

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7684400号  
(P7684400)

(45)発行日 令和7年5月27日(2025.5.27)

(24)登録日 令和7年5月19日(2025.5.19)

(51)国際特許分類 F I  
B 2 3 H 7/02 (2006.01) B 2 3 H 7/02 R

請求項の数 12 (全21頁)

(21)出願番号	特願2023-536285(P2023-536285)	(73)特許権者	390008235 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35 80番地
(86)(22)出願日	令和3年7月21日(2021.7.21)	(74)代理人	110003683 弁理士法人桐朋
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/027283	(72)発明者	増田 政史 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35 80番地 ファナック株式会社内
(87)国際公開番号	WO2023/002594	(72)発明者	川原 章義 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35 80番地 ファナック株式会社内
(87)国際公開日	令和5年1月26日(2023.1.26)	(72)発明者	中島 廉夫 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35 80番地 ファナック株式会社内
審査請求日	令和6年2月6日(2024.2.6)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 残量推定装置および残量推定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイヤボビン(18)と、  
前記ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極(16)を送出する送出口ローラ(20)と、  
前記ワイヤボビンの第1回転位置(60)を検出する第1回転位置検出センサ(26)と、  
前記送出口ローラの第2回転位置(62)を検出する第2回転位置検出センサ(28)と、  
を備えるワイヤ放電加工機(12)の前記ワイヤボビンのワイヤ残量(S)を推定する残量推定装置(30、301、302、303)であって、  
前記第1回転位置と前記第2回転位置とを取得する取得部(50)と、  
前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの所定期間(T)の開始時における回転量の比である第1比( )と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比( )と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量( )とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する第1推定演算部(52)と、  
を備える、残量推定装置。

【請求項2】

請求項1に記載の残量推定装置であって、  
前記第1推定演算部は、前記総回転量と、前記第1比と、前記第2比と、前記ワイヤボ

ピンの胴半径（L）と、前記送出口ローラのローラ半径（Q）とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する、残量推定装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の残量推定装置であって、

前記第 1 推定演算部は、前記ワイヤ残量を、次の数式（1）に基づいて推定する、残量推定装置。

（ただし、S：ワイヤ残量、 $\alpha$ ：第 1 比、 $\beta$ ：第 2 比、Q：ローラ半径、L：ワイヤボピンの胴半径、 $\phi$ ：送出口ローラの総回転量、 $\omega$ ：円周率）

【数 1】

$$S = (\beta^2 Q^2 - L^2) 2\pi\phi / [Q(\alpha^2 - \beta^2) 360^\circ] \quad \dots (1)$$

10

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の残量推定装置（301、302、303）であって、

前記総回転量と、前記第 1 比と、前記第 2 比と、前記ワイヤ電極のワイヤ径（D）と、前記ワイヤボピンの寸法とに基づいて、前記ワイヤボピンに巻き付けられた前記ワイヤ電極の稠密度（A）を算出する稠密度算出部（68）と、

前記稠密度と、前記ワイヤ径と、前記ワイヤボピンの前記寸法とを対応付けて記憶部（40）に記憶させる記憶制御部（70）と、

前記ワイヤボピンに巻き付けられた前記ワイヤ電極の巻半径（R）と、前記稠密度と、前記ワイヤ径と、前記ワイヤボピンの前記寸法とに基づいて、前記ワイヤ残量を推定する第 2 推定演算部（72）と、

をさらに備える、残量推定装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の残量推定装置であって、

前記第 2 推定演算部は、前記稠密度を、次の数式（2）に基づいて推定する、残量推定装置。

（ただし、A：ワイヤボピンに巻き付けられたワイヤ電極の稠密度、 $\alpha$ ：第 1 比、 $\beta$ ：第 2 比、D：ワイヤ径、H：ワイヤボピンの内幅、Q：ローラ半径、 $\phi$ ：送出口ローラの総回転量）

【数 2】

$$A = \pi D^2 \phi / [2HQ(\alpha^2 - \beta^2) 360^\circ] \quad \dots (2)$$

30

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の残量推定装置（302、303）であって、

対応する前記ワイヤ径と、対応する前記ワイヤボピンの前記寸法との各々が互いに同じ複数の前記稠密度が前記記憶部に記憶されている場合に、複数の前記稠密度の平均値、または複数の前記稠密度の移動平均値を算出する平均算出部（76）をさらに備え、

前記第 2 推定演算部は、前記平均値または前記移動平均値を前記稠密度として、前記ワイヤ残量を推定する、残量推定装置。

【請求項 7】

請求項 4～6 のいずれか 1 項に記載の残量推定装置であって、

前記ワイヤ径と、前記ワイヤボピンの前記寸法との少なくとも 1 つをオペレータが指定可能な操作部（38）をさらに備える、残量推定装置。

【請求項 8】

請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の残量推定装置であって、

40

50

前記ワイヤ残量を表示部(36)に表示させる表示制御部(58)をさらに備える、残量推定装置。

【請求項9】

請求項1~8のいずれか1項に記載の残量推定装置(303)であって、外部機器(78)に前記ワイヤ残量を送信する通信制御部(80)をさらに備える、残量推定装置。

【請求項10】

請求項1~9のいずれか1項に記載の残量推定装置であって、放電加工に必要な前記ワイヤ電極のワイヤ見積量(S')と前記ワイヤ残量との比較結果に応じて警報を生成する警報生成部(56)をさらに備える、残量推定装置。

10

【請求項11】

請求項1~10のいずれか1項に記載の残量推定装置であって、前記残量推定装置は、前記ワイヤ放電加工機を制御する制御装置(24)に備わる、残量推定装置。

【請求項12】

ワイヤボビン(18)と、前記ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極(16)を送出する送出口ローラ(20)と、前記ワイヤボビンの第1回転位置(60)を検出する第1回転位置検出センサ(26)と、

20

前記送出口ローラの第2回転位置(62)を検出する第2回転位置検出センサ(28)と、を備えるワイヤ放電加工機(12)の前記ワイヤボビンのワイヤ残量(S)を推定する残量推定方法であって、

前記第1回転位置と、前記第2回転位置とを取得する取得ステップ(82)と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの所定期間(T)の開始時における回転量の比である第1比( )と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比( )と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量( )とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する推定演算ステップ(84)と、

を含む、残量推定方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤ放電加工機のワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極の残量を推定する残量推定装置と、その残量推定装置により実行される残量推定方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

ワイヤ放電加工機は、ワイヤ電極を用いて放電加工を実行する。ワイヤ電極は、ワイヤボビンに予め巻き付けられる。なお、ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極の量は、以下において「ワイヤ残量」とも記載される。

40

【0003】

ワイヤ残量は、放電加工の実行中において徐々に減少する。ワイヤ残量が放電加工の実行途中で尽きた場合、その放電加工は中断される。この中断を予防するための先行技術が、実全平02-039824号公報に開示される。この先行技術は、ワイヤ残量の算出方法に係る。この先行技術は、ワイヤ電極の稠密度と、ワイヤ電極の巻径とを用いた計算を含む。なお、稠密度は、実全平02-039824号公報では卷子率と記載される。

【発明の概要】

【0004】

上記先行技術は、少なくとも次の課題を有する。オペレータは、上記先行技術を実施するために、稠密度と巻径とを計測する。ここで、稠密度と巻径との両方を計測する作業は

50

、オペレータの負担である。

【0005】

本発明は、上述した課題を解決することを目的とする。

【0006】

本発明の第1の態様は、ワイヤボビンと、前記ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極を送出する送出口ローラと、前記ワイヤボビンの第1回転位置を検出する第1回転位置検出センサと、前記送出口ローラの第2回転位置を検出する第2回転位置検出センサと、を備えるワイヤ放電加工機の前記ワイヤボビンのワイヤ残量を推定する残量推定装置であって、前記第1回転位置と前記第2回転位置とを取得する取得部と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの所定期間の開始時における回転量の比である第1比と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する第1推定演算部と、を備える。

10

【0007】

本発明の第2の態様は、ワイヤボビンと、前記ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極を送出する送出口ローラと、前記ワイヤボビンの第1回転位置を検出する第1回転位置検出センサと、前記送出口ローラの第2回転位置を検出する第2回転位置検出センサと、を備えるワイヤ放電加工機の前記ワイヤボビンのワイヤ残量を推定する残量推定方法であって、前記第1回転位置と、前記第2回転位置とを取得する取得ステップと、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの所定期間の開始時における回転量の比である第1比と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する推定演算ステップと、を含む。

20

【0008】

本発明の各態様によれば、オペレータの負担を低減しつつ、ワイヤ残量が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施形態に係る残量推定システムの構成図である。

【図2】図2は、図1の残量推定装置の構成図である。

【図3】図3は、実施形態に係る残量推定方法の流れを例示するフローチャートである。

30

【図4】図4は、変形例1に係る残量推定装置の構成図である。

【図5】図5は、ワイヤ電極が巻き付けられたワイヤボビンの説明図である。

【図6】図6は、記憶部に格納される参照テーブルの構成例である。

【図7】図7は、変形例1に係る残量推定方法の流れを例示するフローチャートである。

【図8】図8は、変形例2に係る残量推定装置の構成図である。

【図9】図9は、変形例3に係る残量推定システムの構成図である。

【図10】図10は、所定期間の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[実施形態]

40

図1は、実施形態に係る残量推定システム10の構成図である。なお、図1の図示には、残量推定システム10のみならず、ワイヤ放電加工機12の送り機構14が含まれる。

【0011】

送り機構14は、ワイヤボビン18と、複数の送出口ローラ20と、2つのモータ22とを備える。

【0012】

ワイヤボビン18は、回転可能なボビンである。図1の点Oは、ワイヤボビン18の回転軸線を示す(図5も参照)。ワイヤボビン18には、ワイヤ電極16が巻き付けられる。ワイヤ電極16は、放電加工に用いられる線材である。ワイヤ電極16は、ワイヤボビン18から引き出される。

50

## 【 0 0 1 3 】

複数の送出口ローラ 2 0 の各々は、回転可能なローラである。複数の送出口ローラ 2 0 は、第 1 ローラ 2 0 1 と、第 2 ローラ 2 0 2 とを有する。ワイヤボビン 1 8 から引き出されたワイヤ電極 1 6 は、第 1 ローラ 2 0 1 と、第 2 ローラ 2 0 2 とに、この順番で架け渡される。

## 【 0 0 1 4 】

複数の送出口ローラ 2 0 は、補助ローラ 2 0 3 をさらに有する。補助ローラ 2 0 3 は、ワイヤ電極 1 6 の走行方向を変更する。また、補助ローラ 2 0 3 は、ワイヤ電極 1 6 の撓みを低減する。補助ローラ 2 0 3 の設置数は、特に限定されない。補助ローラ 2 0 3 の設置箇所も、特に限定されない。

10

## 【 0 0 1 5 】

2 つのモータ 2 2 の各々は、例えばサーボモータである。2 つのモータ 2 2 は、第 1 モータ 2 2 1 と、第 2 モータ 2 2 2 とを有する。第 1 モータ 2 2 1 は第 1 ローラ 2 0 1 を回転させる。第 2 モータ 2 2 2 は、第 2 ローラ 2 0 2 を回転させる。

## 【 0 0 1 6 】

2 つのモータ 2 2 の各々は制御装置 2 4 に制御される。制御装置 2 4 は、ワイヤ放電加工機 1 2 を制御するための電子装置（コンピュータ）である。制御装置 2 4 は、例えば数値制御装置（CNC：Computerized Numerical Controller）である。

## 【 0 0 1 7 】

送り機構 1 4 は、2 つのワイヤガイド 2 5 をさらに備える。2 つのワイヤガイド 2 5 は、第 1 ローラ 2 0 1 と第 2 ローラ 2 0 2 との間に設置される（図 1 参照）。2 つのワイヤガイド 2 5 の間には加工対象物 W が設置される。第 1 ローラ 2 0 1 と第 2 ローラ 2 0 2 との各々が回転することで、ワイヤ電極 1 6 はワイヤボビン 1 8 から加工対象物 W の方に送られる。加工対象物 W を通過したワイヤ電極 1 6 は、回収箱に送られる。なお、回収箱は不図示である。

20

## 【 0 0 1 8 】

ワイヤ電極 1 6 は、ワイヤボビン 1 8 から加工対象物 W の方に送られつつ、加工対象物 W に対し相対移動する。ワイヤ電極 1 6 は、加工プログラム 4 8 に基づいて相対移動する。加工プログラム 4 8 は、ワイヤ電極 1 6 の相対移動の経路を指定する。加工プログラム 4 8 は制御装置 2 4 にインプットされる（図 2 参照）。

30

## 【 0 0 1 9 】

また、ワイヤ電極 1 6 には、電圧が印加される。これにより、ワイヤ電極 1 6 と、加工対象物 W との間に放電が発生する。電圧は、加工条件 4 6 に基づいてワイヤ電極 1 6 に印加される。加工条件 4 6 は、1 項目以上のパラメータを含む。加工条件 4 6 は制御装置 2 4 にインプットされる（図 2 参照）。

## 【 0 0 2 0 】

加工対象物 W は、ワイヤ電極 1 6 の相対移動と、ワイヤ電極 1 6 と加工対象物 W との間の放電とに応じて加工される。ただし、加工対象物 W を加工する途中でワイヤ残量が尽きた場合、ワイヤ放電加工機 1 2 は加工の途中で停止する。この場合は、ワイヤ電極 1 6 の補充作業（ワイヤボビン 1 8 の交換作業）と、ワイヤ電極 1 6 の再結線作業とをオペレータが行う。しかし、これらの作業は、オペレータに負担をかける。したがって、加工の実行前にワイヤ残量を調べることはオペレータにとって重要である。

40

## 【 0 0 2 1 】

しかし、ワイヤ残量を調べることはオペレータにとって容易でない。例えば上記先行技術が実施される場合、オペレータは稠密度と巻径との両方を計測しなければならない。稠密度と巻径との両方を計測する作業は、オペレータにとって大きな負担である。特に、稠密度を正確に計測することは、オペレータにとって難しい。

## 【 0 0 2 2 】

残量推定システム 1 0 は、以上の予備的説明を踏まえ説明される。残量推定システム 1 0 は、ワイヤ残量 S を推定するためのシステムである。残量推定システム 1 0 は、第 1 回

50

転位置検出センサ 26 と、第 2 回転位置検出センサ 28 と、残量推定装置 30 とを備える (図 1 参照)。

【0023】

第 1 回転位置検出センサ 26 は、ワイヤボビン 18 の回転位置を検出するためのセンサである。第 1 回転位置検出センサ 26 は、ワイヤ放電加工機 12 に適宜設置される。第 1 回転位置検出センサ 26 は、ワイヤボビン 18 の回転位置に応じた信号を出力する。以下の説明において、ワイヤボビン 18 の回転位置に応じた信号は、第 1 検出信号 32 と記載される。第 1 検出信号 32 は、残量推定装置 30 に入力される。

【0024】

第 2 回転位置検出センサ 28 は、第 1 ローラ 201 の回転位置を検出するためのセンサである。第 2 回転位置検出センサ 28 は、ワイヤ放電加工機 12 に適宜設置される。第 2 回転位置検出センサ 28 は、第 1 ローラ 201 の回転位置に応じた信号を出力する。以下の説明において、第 1 ローラ 201 の回転位置に応じた信号は、第 2 検出信号 34 と記載される。第 2 検出信号 34 は、残量推定装置 30 に入力される。

10

【0025】

なお、第 2 回転位置検出センサ 28 は、第 1 モータ 221 のシャフトの回転位置を検出してよい。

【0026】

図 2 は、図 1 の残量推定装置 30 の構成図である。

【0027】

残量推定装置 30 は、ワイヤ残量 S を推定する電子装置である。残量推定装置 30 は、ワイヤ放電加工機 12 の制御装置 24 を兼ねる。残量推定装置 30 は、表示部 36 と、操作部 38 と、記憶部 40 と、演算部 42 とを備える (図 2 参照)。

20

【0028】

表示部 36 は、表示画面 361 を有する表示装置である。表示画面 361 には、情報が適宜表示される。表示部 36 の材料は液晶を含む。ただし、表示部 36 の材料は液晶に限定されない。例えば、表示部 36 の材料は OEL (Organic Electro-Luminescence) を含んでもよい。

【0029】

操作部 38 は、オペレータによる情報入力を受け付ける入力装置である。オペレータは、操作部 38 を介して、残量推定装置 30 に情報を入力可能である。操作部 38 は、例えば操作盤と、マウスと、キーボードと、タッチパネルとを有する。タッチパネルは、表示画面 361 に設置される。

30

【0030】

記憶部 40 はメモリを有する。例えば記憶部 40 は、RAM (Random Access Memory) と、ROM (Read Only Memory) とを有する。

【0031】

記憶部 40 には残量推定プログラム 44 が格納される。残量推定プログラム 44 は、残量推定装置 30 にワイヤ残量 S を推定させるためのプログラムである。なお、記憶部 40 に格納される情報は、残量推定プログラム 44 に限定されない。記憶部 40 には、必要に応じて種々の情報が適宜格納される。例えば、本実施形態の残量推定装置 30 は制御装置 24 を兼ねる。この場合、加工条件 46 と加工プログラム 48 とが記憶部 40 に格納されてもよい。

40

【0032】

演算部 42 はプロセッサを有する。例えば演算部 42 は、CPU (Central Processing Unit) と、GPU (Graphics Processing Unit) とを有する。演算部 42 は、記憶部 40 に格納された情報を適宜参照可能である。

【0033】

演算部 42 は、取得部 50 と、推定演算部 (第 1 推定演算部) 52 と、比較部 54 と、警報生成部 56 と、表示制御部 58 とを有する (図 2 参照)。取得部 50 と、推定演算部

50

5 2 と、比較部 5 4 と、警報生成部 5 6 と、表示制御部 5 8 とは、演算部 4 2 が残量推定プログラム 4 4 を実行することで実現される。

【 0 0 3 4 】

取得部 5 0 は、第 1 信号解析部 5 0 1 と、第 2 信号解析部 5 0 2 とを有する（図 2 参照）。

【 0 0 3 5 】

第 1 信号解析部 5 0 1 は、第 1 検出信号 3 2 を解析する。これにより、第 1 信号解析部 5 0 1 は、第 1 回転位置 6 0 を取得する。第 1 回転位置 6 0 は、ワイヤボビン 1 8 の回転位置を示す。第 1 回転位置 6 0 は記憶部 4 0 に格納される。第 1 回転位置 6 0 は推定演算部 5 2 に参照される。

10

【 0 0 3 6 】

第 2 信号解析部 5 0 2 は、第 2 検出信号 3 4 を解析する。これにより、第 2 信号解析部 5 0 2 は、第 2 回転位置 6 2 を取得する。第 2 回転位置 6 2 は、第 1 ロータ 2 0 1 の回転位置を示す。第 2 回転位置 6 2 は記憶部 4 0 に格納される。第 2 回転位置 6 2 は推定演算部 5 2 に参照される。

【 0 0 3 7 】

推定演算部 5 2 は、比率算出部 5 2 1 と、残量算出部 5 2 2 とを有する（図 2 参照）。

【 0 0 3 8 】

比率算出部 5 2 1 は、第 1 比  $\alpha$  を算出する。第 1 比  $\alpha$  は、ワイヤボビン 1 8 の回転量に対する第 1 ロータ 2 0 1 の回転量の比を示す。第 1 比  $\alpha$  は、第 1 回転位置 6 0 と、第 2 回転位置 6 2 とに基づいて算出される。ただし、第 1 比  $\alpha$  は、所定期間 T の開始時における比である。所定期間 T は、ワイヤボビン 1 8 からワイヤ電極 1 6 が送出される期間である。所定期間 T の範囲は、オペレータによって任意に指定される。ただし、残量推定装置 3 0 が所定期間 T の範囲を自動的に設定してもよい。

20

【 0 0 3 9 】

第 1 比  $\alpha$  は、次の数式 ( 1 ) により表現される。数式 ( 1 ) 中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「 $\alpha$ 」：第 1 比」である。「 $\theta_{18}$ 」：所定期間 T の開始時におけるワイヤボビン 1 8 の回転量」である。「 $\theta_{20}$ 」：所定期間 T の開始時における第 1 ロータ 2 0 1 の回転量」である。

【 0 0 4 0 】

【数 1】

$$\alpha = \theta_{20} / \theta_{18} \quad \dots (1)$$

30

【 0 0 4 1 】

第 1 比  $\alpha$  は、残量算出部 5 2 2 に参照される。

【 0 0 4 2 】

図 1 0 は、所定期間 T の説明図である。図 1 0 には、所定期間 T を含むタイムフローが例示される。

【 0 0 4 3 】

数式 ( 1 ) 中の分母 ( 回転量  $\theta_{18}$  ) は、ゼロではない。したがって、所定期間 T の「開始時」は、第 1 回転位置 6 0 が変化する程度の時間幅 ( T W A 、 T W A ' 、または T W A ' ' ) を有する。この場合、回転量  $\theta_{18}$  は、時間幅 T W A 、時間幅 T W A ' 、または時間幅 T W A ' ' における、第 1 回転位置 6 0 の変化量を示す。また、回転量  $\theta_{20}$  は、時間幅 T W A 、時間幅 T W A ' 、または時間幅 T W A ' ' における、第 2 回転位置 6 2 の変化量を示す。

40

【 0 0 4 4 】

図 1 0 の時間幅 T W A の始点は、所定期間 T の始点と一致する。時間幅 T W A の終点は、所定期間 T の始点よりも後の時点である。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 の時間幅 T W A ' の始点は、所定期間 T の始点よりも前の時点である。時間幅 T W

50

A'の終点は、所定期間Tの始点と一致する。

【0046】

図10の時間幅TWA'の始点は、所定期間Tの始点よりも前の時点である。時間幅TWA'の終点は、所定期間Tの始点よりも後の時点である。

【0047】

なお、時間幅TWA'、または時間幅TWA''において取得部50が第1回転位置60と第2回転位置62とを取得する場合、ワイヤ送中は、所定期間Tの始点よりも前から始まる。

【0048】

また、比率算出部521は、第2比 $\beta$ を算出する。第2比 $\beta$ は、ワイヤポビン18の回転量に対する第1ローラ201の回転量の比を示す。第2比 $\beta$ は、第1回転位置60と、第2回転位置62とに基づいて算出される。ただし、第2比 $\beta$ は、所定期間Tの終了時における比である。

10

【0049】

第2比 $\beta$ は、次の数式(2)により表現される。数式(2)中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「 $\beta$ 」：第2比」である。「 $\theta'_{18}$ 」：所定期間Tの終了時におけるワイヤポビン18の回転量」、「 $\theta'_{20}$ 」：所定期間Tの終了時における第1ローラ201の回転量」である。

【0050】

【数2】

20

$$\beta = \theta'_{20} / \theta'_{18} \quad \dots(2)$$

【0051】

数式(2)中の分母(回転量 $\theta'_{18}$ )は、ゼロではない。したがって、所定期間Tの「終了時」は、第1回転位置60が変化する程度の時間幅(TWB、TWB'、またはTWB'')を有する(図10参照)。この場合、回転量 $\theta'_{18}$ は、時間幅TWB、時間幅TWB'、または時間幅TWB''における、第1回転位置60の変化量を示す。また、回転量 $\theta'_{20}$ は、時間幅TWB、時間幅TWB'、または時間幅TWB''における、第2回転位置62の変化量を示す。

30

【0052】

図10の時間幅TWBの始点は、所定期間Tの終点よりも前の時点である。時間幅TWBの終点は、所定期間Tの終点と一致する。

【0053】

図10の時間幅TWB'の始点は、所定期間Tの終点と一致する。時間幅TWB'の終点は、所定期間Tの終点よりも後の時点である。

【0054】

図10の時間幅TWB''の始点は、所定期間Tの終点よりも前の時点である。時間幅TWB''の終点は、所定期間Tの終点よりも後の時点である。

【0055】

40

なお、時間幅TWB'、または時間幅TWB''において取得部50が第1回転位置60と第2回転位置62とを取得する場合、ワイヤ送中は、所定期間Tの終点後も継続する。

【0056】

なお、送り機構14がワイヤ電極16を送出する場合、次の数式(3)が成立する。数式(3)中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「Q」：ローラ半径(ローラ半径の半分)」である(図1参照)。「 $\theta'_{20}$ 」：第1ローラ201の回転量」である。「R」：ワイヤポビン18に巻き付けられたワイヤ電極16の巻半径(巻径の半分)」である(図1参照)。「 $\theta'_{18}$ 」：ワイヤポビン18の回転量」である。

【0057】

【数3】

50

$$Q\theta_{20} = R\theta_{18} \quad \dots(3)$$

## 【 0 0 5 8 】

ローラ半径  $Q$  は一定である。この場合、一定量のワイヤ電極 16 を送出手のための回転量  $\theta_{20}$  も、一定である。その一方で、巻半径  $R$  は、ワイヤ残量  $S$  が減少するほどに短くなる。したがって、一定量のワイヤ電極 16 を送出手のための回転量  $\theta_{18}$  は、数式 (3) に基づいて徐々に増大する。

## 【 0 0 5 9 】

以上から、次の各関係が成立する。すなわち、数式 (1) の回転量  $\theta_{20}$  と、数式 (2) の回転量  $\theta'_{20}$  とは等しい ( $\theta_{20} = \theta'_{20}$ )。また、数式 (1) の回転量  $\theta_{18}$  と、数式 (2) の回転量  $\theta'_{18}$  とでは、回転量  $\theta'_{18}$  の方が大きい ( $\theta_{18} < \theta'_{18}$ )。よって、第 2 比  $\theta_{18}/\theta_{20}$  は、第 1 比  $\theta'_{18}/\theta'_{20}$  よりも小さい。

10

## 【 0 0 6 0 】

第 2 比  $\theta_{18}/\theta_{20}$  は、残量算出部 522 に参照される。

## 【 0 0 6 1 】

残量算出部 522 は、次の数式 (4) に基づいてワイヤ残量  $S$  を算出する。数式 (4) 中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「 $S$  : ワイヤ残量」である。「 $\theta_{18}$  : 第 1 比」である。「 $\theta_{20}$  : 第 2 比」である。「 $Q$  : ローラ半径」である。「 $L$  : ワイヤボビン 18 の胴半径 (胴径の半分)」である (図 1 または図 5 参照)。「 $\theta_{20}$  : 第 1 ローラ 201 の総回転量」である。「 $\pi$  : 円周率」である。

20

## 【 0 0 6 2 】

## 【 数 4 】

$$S = (\beta^2 Q^2 - L^2) 2\pi\theta_{20} / [Q(\alpha^2 - \beta^2) 360^\circ] \quad \dots(4)$$

## 【 0 0 6 3 】

なお、ローラ半径  $Q$  と胴半径  $L$  とは、記憶部 40 に予め格納される。総回転量  $\theta_{20}$  は、所定期間  $T$  における第 1 ローラ 201 の回転量の総量である。したがって、総回転量  $\theta_{20}$  は、第 2 回転位置 62 に基づいて取得される。

30

## 【 0 0 6 4 】

ワイヤ残量  $S$  は、所定期間  $T$  の終了時における、ワイヤボビン 18 に巻き付けられたワイヤ電極 16 の残量の推定値を示す。ワイヤ残量  $S$  は、比較部 54 に参照される。

## 【 0 0 6 5 】

比較部 54 は、ワイヤ残量  $S$  と、ワイヤ見積量  $S'$  とを比較する。ワイヤ見積量  $S'$  は、放電加工に必要なワイヤ残量  $S$  の見積量である。ワイヤ見積量  $S'$  は、例えば加工プログラム 48 に基づいて算出される。なお、ワイヤ見積量  $S'$  は、加工プログラム 48 のみならず、加工条件 46 に基づいて算出されてもよい。

## 【 0 0 6 6 】

また、比較部 54 は、ワイヤ残量  $S$  がワイヤ見積量  $S'$  よりも少ないか否かを判定する。判定は、比較結果に基づいて行われる。ワイヤ残量  $S$  がワイヤ見積量  $S'$  よりも少ない場合、比較部 54 は、警報生成部 56 を呼び出す。

40

## 【 0 0 6 7 】

警報生成部 56 は、警報を生成する。警報は、比較結果に応じて生成される。警報は、表示部 36 に表示可能なメッセージ形式で生成される。このメッセージは例えば、ワイヤ残量  $S$  がワイヤ見積量  $S'$  よりも少ない旨を示す。生成された警報は、表示制御部 58 に参照される。

## 【 0 0 6 8 】

表示制御部 58 は、表示部 36 を制御する。表示制御部 58 は、推定されたワイヤ残量  $S$  を表示画面 361 に表示させる。これにより、オペレータは、ワイヤ残量  $S$  を知る。ま

50

た、表示制御部 5 8 は、警報生成部 5 6 により生成されたメッセージをも表示画面 3 6 1 に表示させる。これにより、オペレータは、ワイヤ残量 S がワイヤ見積量 S' よりも少ないことを知る。

【 0 0 6 9 】

なお、表示制御部 5 8 が表示画面 3 6 1 に表示させる情報は、ワイヤ残量 S と、メッセージとのみに限定されない。例えば表示制御部 5 8 は、比較部 5 4 が行った比較結果をも表示画面 3 6 1 に表示させてもよい。

【 0 0 7 0 】

残量推定装置 3 0 は、稠密度と巻径（巻半径 R）とを用いることなく、ワイヤ残量 S を算出する。したがって、オペレータが稠密度と巻径（巻半径 R）とを計測する必要がない。よって、残量推定装置 3 0 は、オペレータの負担を低減させる。残量推定装置 3 0 の説明は以上である。

10

【 0 0 7 1 】

図 3 は、実施形態に係る残量推定方法の流れを例示するフローチャートである。

【 0 0 7 2 】

残量推定方法は、ワイヤ残量 S を推定するための方法である。残量推定方法は、残量推定装置 3 0 により実行される。残量推定方法は、取得ステップ 8 2 と、推定演算ステップ 8 4 と、比較ステップ 8 6 と、警報生成ステップ 8 8 と、表示ステップ 9 0 とを含む（図 3 参照）。

【 0 0 7 3 】

残量推定装置 3 0 は、取得ステップ 8 2 を実行する。取得ステップ 8 2 は、開始時判定ステップ 8 2 1 と、第 1 の取得ステップ 8 2 2 と、終了時判定ステップ 8 2 3 と、第 2 の取得ステップ 8 2 4 とを含む（図 3 参照）。

20

【 0 0 7 4 】

開始時判定ステップ 8 2 1 では、所定期間 T が開始されたか否かを、取得部 5 0 が判定する。所定期間 T の開始時になった場合（開始時判定ステップ 8 2 1：YES）、取得部 5 0 は、第 1 の取得ステップ 8 2 2 を実行する。

【 0 0 7 5 】

第 1 の取得ステップ 8 2 2 では、第 1 回転位置 6 0 と、第 2 回転位置 6 2 とを取得部 5 0 が取得する。ここで取得される第 1 回転位置 6 0 は、所定期間 T の開始時におけるワイヤボビン 1 8 の回転位置を示す。また、ここで取得される第 2 回転位置 6 2 は、所定期間 T の終了時における第 1 ローラ 2 0 1 の回転位置を示す。

30

【 0 0 7 6 】

終了時判定ステップ 8 2 3 では、所定期間 T が終了したか否かを、取得部 5 0 が判定する。所定期間 T の終了時になった場合（終了時判定ステップ 8 2 3：YES）、取得部 5 0 は、第 2 の取得ステップ 8 2 4 を実行する。

【 0 0 7 7 】

第 2 の取得ステップ 8 2 4 では、第 1 回転位置 6 0 と、第 2 回転位置 6 2 とを取得部 5 0 が取得する。ここで取得される第 1 回転位置 6 0 は、所定期間 T の終了時におけるワイヤボビン 1 8 の回転位置を示す。また、ここで取得される第 2 回転位置 6 2 は、所定期間 T の終了時における第 1 ローラ 2 0 1 の回転位置を示す。残量推定装置 3 0 は、取得ステップ 8 2 の次に推定演算ステップ 8 4 を実行する。

40

【 0 0 7 8 】

推定演算ステップ 8 4 は、比率算出ステップ 8 4 1 と、残量推定ステップ 8 4 2 とを含む（図 3 参照）。

【 0 0 7 9 】

比率算出ステップ 8 4 1 では、比率算出部 5 2 1 が第 1 比 と第 2 比 とを算出する。なお、第 1 比 は、所定期間 T の終了前に算出されてもよい。したがって、残量推定装置 3 0 は、第 1 の取得ステップ 8 2 2 の後に、比率算出ステップ 8 4 1 を開始してもよい。この場合、比率算出ステップ 8 4 1 は、終了時判定ステップ 8 2 3、または第 2 の取得ス

50

テップ 8 2 4 と並行して実行されてもよい。

【 0 0 8 0 】

残量推定ステップ 8 4 2 では、残量算出部 5 2 2 がワイヤ残量  $S$  を算出する。残量推定装置 3 0 は、推定演算ステップ 8 4 の次に、比較ステップ 8 6 を実行する。

【 0 0 8 1 】

比較ステップ 8 6 では、ワイヤ残量  $S$  の推定結果とワイヤ見積量  $S'$  とを、比較部 5 4 が比較する。推定されたワイヤ残量  $S$  がワイヤ見積量  $S'$  よりも少ない場合 ( 8 6 : Y E S )、残量推定装置 3 0 は警報生成ステップ 8 8 を実行する。ワイヤ残量  $S$  がワイヤ見積量  $S'$  以上である場合 ( 8 6 : N O )、残量推定装置 3 0 は表示ステップ 9 0 を実行する。

【 0 0 8 2 】

警報生成ステップ 8 8 では、警報生成部 5 6 が警報を生成する。警報はメッセージ形式である。このメッセージは、例えばワイヤ残量  $S$  が不足している旨を示す。残量推定装置 3 0 は、警報生成ステップ 8 8 の次に、表示ステップ 9 0 を実行する。

【 0 0 8 3 】

表示ステップ 9 0 では、表示制御部 5 8 が表示画面 3 6 1 にワイヤ残量  $S$  を表示させる。また、警報生成ステップ 8 8 が事前に完了した場合、表示制御部 5 8 は、生成された警報をも表示画面 3 6 1 に表示させる。

【 0 0 8 4 】

図 3 の残量推定方法が実行される場合には、稠密度と巻半径  $R$  との両方をオペレータが計測する必要がない。したがって、オペレータの負担が低減される。図 3 の残量推定方法の説明は以上である。

【 0 0 8 5 】

[ 変形例 ]

上記実施形態に係る変形例が以下に説明される。ただし、上記実施形態と重複する説明は、以下の説明では可能な限り省略される。上記実施形態で説明済の構成要素の参照符号は、特に断らない限り、上記実施形態から流用される。

【 0 0 8 6 】

( 変形例 1 )

図 4 は、変形例 1 に係る残量推定装置 3 0 ( 3 0 1 ) の構成図である。

【 0 0 8 7 】

残量推定装置 3 0 1 は、実施形態の残量推定装置 3 0 の構成要素 ( 図 2 参照 ) を備える。ただし、図 4 では、いくつかの構成要素の図示が割愛される。

【 0 0 8 8 】

残量推定装置 3 0 1 は、稠密度算出部 6 8 と、記憶制御部 7 0 と、第 2 推定演算部 7 2 とをさらに有する。稠密度算出部 6 8 と、記憶制御部 7 0 と、第 2 推定演算部 7 2 とは、演算部 4 2 が残量推定プログラム 4 4 を実行することで、実現される。この点に関し、残量推定プログラム 4 4 は適宜変更される。

【 0 0 8 9 】

図 5 は、ワイヤ電極 1 6 が巻き付けられたワイヤボビン 1 8 の説明図である。図 5 には、ワイヤ電極 1 6 とワイヤボビン 1 8 とが断面的に図示される。なお、仮想直線  $O$  は、ワイヤボビン 1 8 の回転軸線である。

【 0 0 9 0 】

稠密度算出部 6 8 は、次の数式 ( 5 ) に基づいて稠密度  $A$  を算出する。数式 ( 5 ) 中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「  $A$  : 稠密度」である。「  $B$  : 第 1 比」である。「  $C$  : 第 2 比」である。「  $D$  : ワイヤ電極 1 6 のワイヤ径」である ( 図 5 参照 )。「  $H$  : ワイヤボビン 1 8 の内幅」である ( 図 5 参照 )。「  $Q$  : ローラ半径」である。「  $N$  : 第 1 ローラ 2 0 1 の総回転量」である。

【 0 0 9 1 】

【 数 5 】

10

20

30

40

50

$$A = \pi D^2 \phi / [2HQ(\alpha^2 - \beta^2)360^\circ] \quad \dots (5)$$

## 【 0 0 9 2 】

記憶制御部 7 0 は、稠密度 A と、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とを互いに対応付ける。これにより、記憶制御部 7 0 は、参照テーブル 7 4 を作成する。

## 【 0 0 9 3 】

図 6 は、記憶部 4 0 に格納される参照テーブル 7 4 の構成例である。

## 【 0 0 9 4 】

参照テーブル 7 4 は、ワイヤボビン 1 8 の識別子（名称または番号）の列と、稠密度 A の列と、ワイヤ径 D の列と、内幅 H の列と、胴半径 L の列とを有する。各行において横並びになった情報同士が、互いに対応する。例えば、参照テーブル 7 4 は、とあるワイヤボビン 1 8 の「識別子：ボビン 1」を含む（図 6 参照）。「識別子：ボビン 1」のワイヤボビン 1 8 に巻き付けられたワイヤ電極 1 6 の稠密度 A は、「A A」である。そのワイヤ電極 1 6 のワイヤ径 D は、「D A」である。また、「識別子：ボビン 1」のワイヤボビン 1 8 の内幅 H は、「H A」である。「識別子：ボビン 1」のワイヤボビン 1 8 の胴半径 L は、「L A」である。

## 【 0 0 9 5 】

なお、多くの場合、ワイヤ電極 1 6 は、ワイヤ電極 1 6 に関する所定の規格に基づいて設計される。したがって、オペレータは、ワイヤ電極 1 6 の規格に基づいてワイヤ径 D を容易に特定できる。また、多くの場合、ワイヤボビン 1 8 は、ワイヤボビン 1 8 に関する所定の規格に基づいて設計される。したがって、オペレータは、ワイヤボビン 1 8 の内幅 H と、ワイヤボビン 1 8 の胴半径 L との各々を、ワイヤボビン 1 8 の規格に基づいて容易に特定できる。

## 【 0 0 9 6 】

記憶制御部 7 0 は、参照テーブル 7 4 を記憶部 4 0 に格納する。参照テーブル 7 4 は、第 2 推定演算部 7 2 に参照される。

## 【 0 0 9 7 】

第 2 推定演算部 7 2 は、次の数式（6）に基づいてワイヤ残量 S を推定する。数式（6）中の各文字が示す値は次のとおりである。すなわち、「S：ワイヤ残量」である。「R：巻半径」である。「A：稠密度」である。「H：内幅」である。「L：胴半径」である。「D：ワイヤ径」である。なお、稠密度 A と、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とは、参照テーブル 7 4 において互いに対応する。巻半径 R は、オペレータにより事前に計測される。

## 【 0 0 9 8 】

## 【数 6】

$$S = 4(R^2 - L^2)HA/D^2 \dots (6)$$

## 【 0 0 9 9 】

参照テーブル 7 4 は、稠密度 A と、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とに対応する識別子を含む。したがって、オペレータは、識別子を指定することで、稠密度 A と、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とを容易に指定できる。

## 【 0 1 0 0 】

図 7 は、変形例 1 に係る残量推定方法の流れを例示するフローチャートである。なお、図 3 の「推定演算ステップ」は、図 7 において「第 1 推定演算ステップ」と記載される。

## 【 0 1 0 1 】

図 7 の残量推定方法は、取得ステップ 8 2 と、第 1 推定演算ステップ 8 4 と、比較ステップ 8 6 と、警報生成ステップ 8 8 と、表示ステップ 9 0 とを含む。この点において、図 7 の残量推定方法は、図 3 の残量推定方法と共通する。ただし、図 7 の残量推定方法は、

選択ステップ 9 2 と、稠密度算出ステップ 9 4 と、記憶ステップ 9 6 と、第 2 推定演算ステップ 9 8 とをさらに含む。この点において、図 7 の残量推定方法は、図 3 の残量推定方法と相違する。

【 0 1 0 2 】

残量推定装置 3 0 1 は、選択ステップ 9 2 を最初に行う。選択ステップ 9 2 では、操作部 3 8 が入力操作を受け付ける。選択ステップ 9 2 において、オペレータは、第 1 推定演算ステップ 8 4 または第 2 推定演算ステップ 9 8 を選択する。

【 0 1 0 3 】

オペレータが第 1 推定演算ステップ 8 4 を選択した場合、残量推定装置 3 0 1 は、取得ステップ 8 2 を実行する。取得ステップ 8 2 と、第 1 推定演算ステップ 8 4 との各々の説明は、本変形例において割愛される。残量推定装置 3 0 1 は、第 1 推定演算ステップ 8 4 の次に、稠密度算出ステップ 9 4 を実行する。

10

【 0 1 0 4 】

稠密度算出ステップ 9 4 では、稠密度算出部 6 8 が稠密度 A を算出する。稠密度 A は、数式 ( 5 ) に基づいて算出される。ここで、稠密度算出部 6 8 は、直近の第 1 推定演算ステップ 8 4 で使用された第 1 比 と、第 2 比 と、総回転量 とを流用する。残量推定装置 3 0 1 は、稠密度算出ステップ 9 4 の次に、記憶ステップ 9 6 を実行する。

【 0 1 0 5 】

記憶ステップ 9 6 では、記憶制御部 7 0 が、記憶部 4 0 に稠密度 A を格納する。ここで、稠密度 A は、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とに対応付けられる。残量推定装置 3 0 1 は、記憶ステップ 9 6 の次に、比較ステップ 8 6 ~ 表示ステップ 9 0 を適宜実行する ( 図 7 参照 ) 。

20

【 0 1 0 6 】

選択ステップ 9 2 においてオペレータが第 2 推定演算ステップ 9 8 を選択した場合、残量推定装置 3 0 1 は第 2 推定演算ステップ 9 8 を実行する。第 2 推定演算ステップ 9 8 では、第 2 推定演算部 7 2 が、ワイヤ残量 S を推定する。ワイヤ残量 S は数式 ( 6 ) に基づいて算出される。

【 0 1 0 7 】

第 2 推定演算ステップ 9 8 が実行される場合、取得ステップ 8 2 は実行されない。したがって、第 2 推定演算ステップ 9 8 が実行される場合、所定期間 T にわたるワイヤ送量は不要である。第 2 推定演算ステップ 9 8 の後は、比較ステップ 8 6 ~ 表示ステップ 9 0 が適宜実行される ( 図 7 参照 ) 。

30

【 0 1 0 8 】

第 2 推定演算ステップ 9 8 が実行される場合、オペレータは巻半径 R を事前に計測する。しかし、オペレータが稠密度 A を計測する必要はない。したがって、オペレータの負担が低減される。

【 0 1 0 9 】

残量推定装置 3 0 1 は、選択ステップ 9 2 において第 2 推定演算ステップ 9 8 を自動的に選択してもよい。この場合、選択ステップ 9 2 において第 2 推定演算ステップ 9 8 を自動的に選択することを、オペレータが残量推定装置 3 0 1 に予め指示する。また、オペレータは、第 2 推定演算部 7 2 に参照させる稠密度 A と、ワイヤ径 D と、内幅 H と、胴半径 L とを予め指定する。

40

【 0 1 1 0 】

また、残量推定装置 3 0 1 は、第 1 推定演算ステップ 8 4 の前に稠密度算出ステップ 9 4 を実行してもよい。その場合、第 1 比 と、第 2 比 と、総回転量 とは、稠密度算出ステップ 9 4 で算出されてもよい。また、その場合、第 1 比 と、第 2 比 と、総回転量 とは、第 1 推定演算ステップ 8 4 で流用されてもよい。

【 0 1 1 1 】

( 変形例 2 )

図 7 の取得ステップ 8 2 ~ 記憶ステップ 9 6 を辿るフローは、過去に稠密度 A が算出さ

50

れたことのあるワイヤボビン 18 について実行されてもよい。ここで、例えば第 1 検出信号 32 と、第 2 検出信号 34 との各々は、誤差（ノイズ）を含む場合がある。この誤差により、過去に算出された稠密度 A と、直前に算出された稠密度 A とは、互いに異なる値を示す場合がある。この場合、同一のワイヤボビン 18 に係る複数の稠密度 A が記憶部 40 に格納される。しかし、数式（6）に代入される稠密度 A の値は、一つのみである。以上の前提を踏まえ、本変形例では、同一のワイヤボビン 18 について複数の稠密度 A が算出済である場合にもワイヤ残量 S を算出可能な残量推定装置 30（302）が説明される。

【0112】

図 8 は、変形例 2 に係る残量推定装置 302 の構成図である。

【0113】

残量推定装置 302 は、残量推定装置 301 の構成要素（図 4 参照）を備える。また、残量推定装置 302 は、平均算出部 76 をさらに備える。平均算出部 76 は、演算部 42 が残量推定プログラム 44 を実行することで実現される。この点に関し、残量推定プログラム 44 は適宜変更される。

【0114】

平均算出部 76 は、複数の稠密度 A の平均値を算出する。ここで、複数の稠密度 A は、対応するワイヤ径 D が互いに同じである。また、複数の稠密度 A は、対応するワイヤボビン 18 の寸法（内幅 H、胴半径 L）も、互いに同じである。

【0115】

第 2 推定演算部 72 は、複数の稠密度 A の平均値を、稠密度 A の代わりに数式（6）に代入する。これにより、同一のワイヤボビン 18 について複数の稠密度 A が算出済である場合にも、ワイヤ残量 S が推定される。また、複数の稠密度 A の平均値がワイヤ残量 S の推定に用いられることで、前述の誤差がワイヤ残量 S の推定結果に及ぼす影響が低減される。

【0116】

なお、平均算出部 76 は、複数の稠密度 A の平均値ではなく、複数の稠密度 A の移動平均値を算出してよい。この場合、第 2 推定演算部 72 は、複数の稠密度 A の移動平均値を、稠密度 A の代わりに数式（6）に代入する。

【0117】

（変形例 3）

本変形例では、残量推定装置 30 から離れた場所にいるオペレータにワイヤ残量 S を知らせる残量推定装置 30（303）が説明される。

【0118】

図 9 は、変形例 3 に係る残量推定システム 10（101）の構成図である。

【0119】

残量推定システム 101 は、第 1 回転位置検出センサ 26 と、第 2 回転位置検出センサ 28 と、残量推定装置 303 と、外部機器 78 とを有する。第 1 回転位置検出センサ 26 と、第 2 回転位置検出センサ 28 との各々の説明は、本変形例において割愛される。

【0120】

外部機器 78 は、残量推定装置 303 と通信可能な電子機器（端末）である。外部機器 78 は表示画面 781 を有する。外部機器 78 は、残量推定装置 303 から離れた場所に設置可能である。外部機器 78 は、オペレータが携帯可能な可搬型端末でもよい。

【0121】

残量推定装置 303 は、実施形態の残量推定装置 30 の構成要素（図 2 参照）を備える。ただし、図 9 では、いくつかの構成要素の図示が割愛される。

【0122】

残量推定装置 303 は、通信制御部 80 をさらに有する。通信制御部 80 は、演算部 42 が残量推定プログラム 44 を実行することで実現される。この点に関し、残量推定プログラム 44 は適宜変更される。

【0123】

10

20

30

40

50

通信制御部 80 は、外部機器 78 との通信を制御する。特に、通信制御部 80 は、推定されたワイヤ残量  $S$  を、外部機器 78 に送信する。外部機器 78 は、受信したワイヤ残量  $S$  を表示画面 781 に表示させる。これにより、残量推定装置 303 の近くにいないオペレータが、ワイヤ残量  $S$  を確認できる。

【0124】

なお、通信制御部 80 は、推定結果とワイヤ見積量  $S'$  との比較結果を、外部機器 78 に送信してもよい。また、通信制御部 80 は、警報を外部機器 78 に送信してもよい。

【0125】

また、残量推定システム 101 は、複数の外部機器 78 を有してもよい。

【0126】

(変形例 4)

ワイヤボビン 18 の寸法(内幅  $H$ 、胴半径  $L$ )は、操作部 38 を介してオペレータに指定されてもよい。例えば多くの場合、ワイヤボビン 18 は、ワイヤボビン 18 に関する規格に基づいて設計される。しかし、規格に基づかない寸法を有するワイヤボビン 18 も存在する。この場合、オペレータは、ワイヤボビン 18 の寸法を計測する。また、オペレータは、操作部 38 を介して、計測結果を残量推定装置 30 に入力する。

【0127】

なお、ワイヤ電極 16 に関する規格に基づかないワイヤ電極 16 も存在する。オペレータは、そのワイヤ電極 16 を使用する場合、操作部 38 を介してワイヤ径  $D$  を指定してもよい。

【0128】

(変形例 5)

警報の形式はメッセージ形式に限定されない。例えば警報は、アイコンを含んでもよい。また、警報は、音声(例えば、エラー音)を含んでもよい。

【0129】

(変形例 6)

ワイヤボビン 18 には、トルクモータが接続されてもよい。トルクモータは、ワイヤボビン 18 の回転トルクを調整するためのモータである。

【0130】

第 1 回転位置検出センサ 26 は、トルクモータのシャフトの回転位置を検出してもよい。この場合は、トルクモータのシャフトの回転位置が、第 1 回転位置 60 として扱われる。

【0131】

(変形例 7)

第 1 比  $\alpha$  と、第 2 比  $\beta$  との各々は、第 2 ローラ 202 の回転量と、ワイヤボビン 18 の回転量との比でもよい。この場合、第 2 検出信号 34 は、第 2 ローラ 202 の回転に応じて出力される。また、この場合、総回転量  $\theta$  は、所定期間  $T$  の第 2 ローラ 202 の総回転量でもよい。

【0132】

(変形例 8)

残量推定装置 30 と、ワイヤ放電加工機 12 の制御装置 24 とは、互いに別個の電子装置でもよい。

【0133】

その場合、残量推定装置 30 と制御装置 24 とは、互いに通信してもよい。これにより、残量推定装置 30 は、例えば取得ステップ 82 を実行するために、所定期間  $T$  にわたるワイヤ送の実行を制御装置 24 に要求できる。

【0134】

なお、本発明は、上述した実施形態、および変形例に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を取り得る。

【0135】

[実施形態から得られる発明]

10

20

30

40

50

上記実施形態および変形例から把握しうる発明について、以下に記載する。

【0136】

<第1の発明>

ワイヤボビン(18)と、前記ワイヤボビンに巻き付けられたワイヤ電極(16)を送出する送出口ローラ(20)と、前記ワイヤボビンの第1回転位置(60)を検出する第1回転位置検出センサ(26)と、前記送出口ローラの第2回転位置(62)を検出する第2回転位置検出センサ(28)と、を備えるワイヤ放電加工機(12)の前記ワイヤボビンのワイヤ残量(S)を推定する残量推定装置(30、301、302、303)であって、前記第1回転位置と前記第2回転位置とを取得する取得部(50)と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの所定期間(T)の開始時における回転量の比である第1比( )と、前記ワイヤボビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比( )と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量( )とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する第1推定演算部(52)と、を備える。

10

【0137】

これにより、オペレータの負担を低減しつつ、ワイヤ残量(S)が得られる。

【0138】

前記第1推定演算部は、前記総回転量と、前記第1比と、前記第2比と、前記ワイヤボビンの胴半径(L)と、前記送出口ローラのローラ半径(Q)とに基づいて、前記所定期間(T)の終了時における前記ワイヤ残量を推定してもよい。

20

【0139】

前記第1推定演算部は、前記ワイヤ残量を、数式(4)に基づいて推定してもよい。

【0140】

前記残量推定装置は、前記総回転量と、前記第1比と、前記第2比と、前記ワイヤ電極のワイヤ径(D)と、前記ワイヤボビンの寸法とに基づいて、前記ワイヤボビンに巻き付けられた前記ワイヤ電極の稠密度(A)を算出する稠密度算出部(68)と、前記稠密度と、前記ワイヤ径と、前記ワイヤボビンの前記寸法とを対応付けて記憶部(40)に記憶させる記憶制御部(70)と、前記ワイヤボビンに巻き付けられた前記ワイヤ電極の巻半径(R)と、前記稠密度と、前記ワイヤ径と、前記ワイヤボビンの前記寸法とに基づいて、前記ワイヤ残量を推定する第2推定演算部(72)と、をさらに備えてもよい。これにより、稠密度(A)が容易に算出される。また、ワイヤ残量(S)が節約される。

30

【0141】

前記第2推定演算部は、前記稠密度を、数式(5)に基づいて推定してもよい。

【0142】

前記残量推定装置は、対応する前記ワイヤ径と、対応する前記ワイヤボビンの前記寸法との各々が互いに同じ複数の前記稠密度が前記記憶部に記憶されている場合に、複数の前記稠密度の平均値、または複数の前記稠密度の移動平均値を算出する平均算出部(76)をさらに備え、前記第2推定演算部は、前記平均値または前記移動平均値を前記稠密度として、前記ワイヤ残量を推定してもよい。これにより、同一のワイヤボビン(18)について複数の稠密度(A)が算出済である場合にも、ワイヤ残量(S)が推定される。

40

【0143】

前記残量推定装置は、前記ワイヤ径と、前記ワイヤボビンの前記寸法との少なくとも1つをオペレータが指定可能な操作部(38)をさらに備えてもよい。これにより、例えばワイヤボビン(18)の寸法が所定の規格に準拠していない場合においても、残量推定装置(30)がワイヤ残量(S)を推定する。

【0144】

前記残量推定装置は、前記ワイヤ残量を表示部(36)に表示させる表示制御部(58)をさらに備えてもよい。これにより、オペレータがワイヤ残量(S)を確認できる。

【0145】

前記残量推定装置(303)は、外部機器(78)に前記ワイヤ残量を送信する通信制

50

御部(80)をさらに備えてもよい。これにより、残量推定装置から離れた場所にいるオペレータが、ワイヤ残量(S)を確認できる。

【0146】

前記残量推定装置は、放電加工に必要な前記ワイヤ電極のワイヤ見積量(S')と前記ワイヤ残量との比較結果に応じて警報を生成する警報生成部(56)をさらに備えてもよい。これにより、例えばワイヤ残量(S)が不足することが、オペレータに知らされる。

【0147】

前記残量推定装置は、前記ワイヤ放電加工機を制御する制御装置(24)に備わってもよい。

【0148】

<第2の発明>

ワイヤポビン(18)と、前記ワイヤポビンに巻き付けられたワイヤ電極(16)を送出する送出口ローラ(20)と、前記ワイヤポビンの第1回転位置(60)を検出する第1回転位置検出センサ(26)と、前記送出口ローラの第2回転位置(62)を検出する第2回転位置検出センサ(28)と、を備えるワイヤ放電加工機(12)の前記ワイヤポビンのワイヤ残量(S)を推定する残量推定方法であって、前記第1回転位置と、前記第2回転位置とを取得する取得ステップ(82)と、前記ワイヤポビンと前記送出口ローラとの所定期間(T)の開始時における回転量の比である第1比( )と、前記ワイヤポビンと前記送出口ローラとの前記所定期間の終了時における回転量の比である第2比( )と、前記所定期間で前記送出口ローラが回転した総回転量( )とに基づいて、前記所定期間の終了時における前記ワイヤ残量を推定する推定演算ステップ(84)と、を含む。

【0149】

これにより、オペレータの負担を低減しつつ、ワイヤ残量(S)が得られる。

【符号の説明】

【0150】

- 12...ワイヤ放電加工機
- 16...ワイヤ電極
- 18...ワイヤポビン
- 20...送出口ローラ
- 24...制御装置
- 26...第1回転位置検出センサ
- 28...第2回転位置検出センサ
- 30、301、302、303...残量推定装置
- 36...表示部
- 38...操作部
- 40...記憶部
- 50...取得部
- 52...推定演算部(第1推定演算部)
- 56...警報生成部
- 58...表示制御部
- 60...第1回転位置
- 62...第2回転位置
- 68...稠密度算出部
- 70...記憶制御部
- 72...第2推定演算部
- 76...平均算出部
- 78...外部機器
- 80...通信制御部

10

20

30

40

50

【図面】  
【図 1】

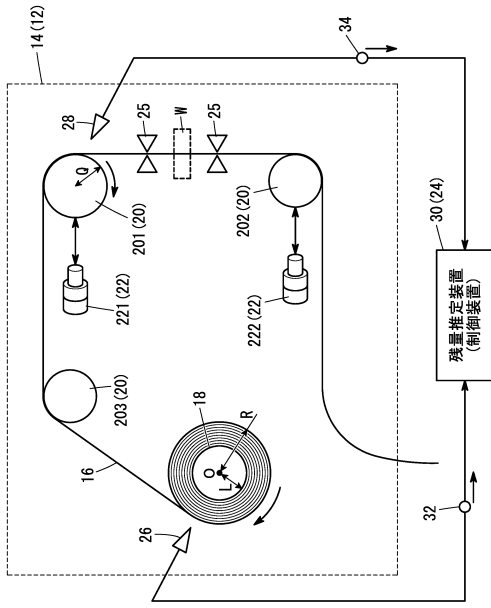


FIG. 1

【図 2】

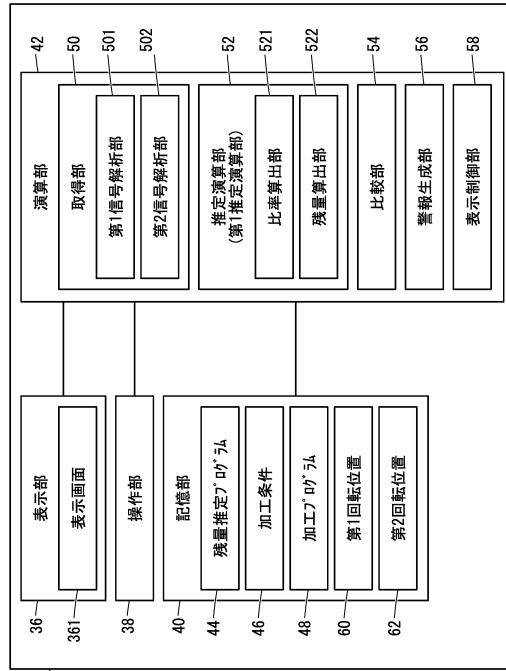
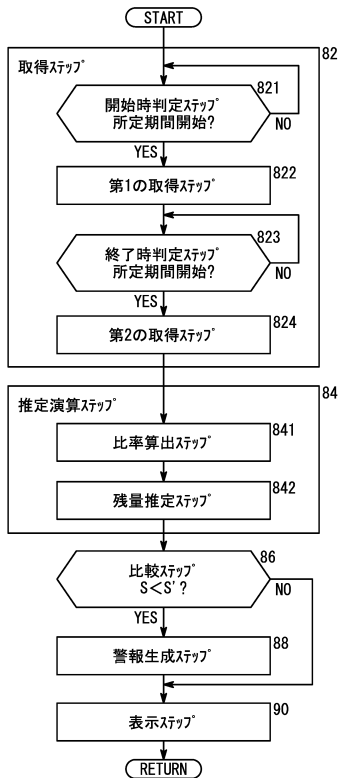


FIG. 2

【図 3】  
FIG. 3



【図 4】

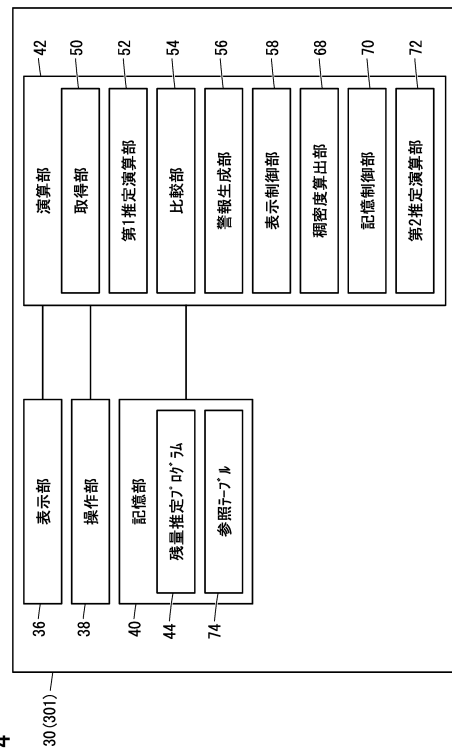


FIG. 4

10

20

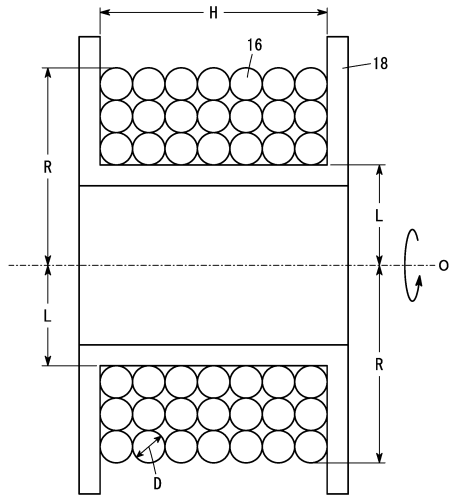
30

40

50

【図5】

FIG. 5



【図6】

FIG. 6

74

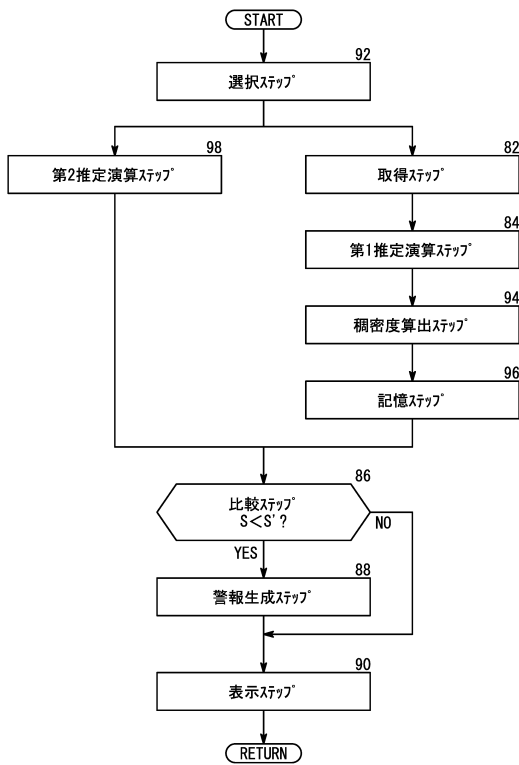
識別子	稠密度	ワケ径	内幅	胴半径
ホビン1	AA	DA	HA	LA
ホビン2	AB	DB	HB	LB
ホビン3	AC	DC	HC	LC
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

10

20

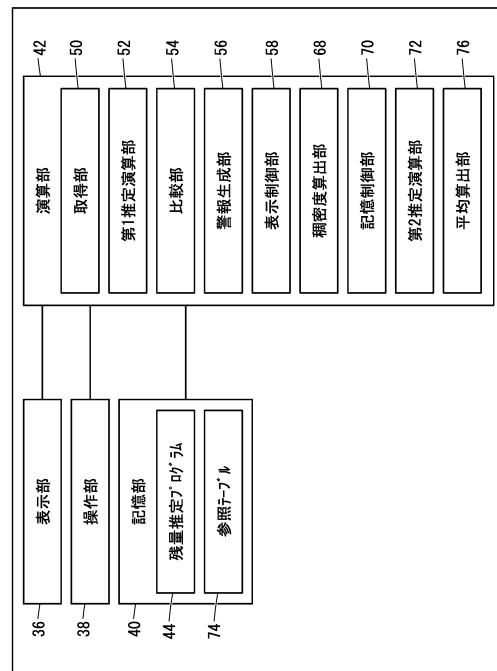
【図7】

FIG. 7



【図8】

FIG. 8

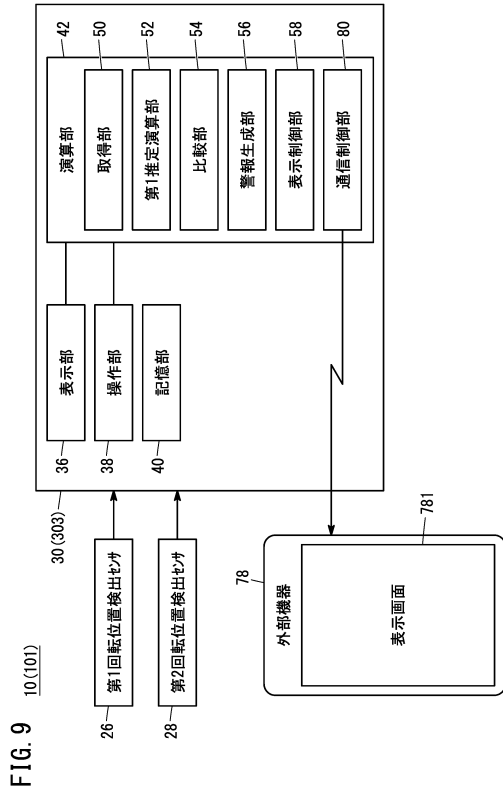


30

40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 実用新案登録第2510109(JP, Y2)  
特許第2736544(JP, B2)  
特開2003-25155(JP, A)  
特開2010-179377(JP, A)  
特開平2-279219(JP, A)  
特開2019-130629(JP, A)  
国際公開第2018/092181(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23H 1/00 - 11/00