関連するパラメータ、 T_A [°C] は前記変態率曲線における高温側の漸近温度を意味する。

[請求項2]

前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、

前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得することを特徴とする請求項1に記載の熱処理解析方法。

[請求項3]

前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた1種又は2種以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の熱処理解析方法。

[請求項4]

取得された式（１）の関数を用いて、式（２）の前記材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を式（３）及び式（４）により算出する

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の熱処理解析方法。

[数2]

$$\xi = 1 - \exp(-f(T)t^{n(T)}) \quad \dots (2)$$

$$n(T) = \log\left(\frac{\ln(1-\xi_F)}{\ln(1-\xi_i)}\right) / \log\left(\frac{t_F - t_S}{t_i - t_S}\right) \quad \dots (3)$$

$$f(T) = -\frac{\ln(1-\xi_i)}{(t_i - t_S)^{n(T)}} \quad \dots (4)$$

$$\text{ここで} \left\{ \begin{array}{l} \xi : \text{金属組織の変態率} \\ n(T), f(T) : \text{相変態特性に関するパラメータ} \\ \text{下付文字} \\ S : \text{変態開始(変態率0\%)} \\ F : \text{変態終了(変態率100\%)} \\ i : \text{途中変態(任意の変態率 例えば50\%)} \end{array} \right.$$

[請求項5]

鉄鋼材料の熱処理解析装置であって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、式(1)の関数により近似して取得する変態率曲線取得部を備えたことを特徴とする熱処理解析装置。

[数3]

$$\log(\tilde{t}) = \tilde{C} \frac{|\tilde{T}_N - \tilde{T}|^m}{|1 - \tilde{T}|^n} \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで} \left\{ \begin{array}{ll} \tilde{t} = t/t_N & [-] \quad \text{無次元時刻} \\ \tilde{T} = T/T_A & [-] \quad \text{無次元温度} \\ \tilde{T}_N = T_N/T_A & [-] \quad \text{無次元ノーズ温度} \\ \tilde{C} & [-] \quad \text{無次元係数} \\ m, n & [-] \quad \text{累乗指数} \end{array} \right.$$

ここで、 t [s] 及び T [°C] はそれぞれ前記等温変態線図におけ

る任意の時間及び温度、 t_N [s] 及び T_N [°C] は前記変態率曲線の先端に関連する時間及び温度、 C , m , n は前記変態率曲線の形状に関連するパラメータ、 T_A [°C] は前記変態率曲線における高温側の漸近温度を意味する。

[請求項6] 前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、

前記変態率曲線取得部は、前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得することを特徴とする請求項5に記載の熱処理解析装置。

[請求項7] 前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた1種又は2種以上であることを特徴とする請求項5又は6に記載の熱処理解析装置。

[請求項8] 取得された式(1)の関数を用いて、式(2)の前記材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を式(3)及び式(4)により算出する材料パラメータ算出部を備えたことを特徴とする請求項5～7のいずれか1項に記載の熱処理解析装置。

[数4]

$$\xi = 1 - \exp(-f(T) t^{n(T)}) \quad \dots (2)$$

$$n(T) = \log \left(\frac{\ln(1 - \xi_F)}{\ln(1 - \xi_i)} \right) \bigg/ \log \left(\frac{t_F - t_S}{t_i - t_S} \right) \quad \dots (3)$$

$$f(T) = - \frac{\ln(1 - \xi_i)}{(t_i - t_S)^{n(T)}} \quad \dots (4)$$

ここで

{	ξ : 金属組織の変態率
	$n(T), f(T)$: 相変態特性に関するパラメータ
	下付文字
	S : 変態開始(変態率0%) F : 変態終了(変態率100%) i : 途中変態(任意の変態率 例えば50%)

[請求項9] 鉄鋼材料の熱処理解析プログラムであって、

前記鉄鋼材料の材料パラメータを算出するに際して、前記鉄鋼材料の金属組織ごとに、等温変態線図の変態率曲線を、式（１）の関数により近似して取得する手順をコンピュータに実行させることを特徴とする熱処理解析プログラム。

[数5]

$$\log(\tilde{t}) = \tilde{C} \frac{|\tilde{T}_N - \tilde{T}|^m}{|1 - \tilde{T}|^n} \quad \dots (1)$$

$$\text{ここで} \begin{cases} \tilde{t} = t/t_N & [-] \text{ 無次元時刻} \\ \tilde{T} = T/T_A & [-] \text{ 無次元温度} \\ \tilde{T}_N = T_N/T_A & [-] \text{ 無次元ノーズ温度} \\ \tilde{C} & [-] \text{ 無次元係数} \\ m, n & [-] \text{ 累乗指数} \end{cases}$$

ここで、 t [s] 及び T [°C] はそれぞれ前記等温変態線図における任意の時間及び温度、 t_N [s] 及び T_N [°C] は前記変態率曲線の先端に関連する時間及び温度、 C , m , n は前記変態率曲線の形状に関連するパラメータ、 T_A [°C] は前記変態率曲線における高温側の漸近温度を意味する。

[請求項10] 前記変態率曲線は、変態開始線、途中変態率線、及び変態終了線であり、

前記変態開始線、前記途中変態率線、及び前記変態終了線を近似して取得することを特徴とする請求項 9 に記載の熱処理解析プログラム。

[請求項11] 前記鉄鋼材料の金属組織は、フェライト、パーライト、ベイナイト、及びセメンタイトから選ばれた 1 種又は 2 種以上であることを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の熱処理解析プログラム。

[請求項12] 取得された式（１）の関数を用いて、式（２）の前記材料パラメータである $n(T)$ と $f(T)$ を式（３）及び式（４）により算出する

ことを特徴とする請求項 9 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の熱処理解析プログラム。

[数6]

$$\xi = 1 - \exp(-f(T) t^{n(T)}) \quad \dots (2)$$

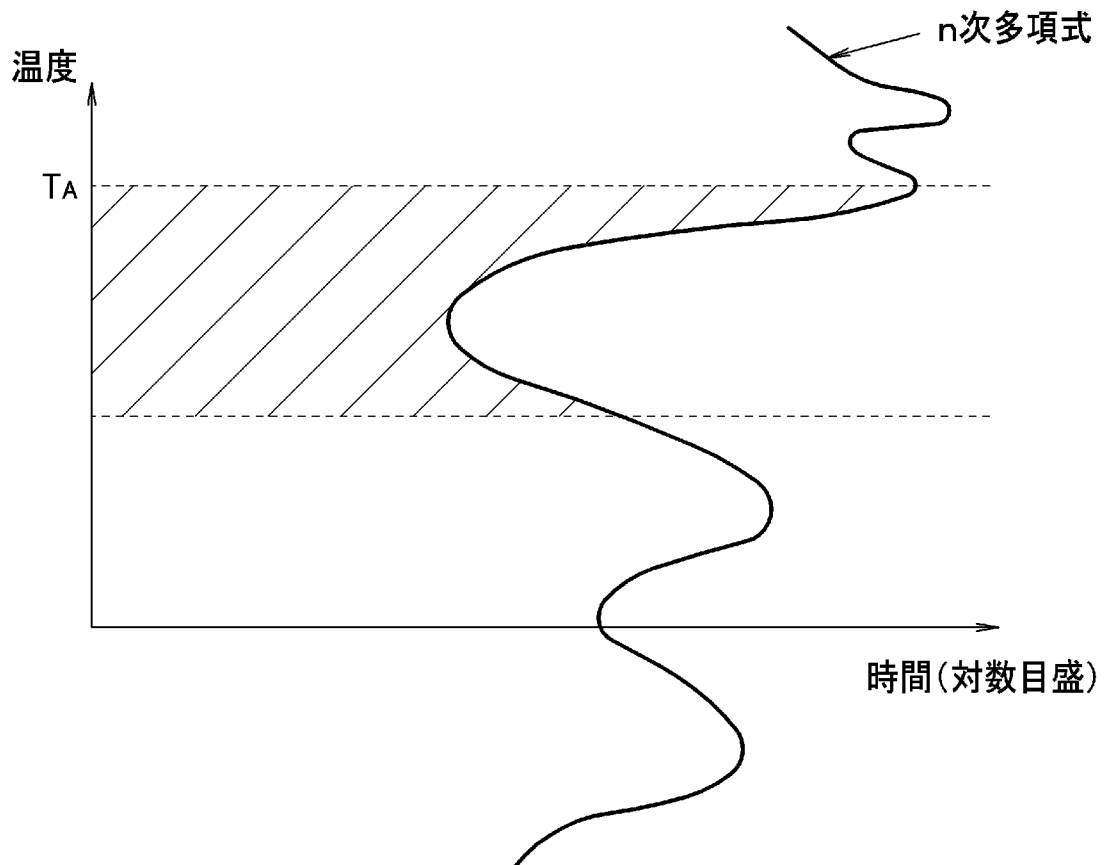
$$n(T) = \log \left(\frac{\ln(1 - \xi_F)}{\ln(1 - \xi_i)} \right) / \log \left(\frac{t_F - t_S}{t_i - t_S} \right) \quad \dots (3)$$

$$f(T) = - \frac{\ln(1 - \xi_i)}{(t_i - t_S)^{n(T)}} \quad \dots (4)$$

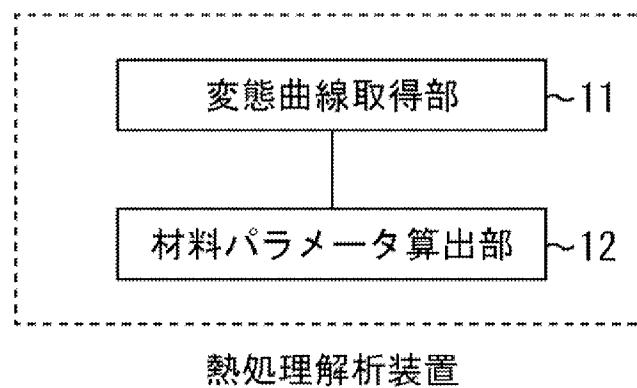
ここで { ξ : 金属組織の変態率
 $n(T), f(T)$: 相変態特性に関するパラメータ
 下付文字
 S : 変態開始 (変態率 0%)
 F : 変態終了 (変態率 100%)
 i : 途中変態 (任意の変態率 例えば 50%)

[請求項13] 請求項 9 ～ 1 2 のいずれか 1 項に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

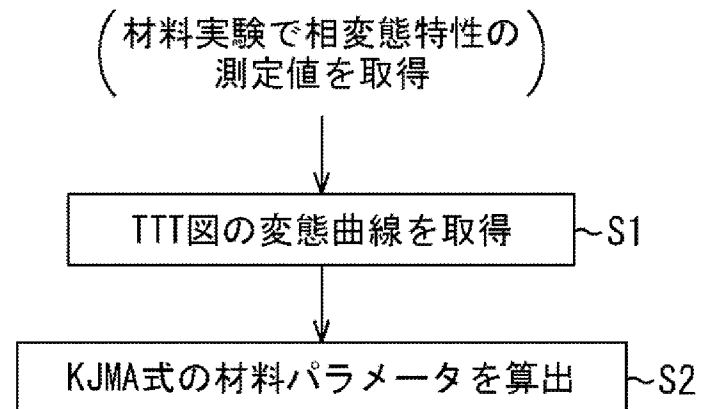
[図1]



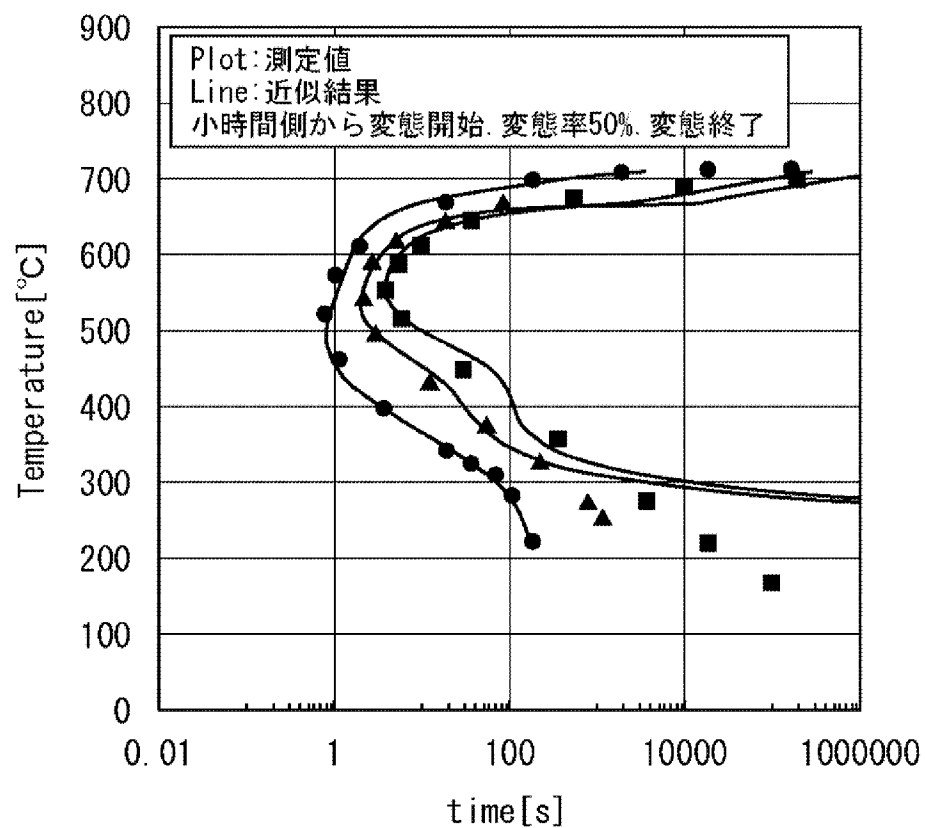
[図2]



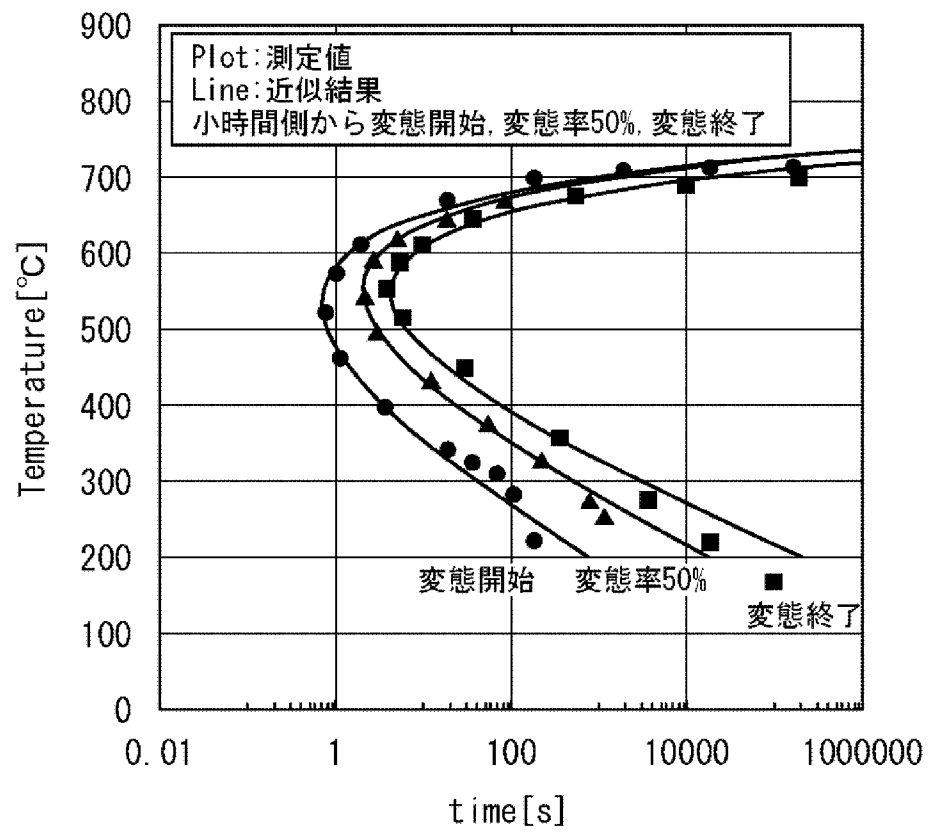
[図3]



[図4A]



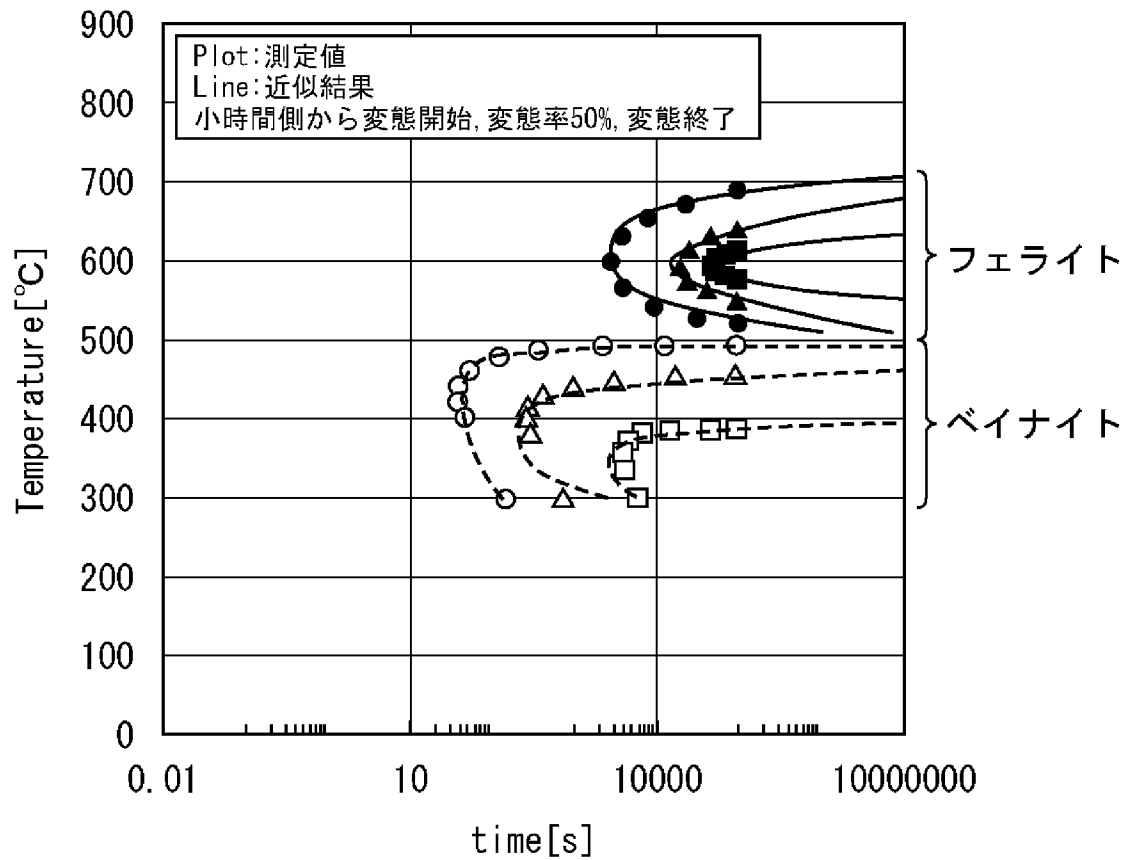
[図4B]



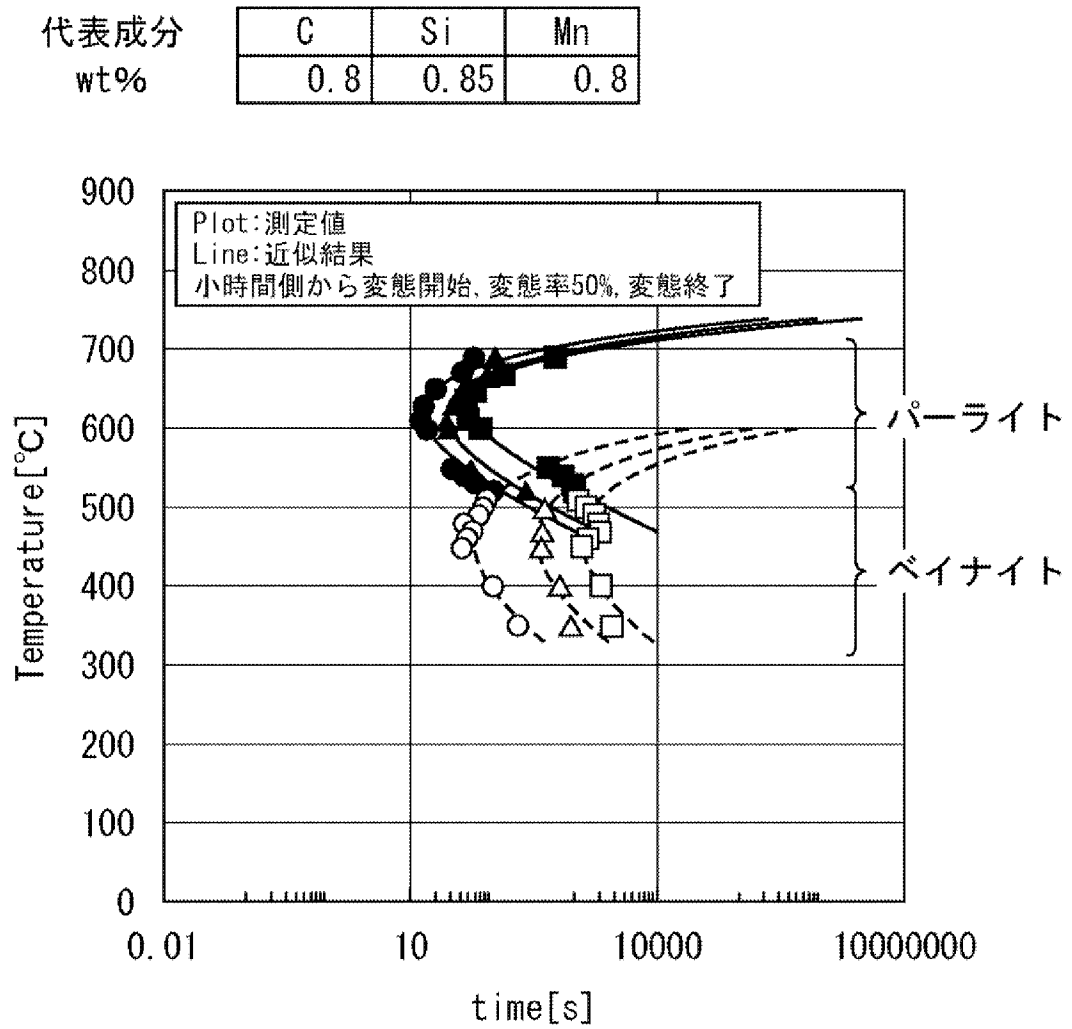
[図5]

代表成分
wt%

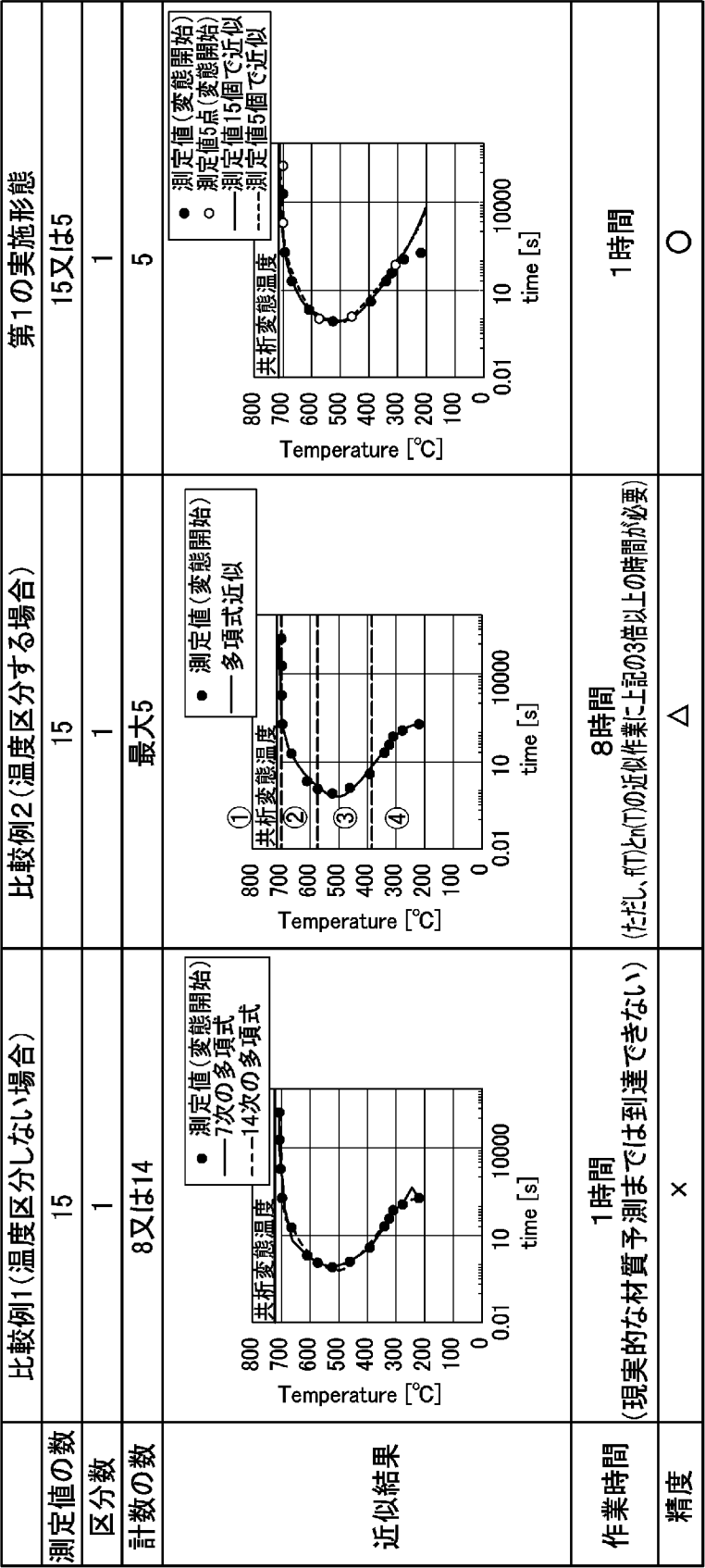
C	Si	Mn
0.33	0.23	0.57



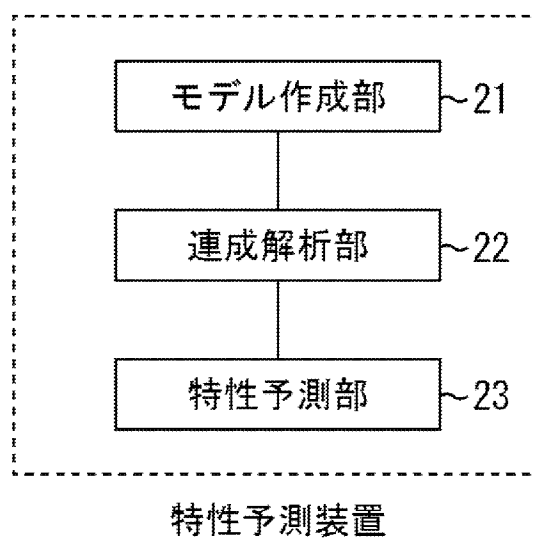
[図6]



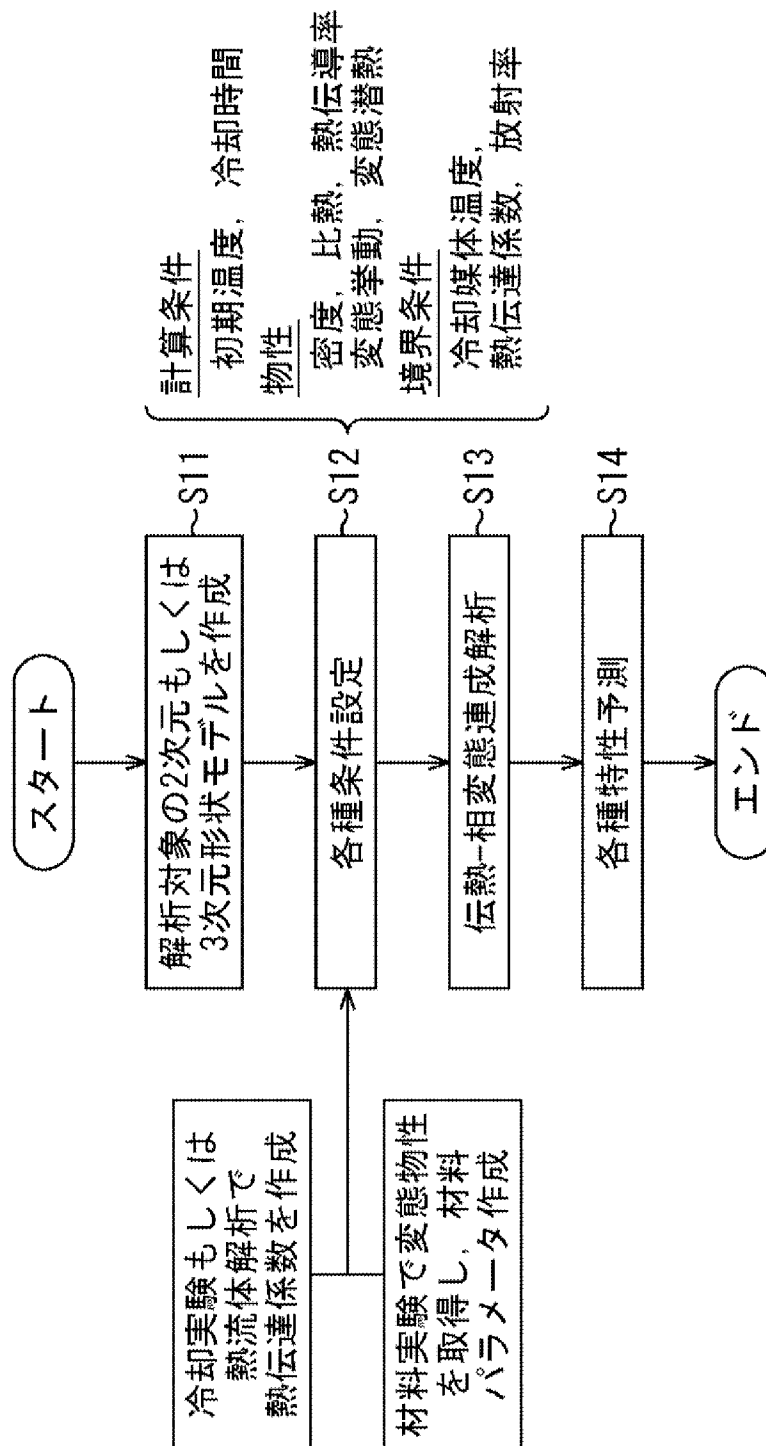
[図7]



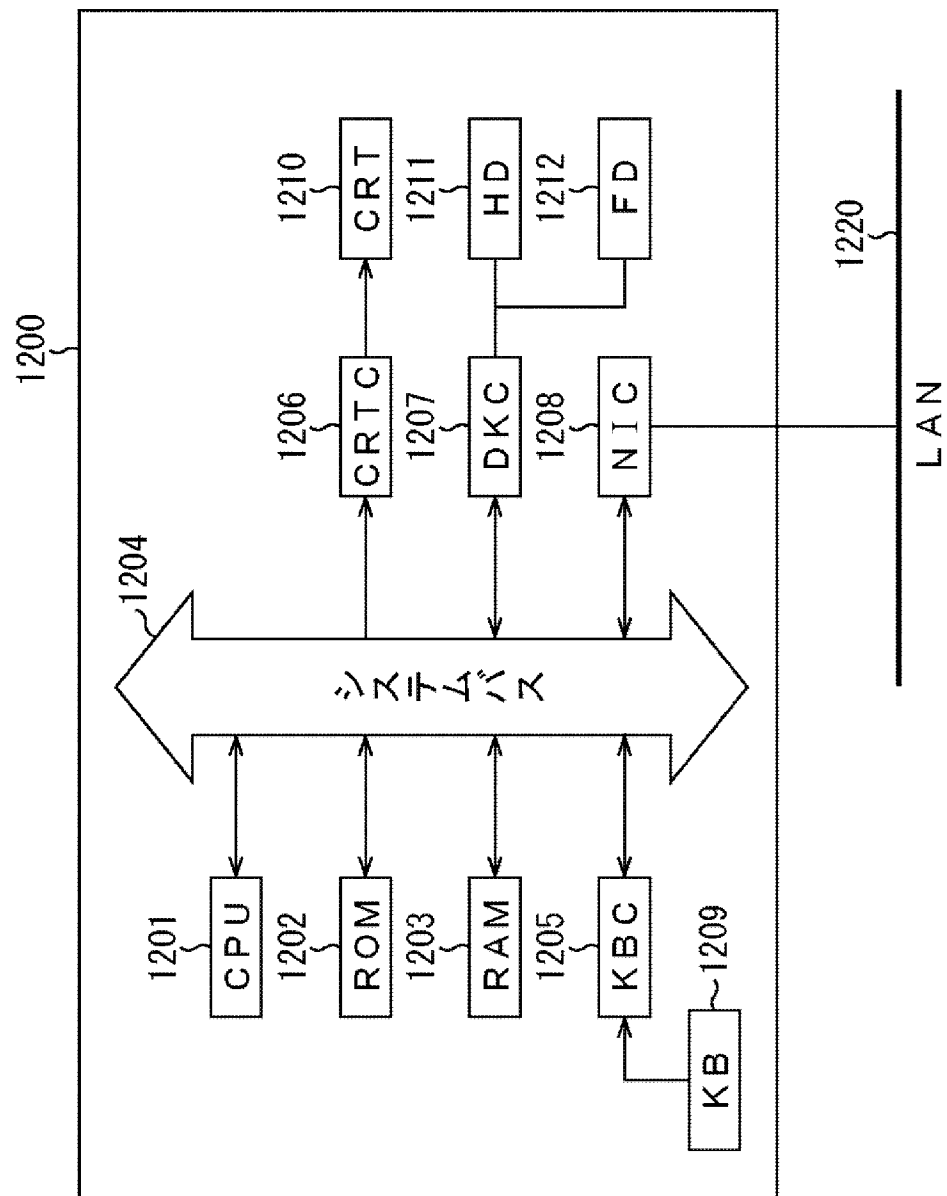
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/051136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 11/00(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)n; C22C 38/04(2006.01)n
FI: C21D11/00 104; C22C38/00 301Z; C22C38/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21D1/00-11/00; C22C38/00-38/60; G01N25/00-25/72; G01N33/00-33/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-32753 A (KOMATSU LTD.) 04.02.1992 (1992-02-04)	1-13
A	JP 56-119741 A (NIPPON STEEL CORP.) 19.09.1981 (1981-09-19)	1-13
A	JP 6-10039 A (KOMATSU LTD.) 18.01.1994 (1994-01-18)	1-13
A	JP 62-80226 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 13.04.1987 (1987-04-13)	1-13
A	JP 2016-183361 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 20.10.2016 (2016-10-20)	1-13
A	JP 2018-144062 A (HITACHI, LTD.) 20.09.2018 (2018-09-20)	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2020 (10.03.2020)

Date of mailing of the international search report

24 March 2020 (24.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/051136

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 4-32753 A	04 Feb. 1992	(Family: none)	
JP 56-119741 A	19 Sep. 1981	(Family: none)	
JP 6-10039 A	18 Jan. 1994	(Family: none)	
JP 62-80226 A	13 Apr. 1987	(Family: none)	
JP 2016-183361 A	20 Oct. 2016	(Family: none)	
JP 2018-144062 A	20 Sep. 2018	DE 102018200932 A1 CN 108526224 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21D 11/00(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)n; C22C 38/04(2006.01)n FI: C21D11/00 104; C22C38/00 301Z; C22C38/04										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C21D1/00-11/00; C22C38/00-38/60; G01N25/00-25/72; G01N33/00-33/46 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2020年									
日本国実用新案登録公報	1996-2020年									
日本国登録実用新案公報	1994-2020年									
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 4-32753 A（株式会社小松製作所）04.02.1992（1992-02-04）	1-13								
A	JP 56-119741 A（新日本製鐵株式会社）19.09.1981（1981-09-19）	1-13								
A	JP 6-10039 A（株式会社小松製作所）18.01.1994（1994-01-18）	1-13								
A	JP 62-80226 A（川崎製鉄株式会社）13.04.1987（1987-04-13）	1-13								
A	JP 2016-183361 A（新日鐵住金株式会社）20.10.2016（2016-10-20）	1-13								
A	JP 2018-144062 A（株式会社日立製作所）20.09.2018（2018-09-20）	1-13								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 10.03.2020		国際調査報告の発送日 24.03.2020								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 相澤 啓祐 4K 4037 電話番号 03-3581-1101 内線 3435								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/051136

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	4-32753	A	04.02.1992	(ファミリーなし)	
JP	56-119741	A	19.09.1981	(ファミリーなし)	
JP	6-10039	A	18.01.1994	(ファミリーなし)	
JP	62-80226	A	13.04.1987	(ファミリーなし)	
JP	2016-183361	A	20.10.2016	(ファミリーなし)	
JP	2018-144062	A	20.09.2018	DE 102018200932	A1
				CN 108526224	A