

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7253995号

(P7253995)

(45)発行日 令和5年4月7日(2023.4.7)

(24)登録日 令和5年3月30日(2023.3.30)

(51)国際特許分類

F I

G 0 5 B 19/4097(2006.01)

G 0 5 B 19/4097

C

B 2 1 J 5/00 (2006.01)

B 2 1 J 5/00

Z

G 0 5 B 19/4069(2006.01)

G 0 5 B 19/4069

G 0 5 B 19/4093(2006.01)

G 0 5 B 19/4093

H

請求項の数 15 (全47頁)

(21)出願番号 特願2019-136445(P2019-136445)

(22)出願日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(65)公開番号 特開2021-22011(P2021-22011A)

(43)公開日 令和3年2月18日(2021.2.18)

審査請求日 令和3年11月16日(2021.11.16)

(73)特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74)代理人 110000279

弁理士法人ウィルフォート国際特許事務

所

(72)発明者 坂本 英次

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

(72)発明者 寺前 俊哉

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

(72)発明者 谷上 哲也

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 製造工程設計方法及び製造工程設計システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定のワークから製品を製造するための鍛造工程及び切削工程を含む製造工程を設計する製造工程設計方法であって、

(A) 前記製品の形状に基づいて、前記鍛造工程の目標形状である鍛造目標形状を生成し、

(B) 前記鍛造目標形状と、前記鍛造工程で使用するプレス設備の鍛造荷重と、前記鍛造工程前のワーク形状である第1時点ワーク形状とに基づいて、1以上の工程を含む鍛造工程案を生成するとともに、前記鍛造工程案のシミュレーション実行結果による鍛造工程後の前記ワークの形状である推定ワーク形状を生成し、

(C) 前記製品の形状と、前記推定ワーク形状と、に基づいて、前記切削工程用のNCプログラムを生成し、

(D) 前記NCプログラムに基づいて前記切削工程の切削コストを計算し、前記製造工程における前記鍛造工程案と、前記切削工程の前記切削コストと、を表示する、製造工程設計方法。

【請求項2】

請求項1に記載の製造工程設計方法であって、

(E) 前記切削工程を実行する所定の加工機で用いる工具又は設備の剛性又はたわみ量と、前記NCプログラムとに基づいて、前記推定ワーク形状から前記製品の形状を生成する切削工程における力学シミュレーションを処理する、

製造工程設計方法。

10

20

【請求項 3】

請求項 2 記載の製造工程設計方法であって、
(F) 前記力学シミュレーションの処理結果を表示する、
製造工程設計方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の製造工程設計方法であって、
(G) 前記力学シミュレーションの処理結果に基づいて、前記設備の剛性又は工具のたわみ量に起因する切削誤差を減少させる補正を行った、補正後 NC プログラムを生成する、
製造工程設計方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の製造工程設計方法であって、
(H) 前記力学シミュレーションの処理結果を表示するとともに、前記補正後 NC プログラムにおいて、前記工具のパスの補正を行う位置を表示する、
製造工程設計方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の製造工程設計方法であって、
(I) 前記 (B) で生成された前記推定ワーク形状に対して、前記鍛造工程における誤差を考慮して肉付けを行った補正推定ワーク形状を生成し、
前記 (C) において、前記推定ワーク形状に代えて前記補正推定ワーク形状に基づいて、前記 NC プログラムを生成する、
製造工程設計方法。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の製造工程設計方法であって、
前記 (G) において、
前記 NC プログラム中の複数のブロックに基づいて、前記 NC プログラムを実行する加工機の工具が前記ブロックに対応する処理中にワークに接触しないパスである非接触部分工具パスを特定し、
前記非接触部分工具パスのみをパスとするブロックである非接触ブロックを特定し、
前記非接触ブロックに続く 1 以上のブロックである後続ブロックに従う前記ワークの加工処理における工具径方向の工具経路補正量を決定し、
前記後続ブロックよりも前に、前記工具経路補正量だけ前記工具の経路を補正するための記述を含むブロックを作成する、
製造工程設計方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載の製造工程設計方法であって、
前記非接触部分工具パスが、前記非接触部分工具パスを含む第 1 ブロックに対応するパスの一部である場合に、前記非接触部分工具パスの少なくとも一部のパスに対応するブロックである分割済非接触ブロックと、前記第 1 ブロックの前記分割済非接触ブロックのパス以外のパスに対応する 1 以上の分割済ブロックとを生成し、
前記第 1 ブロックを、前記分割済非接触ブロックと前記分割済ブロックとに変換し、
前記分割済非接触ブロックを、前記非接触ブロックとして取り扱う
製造工程設計方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の製造工程設計方法であって、
前記非接触部分工具パスが、前記非接触部分工具パスを含む前記第 1 ブロックに対応するパスにおける中間部分である場合に、前記非接触部分工具パスよりも前のパスと前記非接触部分工具パス内の前側のパスとを含むパスに対応する分割済前ブロックと、前記分割済非接触ブロックに対応する前記非接触部分工具パスの中間部分のパスのみに対応する分割済中間ブロックと、前記非接触部分工具パスの後側のパスと前記非接触部分工具パスよりも後ろのパスとを含むパスに対応する分割済後ブロックとを生成し、

10

20

30

40

50

前記第1ブロックを、前記分割済前ブロックと、前記分割済中間ブロックと、前記分割済後ブロックとに変換し、

前記分割済中間ブロックを、前記非接触ブロックとして取り扱う製造工程設計方法。

【請求項10】

所定のワークから製品を製造するための鍛造工程及び切削工程を含む製造工程を設計する製造工程設計システムであって、

前記製造工程設計システムは、プロセッサを含み、

前記プロセッサは、

(A) 前記製品の形状に基づいて、前記鍛造工程の目標形状である鍛造目標形状を生成し、

(B) 前記鍛造目標形状と、前記鍛造工程で使用するプレス設備の鍛造荷重と、前記鍛造工程前のワーク形状である第1時点ワーク形状とに基づいて、1以上の工程を含む鍛造工程案を生成するとともに、前記鍛造工程案のシミュレーション実行結果による鍛造工程後の前記ワークの形状である推定ワーク形状を生成し、

(C) 前記製品の形状と、前記推定ワーク形状と、に基づいて、前記切削工程用のNCプログラムを生成し、

(D) 前記NCプログラムに基づいて前記切削工程の切削コストを計算し、前記製造工程における前記鍛造工程案と、前記切削工程の前記切削コストと、を表示する、製造工程設計システム。

【請求項11】

請求項10に記載の製造工程設計システムであって、

前記プロセッサは、

(E) 前記切削工程を実行する所定の加工機で用いる工具又は設備の剛性又はたわみ量と、前記NCプログラムとに基づいて、前記推定ワーク形状から前記製品の形状を生成する切削工程における力学シミュレーションを処理する、製造工程設計システム。

【請求項12】

請求項11に記載の製造工程設計システムであって、

前記プロセッサは、

(F) 前記力学シミュレーションの処理結果を表示する、製造工程設計システム。

【請求項13】

請求項11に記載の製造工程設計システムであって、

前記プロセッサは、

(G) 前記力学シミュレーションの処理結果に基づいて、前記設備の剛性又は工具のたわみ量に起因する切削誤差を減少させる補正を行った、補正後NCプログラムを生成する、製造工程設計システム。

【請求項14】

請求項13に記載の製造工程設計システムであって、

前記プロセッサは、

(H) 前記力学シミュレーションの処理結果を表示するとともに、前記補正後NCプログラムにおいて、前記工具のパスの補正を行う位置を表示する、製造工程設計システム。

【請求項15】

請求項10に記載の製造工程設計システムであって、

前記プロセッサは、

(I) 前記(B)で生成された前記推定ワーク形状に対して、前記鍛造工程における誤差を考慮して肉付けを行った補正推定ワーク形状を生成し、

前記(C)において、前記推定ワーク形状に代えて前記補正推定ワーク形状に基づいて、前記NCプログラムを生成する、

10

20

30

40

50

製造工程設計システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鍛造工程及び切削工程を含む製造工程の設計を行う技術に関する。

【背景技術】

【0002】

プレス設備を用いて被加工物（以降、ワークと呼ぶことがある）を所定の部品形状に成形する型鍛造では、形状が複雑なためワークを金型に充填できないことや、プレス設備に荷重制約があること等から1工程での成形が難しい場合、複数の工程で成形する多工程型鍛造プロセスが必要になる。

10

【0003】

多工程型鍛造プロセスを実行するためには、鍛造に必要な工程数や各工程で使用する金型形状の設計が必要である。

【0004】

鍛造を行う工程の設計に関する技術としては、例えば特許文献1に開示された技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

20

【文献】特開2008-110398号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

多工程型鍛造プロセスの設計を行う際において、鍛造で成形を狙う部品（以下、目標形状と呼ぶ）の成形に要する工程数や各工程で用いる金型形状は未知である。特に、金型形状は設計自由度が膨大であり、金型形状の設計を含めた工程設計は困難である。

【0007】

ここで、例えば、図1に示すような目標形状F110を、図2に示すようにワークF120から成形するための多工程型鍛造プロセスの設計について説明する。なお、図1においては、上から目標形状F110の上面図、側面図、矢視A-A線における断面図を示している。目標形状F110は、軸対称（中心軸に対して対称）かつ上下対称の形状となっているが、これは、一例であって、目標形状は、軸対称でなくてもよく、また上下対象でなくてもよい。

30

【0008】

このような目標形状F110を成形するための多工程型鍛造プロセスにおける1工程で使用する金型は、金型形状の設計指針がない場合、あらゆる自由曲面の中から各工程で使用する形状を決定しなければならないため、設計自由度が高く、設計にかかる工数も膨大になる。1工程で使用する金型としては、例えば、図3に示すような形状とすることができる。

40

【0009】

このような多工程型鍛造プロセスの設計は、金型の設計を含めた工程設計を試行錯誤的に検討されており、設計に要する時間、多工程型鍛造プロセスによる目標形状の成形精度、製造コスト等は、設計者のノウハウに大きく依存していた。

【0010】

近年における製造業における熟練者減少の背景から、金型の設計を含めた工程設計を容易且つ適切に行えるようにすることが要請されている。

【0011】

このような多工程型鍛造プロセスの設計における課題に対して、特許文献1に開示された技術は、いずれも複数の工程から構成される鍛造工程の設計を対象としていない。その

50

ため、これらの技術を用いて、多工程型鍛造プロセスにおける金型の設計を含めた工程設計を行うことはできない。

【0012】

また、鍛造工程だけでは、最終製品を生成できず、鍛造工程で生成されたワークに対して切削工程を行うことにより最終製品を生成する必要がある場合がある。しかしながら、従来においては、鍛造工程、切削工程とは別々に設計が行われることが一般的であり、鍛造工程及び切削工程を含めた製造工程の設計は行われていない。

【0013】

本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、その目的は、所望する形状を生成する鍛造工程及び切削工程を含む製造工程を適切に決定することのできる技術を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するため、一観点に係る製造工程設計方法は、所定のワークから製品を製造するための鍛造工程及び切削工程を含む製造工程を設計する製造工程設計方法であって、（A）製品の形状に基づいて、鍛造工程の目標形状である鍛造目標形状を生成し、（B）鍛造目標形状と、鍛造工程で使用するプレス設備の鍛造荷重と、鍛造工程前のワーク形状である第1時点ワーク形状とに基づいて、1以上の工程を含む鍛造工程案を生成するとともに、鍛造工程案のシミュレーション実行結果による鍛造工程後のワークの形状である推定ワーク形状を生成し、（C）製品の形状と、推定ワーク形状と、に基づいて、切削工程用の補正前NCプログラムを生成し、（D）補正前NCプログラムに基づいて切削工程の切削コストを計算し、製造工程における鍛造工程案と、切削工程の切削コストと、を表示する。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、所望する形状を生成する鍛造工程及び切削工程を含む製造工程を適切に決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、多工程型鍛造プロセスで成形を狙う目標形状の一例を示す図である。

30

【図2】図2は、鍛造前のワークと、目標形状との断面図である。

【図3】図3は、多工程型鍛造プロセスの1工程で使用する金型の一例を示す図である。

【図4】図4は、一実施形態に係る加工処理システムの全体構成図である。

【図5】図5は、一実施形態に係る製造工程設計システムの処理概要図である。

【図6】図6は、部分金型の種類を説明する図である。

【図7】図7は、仮想金型における部分金型の領域を説明する図である。

【図8】図8は、部分金型を組み合わせて構成される仮想金型の一例を示す図である。

【図9】図9は、型鍛造プロセスの工程案で使用する金型案を説明する図である。

【図10】図10は、型鍛造プロセスにおけるワークの変形過程を示す断面図である。

【図11】図11は、一実施形態に係る製造工程設計システムの一部の構成図である。

40

【図12】図12は、一実施形態に係る鍛造プロセス設計計算機の構成図である。

【図13】図13は、一実施形態に係る鍛造プロセス設計処理のフローチャートである。

【図14】図14は、ワークから中間目標形状を経て最終的な目標形状を生成する際におけるワークの変形過程を示す断面図である。

【図15】図15は、未加工のワークから中間目標形状を生成する際の工程案の一例を示す図である。

【図16】図16は、型鍛造プロセスにおけるワークの変形過程を示す断面図である。

【図17】図17は、一実施形態に係る加工処理システムの一部の構成図である。

【図18】図18は、一実施形態に係る変換用計算機の構成図である。

【図19】図19は、一実施形態に係る変換用入力画面の構成図である。

50

【図 20】図 20 は、一実施形態に係るダウンロード確認画面の構成図である。

【図 21】図 21 は、一実施形態に係る変換処理のフローチャートである。

【図 22】図 22 は、一実施形態に係るワークの切削前の形状を示す図である。

【図 23】図 23 は、一実施形態に係るワークの切削後の目標形状を示す図である。

【図 24】図 24 は、一実施形態に係るワークの切削処理中の形状を示す図である。

【図 25】図 25 は、一実施形態に係る補正前の NC プログラムの記述と、対応するワークの切削処理における工具のパスと、を説明する図である。

【図 26】図 26 は、一実施形態に係る補正後の NC プログラムの記述と、対応するワークの切削処理における工具のパスと、を説明する図である。

【図 27】図 27 は、一実施形態に係る変換先 NC プログラムを生成する処理の一例を示すフローチャートである。

10

【図 28】図 28 は、一実施形態に係る変換先 NC プログラムを生成する処理の他の例を示すフローチャートである。

【図 29】図 29 は、一実施形態に係るシミュレーションモデルの一例を示す図である。

【図 30】図 30 は、一実施形態に係る製造工程のトータルコストを算出する式の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下に説明する実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明されている諸要素及びその組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

20

【0018】

ここで、本明細書においては、同一の金型を使ってワークに対して行う鍛造処理を 1 つの工程としており、例えば、同一の金型を他の条件（異なる温度条件等）で複数回連続して使用して鍛造処理を行う場合には、これら複数回の鍛造処理を 1 つの工程とする。

【0019】

<システムの概要>

図 4 は、一実施形態に係る加工処理システムの全体構成図である。

【0020】

加工処理システム 1000 は、変換用計算機 10 と、鍛造プロセス設計計算機 F40 と、1 以上の NC 切削加工機 20（加工機の一例）と、1 以上のプレス機（プレス設備の一例）F50 と、1 以上の管理計算機 F20 と、1 以上の表示用計算機 F30 と、1 以上の現場用計算機 30 とを備える。変換用計算機 10 と、鍛造プロセス設計計算機 F40 と、NC 切削加工機 20 と、表示用計算機 F30 と、管理計算機 F20 と、現場用計算機 30 とは、ネットワーク 40 を介して接続されている。ネットワーク 40 は、有線ネットワークでも無線ネットワークでもよい。本実施形態では、場所 A に、プレス機 F50 と、NC 切削加工機 20 と、現場用計算機 30 とが配置され、場所 C に、変換用計算機 10 と、鍛造プロセス設計計算機 F40 と、管理計算機 F20 とが配置され、設計場所に、表示用計算機 F30 が配置されている。なお、変換用計算機 10、鍛造プロセス設計計算機 F40 は、場所 A、場所 C、設計場所のいずれに配置されてもよい。

30

40

【0021】

本実施形態では、例えば、変換用計算機 10 と、鍛造プロセス設計計算機 F40 と、管理計算機 F20 と、表示用計算機 F30 と、現場用計算機 30 とによって、製造工程設計システム 1 が構成されている。なお、製造工程設計システム 1 は、現場用計算機 30 を備えていなくてもよい。また、製造工程設計システム 1 は、1 つのサーバ等の計算機により構成されてもよく、要は、1 以上の計算機で構成されてよい。

【0022】

鍛造プロセス設計計算機 F40 は、例えば、記憶資源 F44（図 12 参照）と CPU F41（図 12 参照）を最低限備えるサーバであり、後述する鍛造プロセス設計プログラム F441（図 12 参照）がインストールされている。記憶資源 F44 には、鍛造プロセ

50

ス設計プログラム F 4 4 1 の入力条件であるワーク形状や目標形状を示す C A D データや計算実行条件、および計算実行後の工程案の概略図や有限要素解析の解析結果ファイルなどが保存されている。なお、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 の詳細については、後述する。

【 0 0 2 3 】

変換用計算機 1 0 は、或る N C 切削加工機（例えば、或るメーカーの N C 切削加工機といったような個々の N C 切削加工機を特定していない N C 切削加工機であってもよく、加工処理システム 1 0 0 0 の特定の N C 切削加工機であってもよい。）用の N C プログラム（変換元用 N C プログラム：補正前 N C プログラム）を他の N C 切削加工機 2 0 用の N C プログラム（変換先用 N C プログラム：補正後 N C プログラム）に変換する処理を実行する。変換用計算機 1 0 の詳細については、後述する。

10

【 0 0 2 4 】

現場用計算機 3 0 は、現場の作業者により操作される計算機であり、例えば、プロセッサ、記憶資源等を備える P C (P e r s o n a l C o m p u t e r) によって構成される。なお、ここで言う現場は、図 4 では、プレス機 F 5 0 や N C 切削加工機 2 0 が設置された場所（例えば工場内、建物、フロア等）が典型例である。ただし、現場用計算機 3 0 は、変換用計算機 1 0 の画面表示用として用いるのであれば、N C 切削加工機 2 0 が設置された場所以外で使用されてもよい。

【 0 0 2 5 】

なお、現場用計算機 3 0 は変換した N C プログラムのダウンロード処理及び画面表示や、変換用入力画面、プレス機 F 5 0 の各種情報入力画面等の画面表示を担当し、実際の変換処理は変換用計算機 1 0 が担当してもよい。しかし、多少の利便性は低下するものの、各計算機が担当する役割（一部の役割も含めて）お互いに交換又は統合可能である。また、変換用計算機 1 0 は複数の計算機で構成されていてもよい。

20

【 0 0 2 6 】

管理計算機 F 2 0 は、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 及び変換計算機 1 0 のシステム管理者によって使用される計算機である。システム管理者は、管理計算機 F 2 0 を利用することにより、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 、変換計算機 1 0 の記憶媒体容量や、ユーザごとの利用率などを監視してサービス運用を行う。

【 0 0 2 7 】

表示用計算機 F 3 0 は、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 、変換用計算機 1 0 を利用するユーザによって使用される計算機である。表示用計算機 F 3 0 は、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 にアクセスして、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 の G U I F 4 4 2 （図 1 2 参照）に対して、ユーザにより入力された多工程の自動設計条件、許容する鍛造荷重の最大値などといったテキスト形式の情報や、目標形状やワーク形状といった C A D データの送信を行う。なお、ユーザにより入力された条件は鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 の記憶資源 F 4 4 に保存され、保存されたデータに基づいて鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 が工程設計を行う。また、表示用計算機 F 3 0 は、工程設計の結果として得られた工程案を、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 の G U I F 4 4 2 を介して、表示する。これにより、工程案をユーザが閲覧することができる。また、表示用計算機 F 3 0 は、現場用計算機 3 0 と同様な N C プログラムのダウンロード処理及び画面表示や、変換用入力画面等の画面表示を担当することができる。

30

40

【 0 0 2 8 】

プレス機 F 5 0 は、鍛造工程を実行する機械であり、例えば、金型を使用して、ワークに対して鍛造処理を実行する。本実施形態では、プレス機 F 5 0 は、未加工のワーク F 1 2 0 に対して 1 以上の工程を含む鍛造工程を実行して、目標形状 F 1 1 0 を生成する。なお、鍛造工程としては、プレス機 F 5 0 により、ワーク F 1 2 0 を一旦中間目標形状 F 2 1 5 に生成し、その後、目標形状 F 1 1 0 を生成する場合もある。

【 0 0 2 9 】

N C 切削加工機 2 0 は、切削工程を実行する機械であり、例えば、マシニングセンタである。N C 切削加工機 2 0 は、鍛造工程で生成された目標形状 F 1 1 0 に対して切削工程

50

を実行することにより、製品60を生成する。なお、NC切削加工機20の詳細については、後述する。なお、NC切削加工機20は、NC旋盤であってもよい。

【0030】

<加工処理システムの使い方>

設計者が、製造プロセスでの最終的な製品形状を、顧客や他の部門から受領したとき又は自らが設計したときに、加工処理システム1000の製造工程設計システム1を利用し、特定の場所を前提とした、鍛造工程と切削工程とを含む製造工程を設計する。その後、設計した製造工程を実際にテストするために、設計された鍛造工程で使用する金型を自身又は外部の製造者により製造し、指定した場所で設計した鍛造工程のテスト実施と、切削工程のテスト実施とを行い、テスト実施の結果に応じて製造工程を改良し、その後、改良した製造工程により、製品を製造する本番稼働を迎えることとなる。

10

【0031】

なお、製造工程設計システム1においては、テスト実施の結果をフィードバックすることでより良い設計につなげてよい。例えば、製造工程設計システム1は、テスト実施結果として実際の鍛造後のワーク形状や、または、鍛造工程により得られるシミュレーションの結果の形状（推定鍛造後形状）に対して修正を行った形状に基づいて、NCプログラムを生成しなおしたり、NCプログラムを補正したりしてもよい。また、製造工程設計システム1は、テスト実施結果をフィードバックして、鍛造工程の設計自体をやり直してもよい。例えば、製造工程設計システム1は、テスト実施結果に基づいて、鍛造工程の目標形状を変更したり、鍛造工程の設計にヒント（例えば、鍛造工程で中間目標形状を利用すること）を与えたりしてもよい。

20

<製造工程設計システムの処理概要>

図5は、一実施形態に係る製造工程設計システムの処理概要図である。

【0032】

鍛造プロセス設計計算機F40は、例えば、CAD（Computer-aided design）により、製造工程での最終的な製品形状を示すCADデータを生成する処理（製品形状生成処理）を行う（ステップS1）。なお、鍛造プロセス設計計算機F40がCADデータを生成せずに、他の計算機からCADデータを取得するようにしてもよい。

【0033】

次に、鍛造プロセス設計計算機F40は、製品形状を生成するための鍛造工程での目標形状（鍛造目標形状）を設計する処理（鍛造目標形状設計処理）を行う（ステップS2）。

30

【0034】

次に、鍛造プロセス設計計算機F40は、鍛造工程を実行する前のワーク形状（第1時点ワーク形状）から鍛造目標形状を製造するための鍛造工程及び各工程で使用する金型形状を設計し、設計した鍛造工程をシミュレーションする鍛造プロセス設計処理を行う（ステップS3）。鍛造プロセス設計計算機F40は、鍛造プロセス設計処理を実行することにより、処理結果16（推定される鍛造後のワーク形状（推定鍛造後形状：推定ワーク形状）と、鍛造工程と、その鍛造工程で使用する金型形状との情報）を出力する。

【0035】

次に、鍛造プロセス設計計算機F40は、例えば、CAM（Computer aided manufacturing）により、ステップS1でのCADデータと、ステップS3での処理結果16とを入力として、NCプログラム17（変換元用NCプログラム）を生成する（NCプログラム生成処理）を行う（ステップS4）。このように、処理結果16に含まれる推定鍛造後形状に基づいて、NCプログラムが形成されるので、鍛造工程が実行されたワークに対して適切なNCプログラムを生成することができる。鍛造プロセス設計計算機F40は、ステップS4で生成した変換元用NCプログラム17は、変換用計算機10に渡される。

40

【0036】

変換用計算機10では、変換元用NCプログラム17を入力とし、NCデータ補正処理（変換処理）を実行することにより、実際に切削工程を行うNC切削加工機20での実行

50

に適したNCプログラム（変換先用NCプログラム）を生成する（ステップS5）。

【0037】

上記した処理によると、製品のCADデータから、適切な鍛造工程及び金型形状が設計できるとともに、その鍛造工程により生成されたワークを製品形状にするための切削工程を行う特定のNC切削加工機20に適したNCプログラムを生成することができる。

【0038】

＜鍛造プロセス設計計算機に関わる構成＞

金型形状は、無数の自由曲面に基づいて設計することができるが、無数の自由曲面に基づいて設計すると、考えられる金型形状の数が膨大となり、設計にかかる工数も膨大になる。そこで、本実施形態では、金型を、複数の部分金型（仮想金型ブロック）から構成されるものとし、各部分金型を、複数の機能のいずれかに対応する形状とし、これら部分金型を組み合わせることで、金型案の候補となる金型（仮想金型）を創出するようにする。

【0039】

＜部分金型の種類＞

ここで、部分金型の機能（役割）の種類について、図1に示す目標形状F110を生成する場合を想定した例を説明する。

【0040】

図6は、部分金型の種類を説明する図である。

【0041】

部分金型としては、例えば、部分金型番号が0、1-1、2-1、2-2、3の5つの機能をもったものが考えられる。なお、これらの機能は、目標形状F110を生成する型鍛造工程で必要とされる機能であり、過去の鍛造工程の設計実績などを参考に抽出することができる。

【0042】

部分金型番号「0」の部分金型の機能は、プレス設備の鍛造における荷重（鍛造荷重）の低減や、ワークの流動性を考慮して、意図して部分金型をワークと接触させない機能である。部分金型番号「1-1」の部分金型の機能は、部分金型が対応する目標形状の領域の形状にワークを変形させる機能である。この機能を有する部分金型の形状は、対応する目標形状の領域の形状が転写されたものとなっている。部分金型番号「2-1」の部分金型の機能は、ワークに目標形状F110への変形はさせず、ワークの直径を拡大させる機能である。この機能を有する部分金型の形状は、例えば、平坦形状となっている。部分金型番号「2-2」の部分金型の機能は、ワークに目標形状F110への転写はせず、ワークの直径を拡大させる機能である。この機能を有する部分金型の形状は、例えば、テーパ形状となっている。部分金型番号「3」の部分金型の機能は、ワークの径方向への変形を拘束する機能である。

【0043】

これら機能を部分金型に適切に割り当てることにより、目標形状F110を生成する工程に必要な金型案を生成することができる。また、これら機能の内のいずれかの機能を有する部分金型を複数組み合わせることで、金型案の候補となる金型を、或る程度の限られた個数に抑えて生成することができる。これにより、後述する金型案を決定するための計算処理等を低減することができ、計算時間を短縮することができる。このことは、見方を変えたと、比較的良い金型案を効果的に生成することができると言える。

【0044】

なお、部分金型の機能は、図6に示す例に限られず、多種多様の機能としてもよい。

【0045】

＜仮想金型における部分金型の領域＞

次に、仮想金型における部分金型を説明する。

【0046】

図7は、仮想金型における部分金型の領域を説明する図である。図8は、部分金型を組み合わせ構成される仮想金型の一例を示す図である。なお、図8における部分金型（F

10

20

30

40

50

1 4 1～F 1 4 5) 上に記載した各番号は、図 6 に示す部分金型番号を示している。

【0 0 4 7】

仮想金型における部分金型の領域は、例えば、目標形状 F 1 1 0 の領域に基づいて決定されている。本実施形態では、図 5 に示すように、目標形状 F 1 1 0 において、高さが変化する部分の少なくとも一部を領域の境界とし、その領域に対応する金型の領域（部分）を部分金型としている。具体的には、目標形状 F 1 1 0 の中心から順に領域 A 1～A 5 とし、図 8 に示すように、それら領域に対応（それら領域と対向）する金型 F 1 4 0 の領域を部分金型 F 1 4 1～F 1 4 5 としている。具体的には、領域 A 1 には、部分金型 F 1 4 1 が対応し、領域 A 2 には、部分金型 F 1 4 2 が対応し、領域 A 3 には、部分金型 F 1 4 3 が対応し、領域 A 4 には、部分金型 F 1 4 4 が対応し、領域 A 5 には、部分金型 F 1 4 5 が対応する。なお、領域 A 1 は、上面が円形の領域であり、他の領域 A 2～A 5 は、上面が円環状となっており、それらの領域に対応する部分金型 F 1 4 1～F 1 4 5 は、上面が同一の形状となっている。このように、部分金型の領域を、円形又は円環状に対応するようにすると、目標形状が軸対称である場合には、部分金型全体に対して同一の機能を割り当てることができる。

10

【0 0 4 8】

本実施形態においては、部分金型 F 1 4 1～F 1 4 5 に対して、図 6 に示す部分金型の機能のいずれかを対応付けることにより、複数の仮想金型を容易に生成することができる。図 8 の例では、部分金型 F 1 4 1 は、部分金型番号「0」の機能を有する部分金型であり、部分金型 F 1 4 2，F 1 4 3 は、部分金型番号「1－1」の機能を有する部分金型であり、部分金型 F 1 4 4，F 1 4 5 は、部分金型番号「2－1」の機能を有する部分金型である。

20

【0 0 4 9】

なお、本実施形態では、部分金型 F 1 4 1～F 1 4 5 を組合わせることにより金型 F 1 4 0 を構成しているが、金型 F 1 4 0 は、適切な金型案を検出するために利用される仮想的な金型である。したがって、実際に目標形状を生成する際には、金型 F 1 4 0 の形状を一体的に成形した金型を製作して使用してもよく、金型 F 1 4 0 のように、部分金型を組合わせて構成される金型を製作して使用してもよい。

【0 0 5 0】

<複数の工程から構成される型鍛造プロセス>

30

次に、鍛造工程前のワーク F 1 2 0 から目標形状 F 1 1 0 を生成する複数の工程から構成される型鍛造工程案の一例について説明する。

【0 0 5 1】

図 9 は、型鍛造プロセスの工程案で使用する金型案を説明する図である。

【0 0 5 2】

型鍛造工程案 F 1 4 5 は、金型案 F 1 5 0 による鍛造工程（第 1 工程）と、金型案 F 1 6 0 による鍛造工程（第 2 工程）と、金型案 F 1 7 0 による鍛造工程（第 3 工程）との 3 つの鍛造工程により構成されている。

【0 0 5 3】

金型案 F 1 5 0 は、領域 A 1～A 5 に対応する部分金型 F 1 5 1～F 1 5 5 により構成されている。部分金型 F 1 5 1 には、部分金型番号「1－1」に対応する部分金型が割り当てられ、部分金型 F 1 5 2～F 1 5 5 には、部分金型番号「2－1」に対応する部分金型が割り当てられている。したがって、金型案 F 1 5 0 は、ワーク側の全面が平坦な形状の金型である。

40

【0 0 5 4】

金型案 F 1 6 0 は、領域 A 1～A 5 に対応する部分金型 F 1 6 1～F 1 6 5 により構成されている。部分金型 F 1 6 1 には、部分金型番号「0」に対応する部分金型が割り当てられ、部分金型 F 1 6 2，F 1 6 3 には、部分金型番号「1－1」に対応する部分金型が割り当てられ、部分金型 F 1 6 4，F 1 6 5 には、部分金型番号「2－1」に対応する部分金型が割り当てられている。したがって、金型案 F 1 6 0 は、ワーク側の内周側に目標

50

形状 F 1 1 0 に基づく溝形状を転写させる金型である。

【 0 0 5 5 】

金型案 F 1 7 0 は、領域 A 1 ～ A 5 に対応する部分金型 F 1 7 1 ～ F 1 7 5 により構成されている。部分金型 F 1 7 1 ～ F 1 7 3 には、部分金型番号「 0 」に対応する部分金型が割り当てられ、部分金型 F 1 7 4 には、部分金型番号「 1 - 1 」に対応する部分金型が割り当てられ、部分金型 F 1 7 5 には、部分金型番号「 3 」に対応する部分金型が割り当てられている。したがって、金型案 F 1 7 0 は、ワークの外周部の形状転写と最外周の変形拘束を実現する金型である。

【 0 0 5 6 】

なお、各工程の金型案に相当する金型の押込み量（上下の金型を挟み込む量）は、部分金型番号「 1 - 1 」に対応する部分金型による押込みによって実現されるワークの厚みを目標形状 F 1 1 0 と同じ厚みにするために必要な押込み量に設定される。

10

【 0 0 5 7 】

次に、図 9 に示す型鍛造工程案 F 1 4 5 によるワークの変形過程について説明する。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、型鍛造工程におけるワークの変形過程を示す断面図である。

【 0 0 5 9 】

まず、金型案 F 1 5 0 に対応する金型を用いた第 1 工程では、鍛造前のワーク F 1 2 0 がワーク F 1 9 0 の形状に変形される。具体的には、第 1 工程では、部分金型番号「 1 - 1 」の部分金型 F 1 5 1 によって、ワーク F 1 2 0 の領域 A 1 が目標形状 F 1 1 0 の形状に成形され、部分金型番号「 2 - 1 」の部分金型 F 1 5 2 ～ F 1 5 5 によって、領域 A 2 ～ A 5 は、目標形状 F 1 1 0 の形状には成形されずに、直径が拡大される。

20

【 0 0 6 0 】

次に、金型案 F 1 6 0 に対応する金型を用いた第 2 工程では、ワーク F 1 9 0 がワーク F 2 0 0 の形状に変形される。具体的には、第 2 工程では、部分金型番号「 1 - 1 」の部分金型 F 1 6 2 , F 1 6 3 によって、ワーク F 1 9 0 の領域 A 2 , A 3 が目標形状 F 1 1 0 の形状に成形され、部分金型番号「 2 - 1 」の部分金型 F 1 6 4 , F 1 6 5 によって、領域 A 4 , A 5 は、目標形状 F 1 1 0 の形状には成形されずに、直径が拡大される。なお、第 1 工程において目標形状 F 1 1 0 の形状に成形された領域 A 1 については、部分金型番号「 0 」の部分金型 F 1 6 1 がワーク F 1 9 0 と接触しないので、プレス機構における荷重を低減する効果が得られる。

30

【 0 0 6 1 】

次に、金型案 F 1 7 0 に対応する金型を用いた第 3 工程では、ワーク F 2 0 0 がワーク F 2 1 0 の形状、すなわち、目標形状 F 1 1 0 と一致する形状に変形される。具体的には、第 2 工程では、部分金型番号「 1 - 1 」の部分金型 F 1 7 4 によって、領域 A 4 は目標形状 F 1 1 0 の形状に成形され、部分金型番号「 3 」の部分金型 F 1 7 5 によって、領域 A 5 は、径方向への変形が拘束され、最外周部の成形が行われる。なお、第 1 工程及び第 2 工程において既に目標形状 F 1 1 0 の形状に成形された領域 A 1 ～ A 3 については、部分金型番号「 0 」の部分金型 F 1 7 1 ～ F 1 7 3 がワーク F 2 0 0 と接触しないので、プレス機構における荷重を低減する効果が得られる。

40

【 0 0 6 2 】

< システム構成 >

次に、一実施形態に係る製造工程設計システムの構成について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 1 1 は、一実施形態に係る製造工程設計システムの一部の構成図である。

【 0 0 6 4 】

製造工程設計システム 1 は、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 と、管理計算機 F 2 0 と、1 以上の表示用計算機 F 3 0 とを備える。鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 と管理計算機 F 2 0 とは、ネットワーク 4 0 を介して接続されている。また、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 と表示用計算機 F 3 0 とは、ネットワーク 4 0 を介して接続されている。

50

【0065】

<<ハードウェア>>

次に、一実施形態に係る鍛造プロセス設計計算機の構成について説明する。

【0066】

図12は、一実施形態に係る鍛造プロセス設計計算機の構成図である。

【0067】

鍛造プロセス設計計算機F40は、一例としては、パーソナルコンピュータ、汎用計算機である。鍛造プロセス設計計算機F40は、プロセッサの一例としてのCPU F41、ネットワークインターフェースF42（図ではNet I/Fと省略）、ユーザインターフェースF43（図ではUser I/F）、記憶部の一例としての記憶資源F44、及びこれら構成物を接続する内部ネットワークを含む。

10

【0068】

CPU F41は、記憶資源F44に格納されたプログラムを実行することができる。記憶資源F44は、CPU F41で実行対象となるプログラムや、このプログラムで使用する各種情報、CADデータ等を格納する。本実施形態では、記憶資源F44は、CAD F445、CAM F446、コスト算出プログラムF447、及び鍛造プロセス設計プログラムF441を格納する。記憶資源F44としては、例えば、半導体メモリ、フラッシュメモリ、HDD（Hard Disk Drive）、SSD（Solid State Drive）等であってよく、揮発タイプのメモリでも、不揮発タイプのメモリでもよい。

20

【0069】

ネットワークインターフェースF42は、ネットワーク40を介して外部の装置（例えば、管理計算機F20、表示用計算機F30、変換用計算機10等）と通信するためのインターフェースである。

【0070】

ユーザインターフェースF43は、例えば、タッチパネル、ディスプレイ、キーボード、マウス等であるが、ユーザからの操作を受け付け、情報表示ができるのであれば、他のデバイスであってもよい。ユーザインターフェースF43は、これら複数のデバイスで構成されてもよい。

【0071】

30

<<<鍛造プロセス設計計算機で動作するプログラム>>>

<CAD>

CAD F445は、ユーザからの入力に基づいて、3次元の製品形状を設計でき、設計した製品形状に対応する3次元データ（CADデータ）を生成して出力する。なお、本実施形態では、鍛造プロセス設計計算機F40は、CAD F445を格納しているが、例えば、他の計算機から製品についてのCADデータを取得するようにしている場合には、CAD F445を備えていなくてもよい。

【0072】

また、CAD F445は、設計した製品形状のCADデータから、鍛造工程での目標形状（鍛造目標形状）のCADデータを生成する。典型的には、CAD F445は、製品形状を包含する形状であって、鍛造工程後に溶接のような肉盛り加工をせずに、切削工程だけで製品形状を実現できる形状を鍛造目標形状とする。ここで、鍛造目標形状のCADデータを生成する際においては、例えば、以下の点が考慮されている。

40

＊鍛造目標形状を、より製品形状に近い形状とする。これにより、切削工程において、切削する体積を減らすことができ、コスト及び切削時間を削減することができる。ただし、切削工程での切削加工が必要であるため、所定の削りしろを残す。

＊鍛造工程で苦手とする形状は、切削加工のみで加工すると判断し、より外面が平面に近いように表面形状を変更する。例えば、曲率半径の小さな面は大きな曲率半径の面に修正し、また、深すぎる凹み（入口に対して深さが深いという意味）は凹み自体を鍛造目標形状から除いて平面に置き換える。

50

【0073】

なお、CAD F445が鍛造目標形状のCADデータを自動生成する例に限られず、例えば、CAD F445を用いて、製品形状のCADデータを利用して、ユーザが製品形状に対して、上記した点を考慮して修正することにより、鍛造目標形状のCADデータを生成してもよい。

【0074】

<鍛造プロセス設計プログラム>

鍛造プロセス設計プログラムF441は、GUI (Graphical User Interface) F442と、最適工程判定モジュールF443と、最適工程設計モジュールF444とを含む。

【0075】

GUI F442は、CPU F41に実行されることにより、設計条件の入力処理と、目標値を満たす工程案の提示処理を行う。

【0076】

GUI F442は、設計条件の入力画面を表示させて、以下の情報の入力を受け付ける。なお、各情報又は各情報の一部の項目の入力を受け付けなくてもよい。

* 工程設計で設計する最大工程数

* 設計変数の定義、例えば、部分金型の種類、部分金型の割当て領域

* 使用する有限要素シミュレーションソルバーの指定

* ワーク形状

* 目標形状。目標形状は、この工程案の設計における目標の形状であり、鍛造処理での最終製品の形状であってもよく、鍛造処理における中間の目標形状（中間目標形状）であってもよい。

* 目的関数の定義。目的関数の定義としては、例えば、工程案で鍛造した鍛造形状と目標形状との形状誤差を最小化、鍛造荷重を最小化などといった評価方法を指定してもよい。

* 制約条件。制約条件としては、例えば、使用するプレス機構の鍛造荷重、金型の摩耗等を含んでもよい。

* 有限要素シミュレーションの最大計算回数

* 有限要素シミュレーションにおけるメッシュのサイズ

* 目標値。目標値は、目的関数に関する評価値であり、例えば、許容される形状誤差の値（例えば最大値）、プレス機構において許容される鍛造荷重の値（例えば、最大値）等である。

【0077】

また、GUI F442は、CPU F41に実行されることにより、目標値を満たす工程案についての結果画面を提示する。結果画面は、以下の情報を含んでもよい。

* 得られた工程案の概略を示す図

* 概略の工程案を詳細表示するための解析結果ファイルへのリンク（閲覧用リンク）。ユーザは、表示用計算機F30により、閲覧用リンクを選択することによって、解析結果ファイルにアクセスでき、解析結果の内容（例えば、鍛造荷重、応力、歪み等）を評価することができる。なお、解析結果ファイルへのアクセスおよび解析結果の評価は、表示用計算機F30にある有限要素シミュレーションソフトの結果表示機能を利用して行ってもよく、解析結果ファイルのテキストデータに対して表計算ソフトなど用いて行ってもよい。

【0078】

最適工程判定モジュールF443は、CPU F41に実行されることにより、工程案における工程数の指定と、最適工程の可否判定とを行う。最適工程判定モジュールF443は、GUI F442で指定された最大工程数以下の範囲で、工程数を指定する。最適工程の可否判定では、最適工程判定モジュールF443は、最適工程設計モジュールF444で決定した最適工程がGUI F442で指定された形状精度などの目標値を満足しているかを評価することにより、最適工程が目標値を満たす工程案であるか否かを判定する。

10

20

30

40

50

【0079】

最適工程設計モジュール F 4 4 4 は、CPU F 4 4 1 に実行されることにより、金型形状などの工程情報生成と、有限要素モデルの生成とシミュレーションの実行と、シミュレーション結果に基づく最適設計条件の探索とを行う。最適工程設計モジュール F 4 4 4 による具体的な処理については、図 1 3 を参照して後述する。

【0080】

鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 では、GUI F 4 4 2 が、ユーザから設計条件の入力及び自動設計の開始の指示を受け付けると、入力された条件を、最適工程判定モジュール F 4 4 3 に渡し、最適工程判定モジュール F 4 4 3 が、工程数と設計条件を最適工程設計モジュール F 4 4 4 に入力する。最適工程設計モジュール F 4 4 4 は、入力された工程数と設計条件とに基づいて最適工程を探索し、導出した最適工程を最適工程判定モジュール F 4 4 3 に返す。最適工程判定モジュール F 4 4 3 は、返された最適工程が目標値を満足していれば目標値を満たす工程案を GUI F 4 4 2 に返し、GUI F 4 4 2 が返された最適工程の結果をユーザにより閲覧可能にする。一方、最適工程設計モジュール F 4 4 4 が返した最適工程が目標値を満足しなければ、最適工程判定モジュール F 4 4 3 が工程数を再設定し（工程数を 1 増やし）、最適工程設計モジュール F 4 4 4 が再設定された工程数に基づいて最適工程の設計をやり直す。

10

【0081】

以上の鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 によると、ユーザは GUI F 4 4 2 に対する設計条件の入力だけの操作で、試行錯誤的な検討なしに容易に最適工程を設計できる。また、GUI F 4 4 2 を使用しているので、ユーザは直感的に操作を行うことができる。

20

【0082】

<CAM>

CAM F 4 4 6 は、製品形状の CAD データと、切削工程前の形状（例えば、推定鍛造後形状）の CAD データと、切削で使用する工具等の設定情報を入力とし、所定の NC 切削加工機において、切削前の形状を製品形状とするための切削工程における NC プログラム（変換元用 NC プログラム）を生成する。なお、CAM F 4 4 6 は、全ての処理をユーザによらず実行してもよいし、一部の処理をユーザの指示に従って行ってもよい。

【0083】

ここで、シミュレーションにより得られた推定鍛造後形状と、実際に設計した鍛造工程を実行することにより得られる鍛造後形状（実鍛造後形状）とでは、以下に示す部位等において誤差が生じやすい。例えば、推定鍛造後形状よりも実鍛造後形状の方が大きい部分が存在すると、推定鍛造後形状を切削前の形状として入力されて生成された NC プログラムや、その NC プログラムに対して補正処理により得られる変換後 NC プログラムが適切でない虞がある。

30

【0084】

例えば、推定鍛造後形状によりワークがない部分だと想定された部分に対しては、NC プログラムでは、工具を単に送るように記述される場合があるが、その部分に実際にワークが存在している場合には、工具がワークと接触してしまい、工具が破損してしまう虞がある。また、推定鍛造後形状に基づいて決定された切削深さが、実際のワークに対する切削深さよりも少ない場合には、NC プログラムの補正処理において、切削時の工具に加えられる切削力が実際よりも少ないものとして NC プログラムが補正されることとなるので、実際の加工時においては、より大きな誤差が生じてしまう虞がある。

40

【0085】

このような状況への対策として、CAM F 4 4 6 は、推定鍛造後形状に対して、例えば、下記の補正を行って鍛造後形状（補正鍛造後形状）を生成し、この補正鍛造後形状を用いて NC プログラムを生成するようにしてもよい。なお、推定鍛造後形状から補正鍛造後形状を生成する処理を、ユーザが実行してもよい。このように補正製造後形状を用いることにより、上記記載した誤差の発生や、工具の破損等を適切に防止することができる。

・推定鍛造後形状より所定のマージン分だけ仮想的に肉付けしたものを補正鍛造後形状と

50

する。

- ・設計された鍛造工程を実際に実行したテストで得られたワークの形状を3Dスキャナーでスキャンし、その結果を補正鍛造後形状とする。
- ・設計された鍛造工程を実際に実行したテストで得られたワークの形状の代表寸法に基づいて、推定鍛造後形状に肉付けを行って補正鍛造後形状とする。

【0086】

なお、鍛造工程によっては、推定鍛造後形状と、実鍛造後形状とで誤差が生じやすい部分と生じにくい部分とが存在する。そこで、この鍛造工程における以下に示す特徴を踏まえて、補正鍛造後形状に補正するための推定鍛造後形状に対する肉付け量は変更するようにしてもよい。

＊工程の最後において目標形状の転写用の仮想金型ブロックでプレスされた部分は目標形状に近い。したがって、この部分に対応する肉付け量を少なくしてもよい。

＊鍛造工程中の、より早い工程で目標形状の転写用の仮想金型ブロックでプレスされた部分ほど誤差が大きく、鍛造工程でまったく接触されていない部分は誤差がより大きい。したがって、これら部分に付加する肉付け量を多くしてもよい。

＊目標形状の転写用の仮想金型ブロックでプレスされた以後に、隣接する領域に対してプレスがされた領域ほど誤差が大きい。したがって、この部分に付加する肉付け量を大きくしてもよい。

【0087】

なお、他の基準で部分的な肉付け量を調整してもよい。例えば、部分金型番号3に示すような変形拘束の役割を有する仮想金型ブロックによる変形拘束の効果に基づいて肉付け量を調整してもよい。

【0088】

<コスト算出プログラムF447>

【0089】

コスト算出プログラムF447は、変換用計算機10におけるNCプログラムのシミュレーションに基づいて、図30に示す製造工程のトータルコスト C_t の算出式における切削工程のコストの算出に必要な情報（図30の4行目の式の変数、例えば、工具パスの長さや工具送り速度）を取得する。また、コスト算出プログラムF447は、鍛造プロセス設計プログラムF442から鍛造工程のコストの算出に必要な情報（例えば、2行目、3行目の式の変数、例えば、金型個数、工程数等）を取得する。コスト算出プログラムF447は、取得した各種情報に基づいて、図30に示す式によりトータルコスト C_t を算出し、トータルコスト C_t を表示用計算機F30に表示する。また、コスト算出プログラムF447は、鍛造工程のコストや切削工程のコストをそれぞれ認識可能に表示してもよい。なお、ワーク1個の材料費は、鍛造工程の未加工のワーク形状に対応する重量を特定し、そのワークの材質の単価を乗算することにより算出することができる。

【0090】

このコスト算出プログラムF447により表示されるトータルコスト C_t 、鍛造工程のコスト、切削工程のコストを参照することにより、ユーザは、鍛造工程のコストのみでなく、切削工程を含むコストを考慮して、鍛造工程の見直しが必要であるか否かを検討することができ、製造工程の全体を適切に設計することができる。これにより、例えば、鍛造工程のコストが安くなるが、切削工程のコストが高くなり、製造工程全体としてコストが高くなるような場合において、鍛造工程の見直しが必要であることを把握でき、製造工程全体を適切に見直して設計することができる。

【0091】

次に、一実施形態に係る鍛造プロセス設計計算機F40における処理動作について説明する。

【0092】

<<鍛造目標形状設計処理>>

CAD F445は、設計した製品形状のCADデータから、鍛造工程での目標形状（

10

20

30

40

50

鍛造目標形状)のCADデータを生成する。典型的には、CAD F 4 4 5は、製品形状を包含する形状であって、鍛造工程後に溶接のような肉盛り加工をせずに、切削工程だけで製品形状を実現できる形状を鍛造目標形状とする。

【0093】

<<鍛造プロセス設計処理>>

【0094】

図13は、一実施形態に係る鍛造プロセス設計処理のフローチャートである。

【0095】

鍛造プロセス設計計算機F 4 0のGUI F 4 4 2は、最大工程数、部分金型の種類、部分金型の割当て領域、有限要素シミュレーションソルバーなどといった設計条件についてのユーザ入力を受け付ける(ステップ(1))。次に、最適工程判定モジュールF 4 4 3は、最適工程を決定する工程の工程数(候補値)を1(第1値の一例)に設定し(ステップ(2))、最適工程設計モジュールF 4 4 4が以下の繰り返し処理(ステップ(3-1),(3-2),(3-2))を実行することにより、最適な工程を決定する処理を実行する(ステップ(3))。

10

【0096】

繰り返し処理では、最適工程設計モジュールF 4 4 4は、繰り返し処理における部分金型の割当てについての条件を決め、この部分金型の割当ての条件に従って、金型案を生成する(ステップ(3-1))。ここで、部分金型の割当てについての条件とは、各部分金型の割当て領域に対してどの機能を持つ部分金型を割り当てる(設定する)かということであり、この条件の生成においては、最適工程設計モジュールF 4 4 4は、最適化ソルバーを用いて行ってもよいし、任意の方法で割当て条件を決定するようにしてもよい。

20

【0097】

次に、最適工程設計モジュールF 4 4 4は、金型形状の部分金型番号「1-1」,「1-2」を割当てた部分金型の領域のワーク厚みが目標形状の厚みになるように各工程の押込み量の条件生成を行う(ステップ(3-2))。次いで、最適工程設計モジュールF 4 4 4は、これらの条件に基づいて有限要素シミュレーションの解析を行い、これらの条件に従う工程により鍛造される鍛造形状と目標形状との形状誤差や、この工程における鍛造荷重などの解析結果を算出する(ステップ(3-3))。

【0098】

ステップ(3)では、最適工程設計モジュールF 4 4 4は、上記した繰り返し処理を実行して、それらの繰り返し処理で得られた結果に基づいて、所定の目標値が最小となる工程を決定することで、指定された工程数における最適工程を導出し、導出した最適工程を最適工程判定モジュールF 4 4 3に通知する。ここで、目標値は、例えば、プレス設備の荷重制約の下での目標形状との形状誤差に関する値(目標形状精度)、すなわち、鍛造されたワークの形状と、目標形状との形状の一致度に関する値としてもよい。

30

【0099】

次いで、最適工程判定モジュールF 4 4 3は、通知された最適工程が、所定の目標値(目標形状精度など)を満足しているか否かを判定する(ステップ(4))。この結果、最適工程が、所定の目標値を満足していないと判定した場合(ステップ(4):No)には、最適工程判定モジュールF 4 4 3は、最適工程を判定する工程数を1増やして最適工程設計モジュールF 4 4 4に通知し(ステップ(5))、処理をステップ(3)に進める。これにより、ステップ(3)では、工程数を1増やした値(第2値の一例)に対して最適工程を決定する処理が行われることとなる。

40

【0100】

一方、最適工程が、所定の目標値を満足していると判定した場合(ステップ(4):Yes)には、最適工程判定モジュールF 4 4 3は、目標値を満足している最適工程を、プロセスにおける最適な工程案としてGUI F 4 4 2に渡し、GUI D 4 4 2は、この工程案を出力することによりユーザに提示し(ステップ(6))、処理を終了する。

【0101】

50

上記した鍛造プロセス設計処理によると、金型案を含む工程案を、ユーザが試行錯誤的な検討をすることなく、適切に設計することができる。また、本実施形態では、最適工程を導出する工程数を1から順に設定するようにし、設定された工程数での最適工程を導出し、導出した最適工程が目標値を満足するか否かにより、目標形状を得るためのプロセスでの最適な工程案とすることで、目標形状を得るための工程数を最小の工程数とすることができ、従来の試行錯誤的な工程案より工程数を減らせる可能性がある。これにより、実際の加工に使用する金型の個数を低減できることによりコストの削減を実現でき、また、工程数削減による製造リードタイムの短縮を実現できる。

【0102】

<鍛造プロセス設計計算機に関わるバリエーション>

<<中間目標形状を経た目標形状の生成>>

未加工のワークから目標形状を生成する際において、例えば、プレス機構の鍛造荷重等の制約によっては、所定の中間目標形状を経て目標形状を生成することがある。例えば、図10に示すように未加工のワークF120からワークF190を1つの工程で生成することができない場合には、未加工のワークF120を一旦中間目標形状とすることが行われる。

【0103】

図14は、ワークから中間目標形状を経て鍛造工程での最終的な目標形状を生成する際におけるワークの変形過程を示す断面図である。

【0104】

ワークF120から最終的な目標形状F110を生成する場合においては、ワークF120に対して1以上の工程により中間目標形状F215を生成し、1以上の工程により中間目標形状F215から目標形状F110を生成する。

【0105】

ここで、ワークF120から中間目標形状F215を経て鍛造での最終的な目標形状F210を生成する際における工程案を生成する処理について説明する。

【0106】

まず、鍛造プロセス設計計算機F40は、未加工のワークF120から中間目標形状F215を生成するための型鍛造プロセスの工程案を、図13に示す鍛造プロセス設計処理を実行することにより生成する。ここで、この鍛造プロセス設計処理においては、目標形状や目標形状に対する条件等に代えて、中間目標形状や中間目標形状に対する条件等を入力する。

【0107】

この鍛造プロセス設計処理によって、ワークF120から中間目標形状F215を生成する際の最適工程となる工程案が決定される。この鍛造プロセス設計処理によると、例えば、図15に示す1工程から構成される工程案が決定される。

【0108】

図15は、未加工のワークから中間目標形状を生成する際の工程案の一例を示す図である。

【0109】

工程案F216は、1つの工程であり、この工程では、金型案F220が使用される。金型案F220は、領域A1～A5に対応する部分金型F221～F225により構成されている。部分金型F221～F225には、部分金型番号「1-1」に対応する部分金型が割り当てられている。したがって、金型案F220は、ワーク側の全面が平坦な形状の金型である。なお、この工程の押込み量は、部分金型番号「1-1」に対応する部分金型による押込みによって実現されるワークの厚みを中間目標形状F215と同じ厚みにするために必要な押込み量に設定される。

【0110】

次に、プロセス設計計算機F40は、中間目標形状F215から目標形状F210を生成するための型鍛造プロセスの工程案を、図13に示す鍛造プロセス設計処理を実行する

10

20

30

40

50

ことにより生成する。ここで、この鍛造プロセス設計処理においては、ワーク形状に代えて、中間目標形状を入力する。

【0111】

この鍛造プロセス設計処理によって、中間目標形状 F 2 1 5 から目標形状 F 2 1 0 を生成する際の最適工程となる工程案が決定される。このプロセス設計処理によると、例えば、図 9 に示す、3 工程から構成される工程案 F 1 4 5 が決定される。

【0112】

次に、プロセス設計計算機 F 4 0 は、未加工のワーク F 1 2 0 から中間目標形状 F 2 1 5 を生成する工程案 F 2 1 6 と、中間目標形状 F 2 1 5 から目標形状 F 2 1 0 を生成する工程案 F 1 4 5 とを組み合わせた工程案を、未加工のワーク F 1 2 0 から目標形状 F 2 1 0 を生成するための工程案とする。この工程案は、4 種類の金型 F 2 2 0, F 1 5 0, F 1 6 0, F 1 7 0 をそれぞれ用いる 4 つの工程から構成されている。

【0113】

以上説明したように、未加工のワークから中間目標形状を経て目標形状を生成するプロセスにおける工程案を容易に設計することができる。

【0114】

次に、工程案 F 2 1 6 と、工程案 F 1 4 5 とを組み合わせた工程案におけるワークの変形過程について説明する。

【0115】

図 16 は、型鍛造工程におけるワークの変形過程を示す断面図である。

【0116】

まず、第 1 工程では、金型 F 2 2 0 に対応する金型が用いられ、加工前のワーク F 1 2 0 が中間目標形状 F 2 1 5 に変形される。具体的には、第 1 工程では、部分金型番号「1-1」の部分金型 F 2 2 1 ~ F 2 2 5 によって、ワーク F 1 2 0 の領域 A 1 ~ A 5 が中間目標形状 F 2 1 5 の形状に成形される。

【0117】

以降においては、図 10 を用いて既に説明したように、目標中間形状 F 2 1 5 は、ワーク F 1 9 0、ワーク F 2 0 0 を経て、目標形状 F 2 1 0 に成形される。

【0118】

<<部分金型>>

なお、上記実施形態では、目標形状に基づいて部分金型の領域を決定していたが、部分金型の領域はこれに限られず、目標形状に関わらず、任意の領域としてもよい。例えば、目標形状の中心側の領域に対応する部分金型の径方向の幅を、目標形状の中心軸に近いほど大きくし、中心軸から離れるほど小さくしてもよい。また、上記実施形態では、部分金型の上面形状を円形、又は円環状としていたが、部分金型の上面形状はこれに限られず、任意の形状としてもよい。例えば、部分金型を、八面体（例えば、上面形状が六角形の八面体）としてもよい。

【0119】

また、金型（仮想金型）における部分金型の数は、任意に決定してもよい。また、例えば、部分金型の数を固定的に決定していてもよいし、プロセス設計処理において目標値を満たさない場合（ステップ（4）：No）に、より大きな数に変更するようにしてもよい。

【0120】

<<その他>>

また、上記実施形態では、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 に有限要素シミュレーションの実行機能を備え、この有限要素シミュレーションの実行機能を利用する例を示していたが、本発明はこれに限られず、有限要素シミュレーションの実行は、必ずしも鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 において行わなくてもよい。例えば、有限要素モデルの生成は、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 で実行し、有限要素シミュレーションについては、例えば、表示用計算機 F 3 0 にある、ユーザが既に所有している有限要素シミュレーションソフトを用いて解析を実行し、得られた解析結果を鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 に返すようにし

10

20

30

40

50

てもよい。この場合、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 において有限要素シミュレーションを実行しなくてもよいので、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 の負荷を軽減することができる。また、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 にある有限要素シミュレーションソフトの実行を行うとユーザの費用負担が発生するような場合には、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 で有限要素シミュレーションソフトの実行をしなくてもよくなるので、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 を利用する費用を低減することができる。

【0121】

また、部分金型の機能は、上記実施形態に限定されるものではなく、様々な機能としてもよい。例えば、鍛造前のワークの位置あわせを行う機能を含んでもよい。部分金型の機の種類を増やすことで、操業条件、成形性、ワークの材料特性などを加味した適切な金型案を含む工程案を決定できる。

10

【0122】

また、上記実施形態では、軸対称の目標形状を例に説明したが、本発明はこれに限られず、目標形状が3次元複雑形状である場合にも適用できる。また、上下対称の目標形状を例に説明したが、上下対称の形状でなくてもよい。この場合には、上側の金型と、下側の金型の形状とを別に考慮するようにすればよく、例えば、上側の金型の部分金型と、下側の金型の部分金型とは、対応する領域の幅（径方向の幅）が異なってもよく、また、金型を構成する部分金型の個数が異なってもよい。

【0123】

また、上記実施形態において、CPU F 4 1 が行っていた処理の一部又は全部を、ハードウェア回路で行うようにしてもよい。また、上記実施形態におけるプログラムは、プログラムソースからインストールされてよい。プログラムソースは、プログラム配布サーバ又は不揮発性の記憶メディア（例えば可搬型の記憶メディア）であってもよい。

20

【0124】

<変換用計算機に関わる構成>

<システム構成>

図17は、一実施形態に係る加工処理システムの一部の構成図である。

【0125】

加工処理システム1000は、変換用計算機10と、複数のNC切削加工機20（加工機の一例）と、複数の現場用計算機30とを備える。同図においては、場所Bにも、NC切削加工機20と、現場用計算機30とが配置されている。

30

【0126】

NC切削加工機20は、例えば、マシニングセンタであり、加工処理を実行する本体部22と、本体部22の加工処理を制御するNCコントローラ21と、本体部22で使用される1以上の工具セットの工具TLを収容可能な収容部の一例としてのツールマガジン25とを備える。

【0127】

ツールマガジン25は、それぞれ1つの工具TLを収容可能な複数のスロット（SL：25a，25b，25c）を有する。

【0128】

NCコントローラ21は、内部に記憶されているNCプログラムに従って、本体部22の加工処理や工具の交換処理を制御する。

40

【0129】

本体部22は、処理ヘッド部23と、ステージ24と、交換部の一例としての工具交換部26とを含む。処理ヘッド部23は、工具TLを装着可能であり、且つ回転可能な主軸を備える。なお、処理ヘッド部23は、主軸それ自体であってもよい。ステージ24は、加工処理の対象となる被切削加工物（ワーク）Wを載置して移動可能である。工具交換部26は、処理ヘッド部23から工具TLを外して、ツールマガジン25の空きスロットに収容する。また、工具交換部26は、工具TLをツールマガジン25のスロットから取り出し、処理ヘッド部23に装着する。工具交換部26の一例は、工具自動交換装置（AT

50

C) のチェンジアーム (A T C アームとも呼ばれる) である。なお、前述のツールマガジン 25 も工具自動交換装置の構成物である。N C プログラムは内部に工具交換命令を意味する一連の命令 (N C プログラムの用語ではコードや、コードにパラメータを追加したワードと呼ばれる) を記述可能であり、当該工具交換命令には、ツールマガジン 25 内のスロット (意味は後述する) の位置を示すスロット番号が含まれている。工具交換部 26 は工具交換命令を読み込んだ N C コントローラ 21 の指示により工具交換命令のパラメータに含まれるスロット番号で指定されたスロットから工具 T L を取り出し、処理ヘッド部 23 に取り付ける。

【0130】

N C 切削加工機 20 においては、ツールマガジン 25 に収容可能な工具 T L の数には制限があるが、予め 1 以上の工具セット 50 を用意しておき、実行する加工処理に応じて、ツールマガジン 25 に収容する工具セットを入れ替えることにより、種々の加工処理に対応することができる。

10

【0131】

本実施形態では、工具 T L は、ワーク W を切削するためのエンドミル、ドリル、バイト等の刃物部 T L a と、刃物部 T L a を処理ヘッド部 23 に装着するためのホルダ T L b とを含んだものとしているが、例えば、処理ヘッド部 23 に刃物部 T L a をそのまま装着できる場合には、ホルダ T L b を含んでいなくてもよく、少なくとも刃物部 T L a を含んでいればよい。

【0132】

なお、以後の説明では、変換対象とする N C プログラム (即ち、変換元用 N C プログラム) を使用して加工を行っていた加工機 (又は、N C プログラムの使用を想定している加工機) と、当該加工機に対応する工具セットと、を少なくとも含む存在を「変換元環境」と呼ぶことがある。また、変換された N C プログラム (即ち、変換先用 N C プログラム) を使用して加工を予定する加工機と、当該加工機に対応する工具セットと、を少なくとも含む存在を「変換先環境」と呼ぶことがある。なお、変換元環境及び変換先環境には、それぞれの場所に含まれる物理的又は論理的な存在 (例えば、その場所の温度や、温度センサ、湿度、湿度センサ、或いはその場所で加工機が設置された床、場所を構成する建物) が含まれてもよい。なお、「加工機に対応する工具セット」とは、加工機の工具マガジンに格納済の工具セットに加えて、将来工具マガジンに格納して使用する可能性のある工具セットも含む。典型的には加工機に対応する工具セットは、加工機と同じ場所に設置されている。

20

【0133】

次に、変換用計算機 10 について詳細に説明する。

【0134】

図 18 は、一実施形態に係る変換用計算機の構成図である。

【0135】

<<ハードウェア>>

変換用計算機 10 は、一例としてはパーソナルコンピュータ、汎用計算機である。変換用計算機 10 は、プロセッサの一例としての C P U 11、ネットワークインターフェース 12 (図では N e t I / F と省略)、ユーザインターフェース 13 (図では U s e r I / F)、記憶部の一例としての記憶資源 14、及びこれら構成物を接続する内部ネットワークを含む。

40

【0136】

C P U 11 は、記憶資源 14 に格納されたプログラムを実行することができる。記憶資源 14 は、C P U 11 で実行対象となるプログラムや、このプログラムで使用する各種情報、N C 切削加工機 20 で使用する N C プログラム等を格納する。記憶資源 14 としては、例えば、半導体メモリ、フラッシュメモリ、H D D (H a r d D i s k D r i v e)、S S D (S o l i d S t a t e D r i v e) 等であってよく、揮発タイプのメモリでも、不揮発タイプのメモリでもよい。

50

【0137】

ネットワークインターフェース12は、ネットワーク40を介して外部の装置（例えば、現場用計算機30、NC切削加工機20のNCコントローラ21、鍛造プロセス設計計算機F40、表示用計算機F30等）と通信するためのインターフェースである。

【0138】

ユーザインターフェース13は、例えば、タッチパネル、ディスプレイ、キーボード、マウス等であるが、設計者、作業者等（ユーザ）からの操作を受け付け、情報表示ができるのであれば、他のデバイスであってもよい。ユーザインターフェース13は、これら複数のデバイスで構成されてもよい。

【0139】

<<データ等>>

記憶資源14は、加工機構成情報1421と、工具セット情報1422と、個別工具情報1423と、変換元用NCプログラム1424と、変換先用NCプログラム1425と、変換履歴情報1426とを格納する。なお、記憶資源14は、これ以外の情報を格納してもよい。次の段落から各データやプログラムの詳細について説明する。なお、各情報、又は各情報の一部の項目は省略してもよい。

【0140】

*加工機構成情報1421。加工機構成情報1421は、例えば、各NC切削加工機20に関する情報を格納するテーブルとして構成される。加工機構成情報1421は、各NC切削加工機20ごとに、以下に示す各情報を含む。

(a1) NC切削加工機20の識別子（加工機ID）。加工機IDとして、NCコントローラ21の識別子や、NCコントローラ21のネットワークアドレスを代用してもよい。

(a2) NC切削加工機20の型番。

(a3) NC切削加工機20の設置場所。

(a4) NC切削加工機20の使用実績、例えば、使用時間等。

(a5) NC切削加工機20の所定の部位の温度。所定の部位としては、NC切削加工機20の主軸や、ステージ24であってもよい。

(a6) NC切削加工機20の所定の部位の剛性に関する情報（例えば、部位のヤング率や、たわみ量等）。所定の部位としては、NC切削加工機20の処理ヘッド部23の主軸や、ステージ24であってもよい。

(a7) NC切削加工機20の所定の部位の形状。所定の部位の形状としては、NC切削加工機20の主軸の長さや、ステージ24の長さであってもよい。

(a8) ツールマガジン25に収容可能な最大の工具数、すなわち、スロットの数。

(a9) 経年変化や設置環境に合わせて設定されるオフセット値。このオフセット値は、NCプログラムにおける工具移動時の座標を微修正するために使用される値であり、例えば経年劣化でステージが微妙に傾いた等の状況を補正するために使用される値である。

(a10) NCコントローラ21のメーカー、型番等。NCコントローラ21は、メーカーや型番に応じて、NCプログラムの記述形式が多少異なる場合があり、このような状況を判断するために用いられる。

(a11) 主軸やステージ等のコンポーネントのがたつき、移動精度（例えば、ステージのバックラッシュ量等）、直線度、平面度、平行移動度、装置稼働時の振動幅や振動周波数。

【0141】

本実施形態では、(a1)、(a2)、(a4)、(a5)、(a8)、(a9)、及び(a10)の情報については、例えば、NC切削加工機20のNCコントローラ21から取得する一方、(a3)、(a6)、(a7)、及び(a11)については、ユーザによる入力情報から取得している。なお、情報を取得する方法はこれに限られず、(a1)、(a2)、(a4)、(a5)、(a8)、(a9)、及び(a10)の少なくとも一部について、ユーザによるユーザインターフェース13又は表示用計算機F30を介しての入力情報から取得するようにしてもよく、また、(a3)、(a6)、(a7)、及び

10

20

30

40

50

(a 1 1) 中の NC コントローラ 2 1 から取得可能な情報については、NC コントローラ 2 1 から取得するようにしてもよい。なお、NC コントローラ 2 1 から取得するとした情報についても、代替のデバイス（例えば別な計算機や、センサ自体）から取得してもよい。

【0 1 4 2】

＊工具情報（工具セット情報 1 4 2 2 及び個別工具情報 1 4 2 3）

工具セット情報 1 4 2 2 は、1 以上の工具 TL で構成されるグループ（セット）を管理するための情報である。工具セット情報 1 4 2 2 は、工具セットの識別情報（工具セット ID）と、セットを構成する 1 以上の工具 TL の識別子、又は型番の集合である。

【0 1 4 3】

個別工具情報 1 4 2 3 は、各工具に関する情報である。個別工具情報 1 4 2 3 は、以下に示す各情報を含む。

(b 1) 工具 TL の識別子（工具 ID：例えば、シリアル番号等）。工具 TL の識別子としては、刃物部 TL a やホルダ TL b に個体 ID が与えられている場合は、その値であってもよく、付されていない場合には、構成情報取得プログラム 1 4 1 2 を実行する CPU 1 1 が自動付与してもよい。

(b 2) 工具 TL の型番（工具特定情報の一例）。例えば、工具 TL を構成する刃物部 TL a とホルダ TL b とのそれぞれの型番。なお、工具 TL が、刃物部 TL a のみで構成される場合には、刃物部 TL a の型番のみでよい。また、刃物部 TL a が複数の部品で構成される場合には、それらすべての型番であってもよく、一部の型番であってもよい。

(b 3) 工具 TL（例えば、刃物部 TL a と、ホルダ TL b のそれぞれ）についての材質、形状、剛性（ヤング率、たわみ量等）、使用履歴、温度等。ここで、工具 TL の材質、形状によって剛性が変化するので、これらの情報も剛性に関する情報である。なお、明記しない限りは、「形状」とは、一般的に言うところの図面や CAD データが示す立体形状や断面形状に加えて、長さ、刃物部 TL a がホルダ TL b から突出する長さ（刃物飛び出し長さ）、刃物部 TL a の太さ、刃物部 TL a の直線度、といった形状から得られる代表的な値も含むものとする。

(b 4) 工具が収容されるべきツールマガジン 2 5 の配置位置（スロット）の情報（位置情報、スロット番号）。

なお、本実施形態では、(b 1) ～ (b 4) の情報については、例えば、ユーザによる表示用計算機 F 3 0 又はユーザインターフェース 1 3 を介しての入力情報から取得するようにしているが、NC コントローラ 2 1 から取得可能な情報については、NC コントローラ 2 1 から取得するようにしてもよい。

【0 1 4 4】

＊変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 は、変換元の NC 切削加工機 2 0（変換元 NC 切削加工機 2 0 という。）において、加工処理に使用している NC プログラム、又は、CAM F 4 4 6 が出力する対象としている NC 切削加工機（変換元 NC 切削加工機）で使用させるための NC プログラムである。変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 は、例えば、鍛造プロセス設計計算機 F 4 0 によって生成されて送信される。変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 は、変換元 NC 切削加工機 2 0 による加工処理によって得られる目的物の加工精度を所定の精度に維持するために、変換元 NC 切削加工機 2 0 の特性や状態等に合わせてチューニングされている場合がある。

【0 1 4 5】

＊変換先用 NC プログラム 1 4 2 5 は、変換先の NC 切削加工機 2 0（変換先 NC 切削加工機 2 0 という。）に合うように、変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 を変換して得られた NC プログラムである。なお、いずれの変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 に対しても変換処理が行われていない場合には、変換先用 NC プログラム 1 4 2 5 は、存在しない。

【0 1 4 6】

＊変換履歴情報 1 4 2 6 は、変換元用 NC プログラム 1 4 2 4 を変換先用 NC プログラム 1 4 2 5 に変換する際の変換処理の履歴を管理する情報である。変換履歴情報 1 4 2 6

10

20

30

40

50

は、例えば、変換処理を識別する識別情報と、その変換処理時に使用した各種情報（入力された情報等）とを対応付けた情報である。

【0147】

その他、記憶資源14には下記の情報を格納してもよい。

＊ワークW情報。本情報は、例えばワークWの加工前の形状データ、材質、剛性、ワークWの加工目標形状データ等の情報。加工目標形状データとは、NCプログラムによって加工する時の目標とする形状を示すデータである。当該目標形状にワークWを加工できた場合は誤差がゼロであることを意味する。

＊加工機構成情報1421、工具セット情報1422、個別工具情報1423以外の、変換前環境又は変換先環境の情報。本情報を明示するために「その他変換前環境情報」や「その他変換先環境情報」と呼ぶことがある。

【0148】

＜変換用計算機で動作するプログラム＞

＜＜変換プログラム1411＞＞

変換プログラム1411は、CPU11に実行されることにより、以下の処理を実行する。ここで、CPU11が変換プログラム1411を実行することにより、変換部が構成される。

＊変換プログラム1411は、後述する変換用入力画面100（図19参照）の変換開始ボタン120が押下された場合に、変換用入力画面100に入力された各種情報を加工機構成情報1421、工具セット情報1422、及び個別工具情報1423に反映させ、変換用入力画面100に入力された各種情報と、加工機構成情報1421、工具セット情報1422、及び個別工具情報1423に含まれる、変換先環境の情報或いは変換元環境の情報とに基づいて、変換対象の変換元用NCプログラム1424を変換先用NCプログラム1425に変換する変換処理を実行し、得られた変換先用NCプログラム1425を記憶資源14に格納する。

【0149】

変換元用NCプログラム1424を変換先用NCプログラム1425に変換する変換処理においては、例えば、変換プログラム1411は、変換先NC切削加工機20の剛性、又は変換先NC切削加工機20で使用される工具セット50の工具TLの剛性、に関する情報に基づいて、変換元用NCプログラム1424の命令を変更或いは追加したデータを、変換先用NCプログラム25とする。なお、追加又は変更する命令としては、工具径補正、工具長補正、工具摩耗補正、送り速度、又は切削速度とすることで、工具TLによるワークWの加工回数が増える等の大幅な加工作業が変わることを回避してもよい。しかし、ワークWの加工回数が増えるような命令（例えばためし削りに相当する命令）を追加してもよい。

【0150】

また、変換元用NCプログラム1424を変換先用NCプログラム1425に変換する変換処理においては、変換プログラム1411は、変換元NC切削加工機のNCコントローラと、変換先NC切削加工機20のNCコントローラ21とで、NCプログラムについての記述形式の少なくとも一部が異なっている場合には、変換元用NCプログラムの記述における、記述形式が異なる部分について、変換先NC切削加工機20のNCコントローラ21用の記述形式に変換する。これにより、変換先NC切削加工機20のNCコントローラ21において支障なく加工処理を行うことができる。

【0151】

変換プログラム1411は、変換先用NCプログラム1425内に、コメントとして、変換先NC切削加工機20の加工機IDと、変換先NC切削加工機20で使用する指定された工具セットの各工具TLの型番（或いは識別子）と、各工具TLの配置位置情報（スロット番号）とを記載するようにしてもよい。例えば、コメントとして、「MC2：SL1：ML7x、・・・」と記載してもよい。ここで、MC2は、加工機IDであり、SL1は、スロット番号であり、ML7xは、ミルの型番である。このコメントを参照する

10

20

30

40

50

ことにより、変換先用NCプログラム1425が、どのNC切削加工機20を対象とし、どのような工具をどのスロットに格納すればよいのかを把握することができる。また、変換先用NCプログラム1425内に、コメントとして、使用すると指定された各工具TLの用途と、各工具TLの配置位置情報とを記載するようにしてもよい。このようなコメントを追加することで変換先用NCプログラム1425のデータ量が増加するが、必ず変換先NCプログラムと一体で管理できるため、想定していないNC切削加工機20や工具TLを間違えて使うことを軽減できる。なお、以後の説明では本段落で説明したコメントを「変換先装置又は工具コメント」と呼ぶ場合がある。

【0152】

また、変換プログラム1411は、変換先用NCプログラム1425内に、コメントとして、変換処理のID（変換履歴ID）を格納するようにし、変換履歴IDと、変換用入力画面100に入力された各種情報とを対応付けた変換履歴情報1426を記憶資源14に格納する。変換先用NCプログラム1425内のコメントとして格納された変換履歴IDを変換履歴情報1426と突き合わせることで、変換時に考慮した各種値を把握することができ、変換先用NCプログラム1425による加工処理の精度が不十分である場合における原因追及を行うことができる。なお、以後の説明では本段落のようなコメントを「履歴コメント」と呼ぶ場合がある。

【0153】

なお、変換プログラム1411による変換処理を多重に行う場合が考えられる。例えば、1回目に変換した変換先用NCプログラム1425を、さらに別なNC切削加工機20又は工具セット向けに変換したい場合である。このような場合に上記「変換先装置又は工具コメント」と「履歴コメント」はその変換多重度分だけ変換先用NCプログラム1425に存在してもよい。しかし、一番最後の変換によって生成されたこれらコメントのみを残し、それより前のこれらコメントは削除することが好ましい。特に「変換先装置又は工具コメント」では作業者が見るべきものは最後の変換で付与されたコメントだけだからである。

【0154】

*変換プログラム1411は、変換処理後に、後述するダウンロード確認画面200（図20参照）を表示させ、ダウンロードボタン210が押下された場合に、変換先用NCプログラム1425を、変換先NC切削加工機20のNCコントローラ21又は変換先NC切削加工機20のある場所の現場用計算機30に送信する。

【0155】

また、変換プログラム1411は、切削前のワーク形状（例えば、推定ワーク形状）から、NCプログラム（変換元用NCプログラム又は、後述する変換先用NCプログラム）に従って切削するときのワーク形状の変化を時系列に3D（2Dでもよい）画像で現場用計算機30又は表示用計算機F30に表示する。例えば、変換先用NCプログラムに従う3D画像において、変換プログラム1411は、所定のパスでワークを切削している状態を表示中している画面中に、工具に加わる切削力、工具の軌道のずれ量等を数字で表示したり、あるいは切削された領域（切削領域）自体や、切削領域と残ったワークの境界面に、切削力、工具の軌道のずれ量に応じた色づけを行ったりしてもよい。また、変換プログラム1411は、変換先用NCプログラムに基づく所定のパスでワークを切削している状態を表示している画面中に、後述する非接触部分工具パスの中間のみのパス（図26のF点からG点）、より具体的には、工具の移動の補正を行う位置を識別可能に表示してもよい。これにより、NCプログラムを実行する際における切削の状態を確認することができ、切削工程の見直しや、切削前のワーク形状の見直し（鍛造工程の見直し）等を実際の製品の加工を行う前に容易且つ適切に検討することができる。

【0156】

<<構成情報取得プログラム1412>>

構成情報取得プログラム1412は、CPU11に実行されることにより、以下の処理を実行する。ここで、CPU11が構成情報取得プログラム1412を実行することによ

10

20

30

40

50

り、剛性情報受付部が構成される。

＊構成情報取得プログラム１４１２は、ＮＣコントローラ２１からＮＣ切削加工機２０に関する各種情報を取得する。取得する情報としては、上記した（ａ１）、（ａ２）、（ａ４）、（ａ５）、（ａ８）、（ａ９）、及び（ａ１０）の情報がある。

＊構成情報取得プログラム１４１２は、変換用入力画面１００をユーザインターフェース１３又は表示用計算機Ｆ３０に表示させ、変換用入力画面１００を介してユーザからの各種情報（作業員から取得するＮＣ切削加工機２０に関する情報（（ａ３）、（ａ６）、（ａ７）、及び（ａ１１））、及び工具セット５０に関する情報（（ｂ１）～（ｂ４）の情報））を取得する。

【０１５７】

＊構成情報取得プログラム１４１２は、変換用入力画面１００において、必要な情報が入力されていない場合や、適切でない場合（情報が古い場合）には、その情報の入力領域の近傍に、アラート記号（「！」等）を表示する。なお、構成情報取得プログラム１４１２は、必要な情報が入力されていない場合や、適切でない場合には、変換処理の実行が開始されないように、例えば、変換用入力画面１００の変換開始ボタン１２０を押下不能な状態として表示させてもよい。このようにすると、変換でエラーが発生するような場合に、変換処理の実行を適切に抑止することができる。

【０１５８】

＊構成情報取得プログラム１４１２は、変換元環境の情報（つまり、変換元ＮＣ切削加工機の情報や変換元ＮＣ切削加工機の工具セットに関する情報）に基づいて、変換先環境における選択入力領域における入力値を適切な値に設定したり、或いは、プルダウンで選択可能となる選択候補を絞り込んだりするフィルタリング処理を実行する。例えば、構成情報取得プログラム１４１２は、変換元環境で選択されている工具セットの工具数と同じ工具数の工具セットだけを変換先における工具セットの選択候補として絞り込む。

【０１５９】

次に、構成情報取得プログラム１４１２によって表示される変換用入力画面１００について詳細に説明する。

【０１６０】

<変換用入力画面>

図１９は、一実施形態に係る変換用入力画面の構成図である。変換用入力画面１００は、例えば下記描画領域より構成され、各領域に入力又は表示用の画面オブジェクトを含む画面である。

＊変換元環境領域１００Ｂ。この領域は、変換元環境の入力又は表示用の画面オブジェクトを含む。

＊変換先環境領域１００Ｃ。この領域は、変換先環境の入力又は表示用の画面オブジェクトを含む。

＊加工情報領域１００Ａ。この領域は、変換元環境や変換先環境とは独立した情報に関する入力又は表示用の画面オブジェクトを含む。

【０１６１】

加工情報領域１００Ａは下記を含む。なお、以後の説明では表示や入力のための「領域」という用語を用いているが、これは表示用の画面オブジェクト、又は入力用の画面オブジェクトを含む領域を指している。

＊変換対象（変換元）のＮＣプログラムのファイル名を入力するためのファイル名入力領域１０１。

【０１６２】

変換元環境領域１００Ｂは、下記を含む。

＊変換元ＮＣ切削加工機の加工機の種類を選択指定する変換元加工機指定領域１０２。

＊変換元ＮＣ切削加工機において変換元用ＮＣプログラムに従った加工処理で使用対象の工具セットを選択指定するための変換元工具セット指定領域１０４。

＊工具セットに含まれる各工具に関する情報を入力するための変換元工具情報入力領域１

10

20

30

40

50

05, 106, 107。

【0163】

変換先環境領域100Cは、下記を含む。

＊変換先NC切削加工機20の加工機IDや構成情報を選択指定する変換先加工機指定領域110。

＊変換先NC切削加工機20に関する各種情報を入力するための変換先加工機情報入力領域111。

＊変換先NC切削加工機20において変換先用NCプログラムに従った加工処理で使用する工具セットを選択指定するための変換先工具セット指定領域112。

＊工具セットに含まれる各工具に関する情報を入力するための変換先工具情報入力領域113, 114, 115。

＊変換元用NCプログラムから変換先用NCプログラムへの変換処理の開始を受け付ける変換開始ボタン120。

【0164】

なお、上記領域分けは一例である。例えば、ファイル名入力領域101は変換元環境で工具セットTLと共に変換前環境の一部とみなし、加工前環境領域100Bに含まれてもよく、逆にまとめて加工情報100Aに含まれてもよい。本図では前述の「ワークW情報」、「その他変換元環境情報」、及び「その他変換先環境情報」入力又は表示領域の図示を省略している。しかし、これら領域を本画面で表示することで、情報入力を受け付けたり、情報を表示させたりしてもよい。ワークW情報は、領域100Aに含めればよい。ワークWの情報が各環境での変化が小さいのであれば好適である。一方で、環境毎にワークWの加工前の形状が異なるような場合は、そのような入力や表示領域は領域100Bや領域100Cに含めればよい。なお、形状データは図19の領域101のように形状データを格納したファイル名を指定する画面オブジェクトを用いればよい。

【0165】

変換元工具情報入力領域105, 106, 107は、ユーザによる入力が必要な情報（変換元工具要求入力情報）、例えば、上記した（b3）、（b4）の情報等を入力させたり、すでに取得されている情報を表示させて、修正の情報を入力させたりするための領域である。本実施形態では、変換元工具情報入力領域105は、変換元工具セット指定領域104のTL1の工具に対応する入力領域であり、変換元工具情報入力領域106は、変換元工具セット指定領域104のTL2の工具に対応する入力領域であり、変換元工具情報入力領域107は、変換元工具セット指定領域104のTL3の工具に対応する入力領域である。

【0166】

変換先加工機情報入力領域111は、ユーザによる入力が必要な情報、例えば、上記した（a6）、（a7）、及び（a11）の情報等を入力させたり、すでに取得されている情報を表示させて、修正の情報を入力させたりするための領域である。

【0167】

変換先工具情報入力領域113, 114, 115は、ユーザによる入力が必要な情報、例えば、上記した（b3）、（b4）の情報等を入力させたり、すでに取得されている情報を表示させて、修正の情報を入力させたりするための領域である。本実施形態では、変換先工具情報入力領域113は、変換先工具セット指定領域112のTL1の工具に対応する入力領域であり、変換先工具情報入力領域114は、変換先工具セット指定領域112のTL2の工具に対応する入力領域であり、変換先工具情報入力領域115は、変換先工具セット指定領域112のTL3の工具に対応する入力領域である。変換先工具情報入力領域113, 114, 115における位置は、各工具を配置すべきツールマガジン25の位置情報（スロット番号）を示しているが、各工具を配置するスロット番号は、変換先工具情報入力領域113, 114, 115の同一又は同種の工具が配置されているスロット番号と同じものを予め設定するようにしてもよい。なお、各工具を配置するスロット番号は、作業者が任意のスロット番号を入力するようにしてもよい。なお、この場合には、

入力したスロット番号のスロットに、対応する工具を適切に配置する必要がある。

【0168】

変換用入力画面100においては、変換元工具セット指定領域104、変換先加工機指定領域110、変換先工具セット指定領域112等には、選択候補を表示させるためのプルダウンボタン130が配置されており、プルダウンボタン130が押下されると、対応する領域における選択候補が選択可能に表示されることとなる。

【0169】

また、変換用入力画面100においては、入力が必要である領域に対して入力がない場合、或いは、表示されている情報が現時点より所定の期間より前に取得された情報である場合等には、アラート記号131が表示される。このアラート記号131によると、ユーザが、情報が不足していたり、古かったりすることを把握することができ、必要な情報について入力したり、追加測定を行ったりする必要があることを把握できる。

【0170】

なお、これまでの説明でも一部述べたが、変換元環境領域100B、変換先環境領域100Cは、変換の度に本画面のユーザがテキスト入力しなくてもよい。例えば、本画面表示前に変換用計算機10が記憶資源14に格納する情報を事前に格納し、本画面では事前に格納した情報を表示し、その情報を表示用計算機F30やユーザインターフェース13にて選択する形式であってもよい。そのような場合、変換元環境又は変換先環境に関する一部の情報については本画面での表示を省略してもよい。ただし、アラート記号131については領域102、104、110、112の内部で表示されているテキストの近傍（例えばテキストの横）に表示させ、当該加工機や工具セットに属する情報が不足していたり、古いことを示唆したりしてもよい。このような示唆により、本画面のユーザは変換開始前に選択した項目では変換ができない、或いは変換したとしても変換後の加工精度が低下するおそれがあることを確認できるため、変換処理に時間を要する場合はより好適である。

【0171】

次に、変換プログラム1411によって表示されるダウンロード確認画面200について詳細に説明する。

【0172】

<ダウンロード確認画面>

図20は、一実施形態に係るダウンロード確認画面の構成図である。

【0173】

ダウンロード確認画面200は、実行された変換処理を識別する変換履歴IDを表示する変換履歴ID表示領域201と、変換先NC切削加工機20の加工機IDや構成情報を表示する変換先加工機情報表示領域202と、変換先NC切削加工機20で使用する工具セットの工具セットIDと、工具セットを構成する工具の型番とを表示する変換先工具セット表示領域203と、変換先NC切削加工機20のツールマガジン25における各工具の配置位置情報（スロット番号）を表示する工具配置位置表示領域204と、変換先用NCプログラム1425を変換先の場所のNC切削加工機20のNCコントローラ21又は現場用計算機30にダウンロードさせる指示を受け付けるダウンロードボタン210と、を含む。

【0174】

このダウンロード確認画面200によると、変換先NC切削加工機20のツールマガジン25における各工具の配置位置情報（スロット番号）が表示されているので、ユーザが使用する工具TLをツールマガジン25の間違ったスロットに配置してしまうことを適切に防止することができる。

【0175】

ここで、具体的な状況に即して説明すると、加工処理においては、荒加工、中仕上げ加工、仕上げ加工等の複数の工程で、異なる工具を使うことがある。この場合には、NCプログラムには、一部説明した通り、各工程で使用する工具を収容したツールマガジン25

10

20

30

40

50

の位置情報（スロット番号）が記述されている。ツールマガジン 25 においてどの工具をどのスロットに配置するかは、各 NC 切削加工機 20 のそれぞれにおいて任意とすることができる。このため、変換元 NC 切削加工機と、変換先 NC 切削加工機 20 との間で、同一工程を行うための工具が、ツールマガジン 25 の異なる番号のスロットに配置されていることも起こりうる。例えば、変換元と変換先とで同一の工程で使用する工具のツールマガジン 25 におけるスロットを同一番号とすることを前提として変換処理が行われた変換先用 NC プログラムをそのまま用いると、同一番号のスロットに異なる種類の工具が収容されていると、全く異なる工具が使用されることとなり、ワーク W に損傷を与えてしまったり、工具 TL に損傷を与えてしまったりする虞がある。特に、繁忙期等においては、工具の配置間違いが発生しやすく、このような状況が発生してしまう可能性が高い。

10

【0176】

これに対して、上記したように、ダウンロード確認画面 200 によると、変換先 NC 切削加工機 20 のツールマガジン 25 における各工具のスロット番号が表示されているので、使用する工具 TL が間違ったスロットに配置されてしまっていないかを確認することを作業者に促すことができ、工具 TL が間違ったスロットに配置されてしまう状況を低減することができる。

【0177】

なお、本画面のようなダウンロード画面は前述した図 19 の画面と統合してもよい。しかし、変換処理に時間を要する場合は図 20 に記すダウンロード画面を図 19 の変換開始ボタン画面とは別に提供できることが好適である。なぜならば、変換処理を開始させた後に、画面の利用者はその画面を閉じて別作業をすることが可能だからである。その他の画面を分割する利点は本実施例に記した通りである。

20

【0178】

次に、変換用計算機 10 による処理動作について説明する。

【0179】

（処理 1）構成情報取得プログラム 1412（厳密には、構成情報取得プログラム 1412 を実行する CPU 11）は、ネットワーク 40 を介して接続された各 NC 切削加工機 20 の NC コントローラ 21 から、取得可能な各 NC 切削加工機 20 に関する各種情報（例えば、（a1）、（a2）、（a4）、（a5）、（a8）、（a9）、及び（a10））を取得する。なお、本処理は、以下で説明する処理 2 以降の処理を行う度に行う必要はない。

30

【0180】

（処理 2）次いで、構成情報取得プログラム 1412 は、変換用入力画面 100（図 19 参照）を表示させて、変換用入力画面 100 を介して、下記指定を受け付ける。

＊変換対象である変換元用 NC プログラム 1424 の指定。

＊変換元用 NC プログラム 1424 によってワーク W の加工処理を行っていた NC 切削加工機 20（変換元 NC 切削加工機）を特定する情報（加工機 ID）の指定、又は変換元用 NC プログラム 1424 を作成した CAM F446 が対象としていた NC 切削加工機（変換元 NC 切削加工機）の種類の指定。

＊変換元用 NC プログラム 1424 による加工処理において使用していた（又は、CAM F446 が対象としていた）工具セットを特定する情報（工具セット ID）の指定。

40

＊変換元用 NC プログラム 1424 を変換させた変換先用 NC プログラム 1425 により新たにワーク W の切削加工を行わせる NC 切削加工機（変換先 NC 切削加工機 20）を特定する情報（加工機 ID）の指定。

＊変換先 NC 切削加工機 20 で使用する工具セットを特定する情報（工具セット ID）の指定。

これとともに、構成情報取得プログラム 1412 は、変換元 NC 切削加工機及び変換先 NC 切削加工機 20 に関する各種情報（（a3）、（a6）、（a7）、及び（a11））や、変換元 NC 切削加工機 20 で使用されていた（又は、変換元 NC 切削加工機で使用する対象とされていた）工具セット 50 や、変換先 NC 切削加工機 20 で使用する工具セッ

50

ト 50 に関する情報（（b 1）～（b 4）の情報）の入力（直接入力又は選択入力）を受け付ける。

【0181】

（処理3）変換開始ボタン120が押下されると、構成情報取得プログラム1412は、変換プログラム1411に変換開始指示を送信する。ここで、変換開始指示には、変換用入力画面100に入力（直接入力又は選択入力）された各種情報が含まれる。

【0182】

（処理4）変換プログラム1411は、変換開始指示を受け取ると、指定された変換元用NCプログラム1424（補正前NCプログラム）を読み込んで、変換開始指示に含まれる情報（少なくとも変換先NC切削加工機20又は、変換先NC切削加工機20で使用する工具セットの剛性に関する情報）に基づいて、変換元用NCプログラム1424を変換先用NCプログラム1425（補正後NCプログラム）に変換し、変換された変換先用NCプログラム1425を記憶資源14に格納する。

【0183】

（処理5）次いで、変換プログラム1411は、ダウンロード確認画面200（図20参照）を表示させる。なお、ダウンロード確認画面200は処理4完了後に自動的に表示させる代替として、現場計算機30の利用者の当該計算機への操作に応じて表示させてもよい。この後、ダウンロードボタン210が押下された場合に、変換プログラム1411は、変換先用NCプログラム1425を、変換先NC切削加工機20のNCコントローラ21又は変換先NC切削加工機20のある場所の現場用計算機30に送信する。

【0184】

例えば、変換先用NCプログラム1425をNCコントローラ21に送信するようにする場合においては、NCコントローラ21が受信した変換先用NCプログラム1425を格納し、以降の加工処理において、この変換先用NCプログラム1425を実行可能となる。一方、変換先用NCプログラム1425を現場用計算機30に送信するようにする場合においては、現場用計算機30が変換先用NCプログラム1425を格納する。この後、現場用計算機30の変換先用NCプログラム1425を、ネットワーク40を経由して、又は記録媒体等を介してNCコントローラ21に格納させることにより、NCコントローラ21に変換先用NCプログラム1425を実行させることができるようになる。

【0185】

<変換プログラムによる変換処理の具体例>

次に、変換用計算機10による処理動作の具体例について説明する。

【0186】

図21は、一実施形態に係る変換処理のフローチャートである。

【0187】

まず、変換プログラム1411は、処理対象の変換元用NCプログラム1424の全ブロックを記憶資源14のうちのメモリのワーク領域に対して読み出す（S11）。ここで、ブロックとは、変換元用NCプログラム1424により実行する加工処理において、NC切削加工機20に対して1回に指示することのできる命令（アドレス）を含む記述部分を示す。ブロックには、同時に指示することのできる1以上の命令（アドレス）が含まれる。アドレスとしては、例えば、命令の種類を示すコードと、命令の内容に関するパラメータとが含まれるものがある。なお、変換元用プログラム1424の容量が大きくて、メモリのワーク領域に全てのブロックを呼び出すことができなければ、処理の進行に応じて読み出すブロックを切り替えるようにすればよい。

【0188】

次いで、変換プログラム1411は、読み出したブロックに基づいて、ブロックが示す命令に基づく処理（ブロック処理）中に工具がワークに接触しない1以上のパス（非接触部分工具パスという）を特定する（S12）。工具がワークに接触しないか否かは、加工対象のワークの形状と、ブロック中の工具の移動パスとに基づいて加工処理をシミュレートすることにより特定することができる。ここで、変換元用プログラム1424の全ての

10

20

30

40

50

非接触部分工具パスを特定してもよいし、一部の非接触部分工具パスのみを特定してもよい。なお、ブロック中のコードが位置決め「G00」(JIS B 6314)である場合には、基本的には、工具がワークに接触していないことを意味しているので、このブロックのパスについては、それ以上の処理を行うことなく、このブロックのパス全体が非接触部分工具パスであると判定してもよい。

【0189】

次に、変換プログラム1411は、ステップS12で特定した各非接触部分工具パスのそれぞれを対象に、ループ1の処理(S13～S18)を行う。ループ1は、変数*i*の初期値は1であり、ループ1の処理を継続する条件は、変数*i*がS12で特定した非接触部分工具パスの数以下であることであり、変数*i*は、ループを1回行うごとに1が加算される。

10

【0190】

ループ1の処理では、まず、変換プログラム1411は、処理対象の非接触部分工具パス[i] (特定した非接触部分工具パスのうちの*i*番目のパス)を含むブロック(特定ブロックという)を特定する(S13)。

【0191】

次いで、変換プログラム1411は、非接触部分工具パス[i]が特定ブロックのパスの一部であるか否かを判定する(S14)。この結果、非接触部分工具パス[i]が特定ブロックのパスの一部でない場合、すなわち、特定ブロックの全体のパスが非接触部分工具パス[i]であり、特定ブロックが非接触ブロックである場合(S14:N)には、変換プログラム1411は、ステップS15からS18の処理を実行しないで、この非接触部分工具パス[i]に対する処理を終了する。

20

【0192】

一方、非接触部分工具パス[i]が特定ブロックのパスの一部である場合(S14:Y)には、変換プログラム1411は、特定ブロックを、非接触部分工具パス[i]の少なくとも一部のみをパスとするブロック(分割後非接触ブロック)を含むブロックに分割する処理を実行する(例えば、ステップS15～S17)。

【0193】

例えば、特定ブロックのパスが、前から順に、工具とワークが接触するパス(接触パス)、非接触部分工具パス[i]、接触パスとなっている場合には、変換プログラム1411は、前の接触パスと、非接触部分工具パス[i]の前側部分とを含むパスに対応するブロック(分割済前ブロック)を生成し(S15)、非接触部分工具パス[i]の中間部分のみのパスに対応するブロック(分割済非接触ブロック:分割済中間ブロック)を生成し(S16)、非接触部分工具パス[i]の後側部分と後ろの接触パスと、を含むパスに対応するブロック(分割済後ブロック)を生成する(S17)。

30

【0194】

また、特定ブロックのパスが、前から順に接触パスと、非接触部分工具パス[i]となっている場合には、変換プログラム1411は、接触パスと、非接触部分工具パス[i]の前側部分とを含むパスに対応するブロック(分割済前ブロック)と、非接触部分工具パス[i]の残りの部分のパスに対応するブロック(分割済非接触ブロック)を生成する。また、特定ブロックのパスが、前から順に、非接触部分工具パス[i]と、接触パスとなっている場合には、変換プログラム1411は、非接触部分工具パス[i]の前側部分のみの部分のパスに対応するブロック(分割済非接触ブロック)と、非接触部分工具パス[i]の後側部分(残りの部分)と後ろの接触パスとを含むパスに対応するブロック(分割済後ブロック)を生成する。なお、特定ブロックに複数の非接触部分工具パスがある場合には、ループ1の処理を繰り返すことにより、各非接触部分工具パスを対象に同様な処理が行われることとなる。

40

【0195】

特定ブロックを分割する処理が行われた後(例えば、S15～S17の実行後)には、変換プログラム1411は、メモリのワーク領域の特定ブロックを、分割処理で生成され

50

た複数のブロック（例えば、分割済前ブロック、分割済非接触ブロック、分割済後ブロック）と入れ替える（S18）。

【0196】

その後、変数 i が S12 で特定した非接触部分工具パスの数を超えた場合、すなわち、特定した非接触部分工具パスの全てを対象にループ1の処理を実行した場合には、ループ1を抜けて、変換プログラム1411は、処理をステップS19に進める。

【0197】

ステップS19では、変換プログラム1411は、処理中のNCプログラムの全体を、非接触ブロック（非接触ブロック又は分割済非接触ブロック）の前で区切って複数のブロック群（区切り後ブロック群）を特定する。

【0198】

次いで、変換プログラム1411は、ステップS19で特定した各区切り後ブロック群のそれぞれを対象に、ループ2の処理（S20～S23）を行う。ループ2は、変数 i の初期値は1であり、ループ2の処理を継続する条件は、変数 i がS19で特定した区切り後ブロック群の数以下であることであり、変数 i は、ループを1回行うごとに1が加算される。

【0199】

ループ2の処理では、まず、変換プログラム1411は、処理対象の区切り後ブロック群 $[i]$ （特定した区切り後ブロック群の i 番目のブロック群）での加工処理について、変換先NC切削加工機20の主軸剛性と工具剛性とに基づいて、使用する工具の工具径方向の工具経路補正量を決定する（S20）。ここで、工具径方向の工具経路補正量の決定方法としては、変換先NC切削加工機20の主軸剛性と工具剛性とに基づいて、このステップで算出するようにしてもよいし、変換先NC切削加工機20の主軸剛性と工具剛性とに基づいて、予め算出しておいた工具経路補正量を特定するようにしてもよい。また、区切り後ブロック群における切削時の工具のたわみ量が増加する場合には、工具経路補正量としては、最大のたわみ量に対応する工具経路補正量としてもよく、最小のたわみ量に対応する工具経路補正量としてもよく、平均のたわみ量に対応する工具経路補正量としてもよい。

【0200】

次いで、変換プログラム1411は、決定した工具経路補正量の経路補正を変換先NC切削加工機20に実行させるアドレスを含むブロック（補正ブロック）を生成する（S21）。ここで、補正ブロックは、NC切削加工機20において実行されると、例えば、NC切削加工機20におけるメモリ上の工具形状パラメータとは別なパラメータであって、工具径補正用アドレス（例えば、G41，G42（JIS B 6314））に影響を及ぼすメモリ上のパラメータの値を変更するブロックとしてもよい。ここで、工具形状パラメータは、工具径補正用アドレスを用いる際に標準で参照されるパラメータであり、例えば、ユーザにより手動で設定される場合もある。この工具形状パラメータを変更させてしまうと、手動で設定された値が使用できなくなり、そのNC切削加工機20での他のNCプログラムの実行時に不具合が発生する可能性がある。これに対して、上記したように、補正ブロックによって、この工具形状パラメータとは別なパラメータを変更することにより、このような不具合の発生を適切に防止することができる。また、このようにすると、補正ブロックでは、工具形状パラメータとは別のパラメータを指定する表記となるので、補正後のNCプログラムを使用するユーザが補正ブロックを容易に視認して把握することができる。補正ブロックによる工具経路補正量を容易に把握することができる。

【0201】

次いで、変換プログラム1411は、生成した補正ブロックを区切りブロック群の先頭、すなわち、非接触ブロックの前に挿入する（S22）。なお、新たな補正ブロックを作成し、非接触ブロックの前に補正ブロックを挿入せずに、非接触ブロック中に、決定した工具経路補正量の経路補正を変換先NC切削加工機20に実行させるアドレスを含めることにより、補正用のブロックを作成するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0202】

次いで、変換プログラム1411は、補正ブロックの前に、補正ブロックが追加されたことを示すコメントのブロック（コメントブロック）を挿入する（S23）。

【0203】

その後、変数iがS19で特定した区切りブロック群の数を越えた場合、すなわち、特定した区切りブロック群の全てを対象にループ2の処理を実行した場合には、ループ2を抜けて、変換プログラム1411は、処理をステップS24に進める。

【0204】

ステップS24では、変換プログラム1411は、ワーク領域にある作成した全ブロックを変換後のNCプログラム（変換先用NCプログラム1425）として、記憶資源14のストレージに格納する。

10

【0205】

次に、具体的なワークに対する加工処理を行う変換元用NCプログラムの変換処理について説明する。

【0206】

図22は、一実施形態に係るワークの切削前の形状を示す図である。図22（A）は、上面図（XY平面図）を示し、図22（B）は、側面図（YZ平面図）を示し、図22（C）は、側面図（XZ平面図）を示す。

【0207】

ワーク300は、切削前においては、一部に切り欠き302が形成され、上面視で略矩形形状となっている。ワーク300のY軸のマイナス方向（図22（A）の右方向）側に、Z軸方向に延びる円柱状の穴が形成された開口部301が形成されている。ワーク300の高さは、X軸のプラス方向に行くほど高くなっている。

20

【0208】

図23は、一実施形態に係るワークの切削後の目標形状を示す図である。図23（A）は、上面図（XY平面図）を示し、図23（B）は、側面図（YZ平面図）を示し、図23（C）は、側面図（XZ平面図）を示す。

【0209】

ワーク300の切削後の目標形状は、切削前のワーク300に対して、X軸のマイナス側の近傍と、Y軸のマイナス側の近傍とに連続する段差部303が形成されたものとなっている。

30

【0210】

図24は、一実施形態に係るワークの切削処理中の形状を示す図である。図24は、図23に示す目標形状に到達する直前のワークの形状を示す。なお、図中の点線は、目標形状を示している。

【0211】

図24に示すように、目標形状到達前のワーク300においては、最後に切削すべき最終切削部分304、305が残った状態となっている。

【0212】

次に、ワーク300を図24に示す状態から最終切削部分304、305を切削する切削処理（最終切削処理）を実行するためのNCプログラムの記述について説明する。

40

【0213】

図25は、一実施形態に係る補正前のNCプログラムの記述と、対応するワークの切削処理における工具のパスと、を説明する図である。図25（A）は、最終切削処理における工具パスを示し、図25（B）は、補正前のNCプログラムの最終切削処理に対応する部分の記述を示す。

【0214】

補正前のNCプログラムは、図25（A）に示すA点からB点に工具を直線的に移動させて切削させるブロック501と、B点からC点に円弧状に工具を移動させて切削させるブロック502と、C点からD点に工具を直線的に移動させて切削させるブロック503

50

とを含んでいる。

【0215】

C点からD点に工具を移動させる際においては、工具がC点から移動を開始すると、切削部分の厚さ（高さ）が徐々に厚くなるので、工具に加えられる切削抵抗は徐々に上昇する。その後、開口部301に相当する部分においては、工具とワークが接触しないので、切削抵抗がなくなる。その後、工具が開口部301に相当する部分を通過すると、ワークと再び接触し、切削部分の厚さがさらに厚くなるので、切削抵抗が更に上昇していく。

【0216】

この補正前のNCプログラムによると、C点からD点に工具を直線的に移動させて切削させるブロック503においては、常に同じ工具幅補正量となっているので、切削抵抗が異なるC点に近い側と、D点に近い側とで、切削量が異なってしまう、目標とする形状からずれ、切削精度が低下してしまう。

10

【0217】

次に、ワーク300を図24に示す状態から最終切削部分304、305を切削する切削処理（最終切削処理）を実行するための補正前のNCプログラムを変換する変換処理及び補正後のNCプログラムについて説明する。

【0218】

図26は、一実施形態に係る補正後のNCプログラムの記述と、対応するワークの切削処理における工具のパスと、を説明する図である。図26（A）は、最終切削処理における工具パスを示し、図26（B）は、補正後のNCプログラムの最終切削処理に対応する部分の記述を示す。なお、図26（B）においては、補正前のNCプログラムからの追加・変更箇所については、ボールド&イタリックで示している。なお、以下の説明では、図21及び図25の内容を適宜参照して説明する。

20

【0219】

図21に示す変換処理のステップS12では、非接触部分工具パスとして、A点からワーク300に接触するまでの間と、開口部301に相当する部分とが検出される。

【0220】

ループ1の処理では、A点からワーク300に接触するまでの間の非接触部分工具パスについては、ブロック501が特定ブロックとして特定され、非接触部分工具パスの前部のパス（A点からE点）に対応するブロック603と、非接触部分工具パスの後部のパスと、工具がワークと接触するパスとを含むパス（E点からB点）に対応するブロック604とが生成され、ブロック501と入れ替えられる。なお、ブロックには、始点の情報が含まれていないので、記述としては、ブロック604は、ブロック501と同じものとなっている。

30

【0221】

また、ループ1の処理では、開口部301に相当する部分の非接触部分工具パスについては、ブロック503が特定ブロックとして特定され、工具がワークと接触するパスと、非接触部分工具パスの前部のパス（C点からF点）に対応するブロック606と、非接触部分工具パスの中間のみのパス（F点からG点）に対応するブロック609と、非接触部分工具パスの後部のパスと、工具がワークと接触するパスとを含むパス（G点からD点）に対応するブロック610とが生成され、ブロック503と入れ替えられる。

40

【0222】

その後、ステップS19では、非接触ブロックであるブロック603と、ブロック609との前で区切られたブロック群（区切り後ブロック群）が特定される。すなわち、ブロック603～ブロック606と、ブロック609及びブロック610とが区切り後ブロック群として特定される。

【0223】

ループ2においては、ブロック603～ブロック606の区切り後ブロック群については、B点までの加工処理に対応する工具経路補正量（図中の計算値1）が決定され、この工具経路補正量の補正を行うブロック602（補正ブロック）がブロック603の前に挿

50

入され、そのブロック 602 の前に補正ブロックが挿入されたことを示すコメントのブロック 601（コメントブロック）が挿入される。この構成により、工具がワークと接触しないブロック 603 の前に補正を行うブロック 602 を実行することとなるので、切削途中で工具経路が補正されることを防止でき、切削途中での補正に起因するワークへの段差等の発生を適切に防止できる。

【0224】

また、ループ 2 においては、ブロック 609 及びブロック 610 の区切り後ブロック群については、G 点から D 点までの加工処理に対応する工具経路補正量（図中の計算値 2）が決定され、この工具経路補正量の補正を行うブロック 608（補正ブロック）がブロック 609 の前に挿入され、そのブロック 608 の前に補正ブロックが挿入されたことを示すコメントのブロック 607（コメントブロック）が挿入される。この構成により、工具がワークと接触しないブロック 609 の前に補正を行うブロック 608 を実行することとなるので、切削途中で工具経路が補正されることを防止でき、切削途中での補正に起因するワークへの段差等の発生を適切に防止できる。また、この処理によると、補正前の NC プログラムでは、1 つのブロックとされていた切削処理における一部の切削処理に対して、適切に工具経路を補正することができる NC プログラムを作成できるので、切削処理において、より詳細に経路補正を行うことができ、ワークの切削精度が向上する。

【0225】

このようにして作成されたブロック 601～610 が、補正前の NC プログラムのブロック 501～503 に対応する変更後の NC プログラムの部分となる。

【0226】

変更後の NC プログラムによると、A 点～E 点の間で E 点～B 点までの切削処理に適した工具径補正量の補正が行われ、E 点～B 点までの間の切削処理を適切な精度で実行することができ、また、F 点～G 点の間で G 点～D 点までの切削処理に適した工具径補正量の補正が行われ、G 点～D 点までの間の切削処理を適切な精度で実行することができる。これにより、ワークに対する切削精度を向上することができる。なお、図 22 乃至図 26 に示す例では、工具を直線的に移動させるパスに非接触部分が含まれている場合に、1 つのブロックを複数のブロックとする例を示していたが、工具を曲線に沿って移動させるパスに非接触部分が含まれている場合にも同様な処理を実行してもよい。

【0227】

<作用・効果>

上記した処理によると、変換元 NC 切削加工機 20 向けにチューニングされた変換元用 NC プログラムを、変換先 NC 切削加工機 20 の少なくとも剛性に関する情報を考慮して変換先用 NC プログラムに変換するようにしているので、変換先 NC 切削加工機 20 における加工処理における加工精度を向上することができる。また、上記した処理によると、切削処理に適した工具経路補正量の補正を行うことができる。また、切削途中で補正がされることを防止できるので、ワークに切削途中での補正による段差等の発生を適切に防止できる。また、補正前の NC プログラムのブロックを利用して、1 つのブロックを分割したり、補正ブロックを追加したりするので、補正前の NC プログラムの記述を有効に利用しつつ、工具経路補正量を補正することのできるため、補正前の NC プログラムを読んでいたユーザが補正後の NC プログラムを容易に理解することができる。また、補正後の NC プログラムに、変換された部分を示すコメントが追加されているので、補正後の NC プログラムに対するユーザの理解をより容易にすることができる。

【0228】

<変換用計算機に関わるバリエーション>

なお、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜変形して実施することが可能である。また、下記で説明した処理は組み合わせ用いてもよい。

【0229】

<<変換先環境のフィルタリング処理>>

構成情報取得プログラム 1 4 1 2 によるフィルタリング処理においては、以下の処理を行ってもよい。

【0 2 3 0】

＊変換先 N C 切削加工機の候補（変換先加工機指定領域 1 1 0 の設定候補又は選択候補）

例えば、変換先 N C 切削加工機として設定される又はこの選択候補として絞り込まれる候補 N C 切削加工機としては、変換元 N C 切削加工機 2 0 のすべての機能を包含している他の N C 切削加工機 2 0 としてもよい。具体的には、例えば、変換元 N C 切削加工機 2 0 が、フライス盤やボール盤である場合に、候補 N C 切削加工機を、マシニングセンタとしてもよい。また、変換元 N C 切削加工機が、3 軸のマシニングセンタである場合に、候補 N C 切削加工機を、5 軸のマシニングセンタとしてもよい。

10

【0 2 3 1】

また、変換先 N C 切削加工機として設定される又はこの選択候補として絞り込まれる候補 N C 切削加工機としては、変換元用 N C プログラム 1 4 2 4 で記述されている全ての処理工程を実行可能な N C 切削加工機としてもよい。例えば、変換元 N C 切削加工機が、5 軸のマシニングセンタであっても、変換元 C N プログラム 1 4 2 4 で記述されている全ての処理工程が 3 軸のマシニングセンタで実行可能である場合には、候補 N C 切削加工機を 3 軸のマシニングセンタとしてもよい。

【0 2 3 2】

また、変換元用 N C プログラム 1 4 2 4 で使用する工具数よりも少ない工具数しか装填できない N C 切削加工機 2 0 を、候補 N C 切削加工機から除外するようにしてもよい。

20

【0 2 3 3】

＊工具セットの候補（変換先工具セット指定領域 1 1 2 の設定候補又は選択候補）

N C プログラムの変換処理を簡易化する場合には、変換先工具セットの候補としては、変換元工具セットの工具数と同じ工具数の工具セットとしてもよい。なお、加工精度の面からも候補としては、変換元工具セットと同じ工具数とすることが好ましい場合がある。例えば、変換元において、3 本の工具によって荒加工工程、中加工工程、仕上げ工程といった工程数及び順序で変換を行っている場合に、2 本の工具で荒加工工程、仕上げ工程といった工程数及び順序を行っても、変換元と同様な加工精度を出すことは困難であるためである。なお、各工具 T L についてこのような用途を記憶し、変換元工具セットに含まれる工具 T L のすべての用途を含む工具セットを候補としてもよい。

30

【0 2 3 4】

また、変換先工具セットの候補としては、変換元工具セットの各工具と同じ種類の工具が含まれる工具セットとしてもよい。ここで、同じ種類とは、用途が同じものとしてもよい。

【0 2 3 5】

また、変換先工具セットの候補から、予め必要な情報が取得されていない工具を含む工具セットを除外するようにしてもよい。

【0 2 3 6】

<<工具 T L の用途情報に基づいたスロット番号変換処理>>

変換プログラム 1 4 1 1 による変換処理を簡易化する 1 手法として、図 1 9 の画面を利用する作業者は変換先環境の工具セットに含まれる工具 T L について、変換前環境の工具 T L と同じ用途の変換先環境の工具とは同じスロット番号を入力する、というユーザの入力ルールを設定してもよい。このようなルールはユーザのミスにより守られない可能性がある。その対策として、構成情報取得プログラム 1 4 1 2 は、工具セットに含まれる工具 T L 各々について用途（例えば、荒加工工程用、中加工工程用、仕上げ工程用）の入力を受け付け、個別工具情報 1 4 2 3 に格納し、この情報を利用して解決してもよい。具体的には、当該プログラムは、選択された変換元環境の工具セットに含まれる工具 T L の用途とスロット番号との対応（対応 1 と呼ぶ）と、選択された変換先環境の工具セットに含まれる工具 T L の用途（変換先工具用途）を読み出し、変換先工具用途と同じ用途を持つ対応 1 を検索し、当該対応 1 のスロット番号を変換先工具セットのスロット番号とする。

40

50

【0237】

<<仮スロット番号変換処理の導入>>

上述の実施例では、変換先環境に於いて、どのスロット番号にどの工具TLが可能されるかを決定した後に変換プログラム1411による変換処理を行う。しかし、変換先環境での加工効率を踏まえた場合は、変換処理後に動的に各工具を格納するスロットを決めたい場合がある。例えば、変換処理は長時間（例えば1日）程度要する場合があるため、ただちに交換開始したいが、変換先環境での他の加工作業も動的に変換するために交換開始時にはスロット番号と工具TLとの関係をきめられない場合である。

【0238】

その対策として、図19の画面で入力または選択した各工具のスロット番号は仮のスロット番号とみなして変換プログラム1411による変換処理を行い、その後仮スロット番号を実際のスロット番号に変換する処理（仮スロット番号変換処理と呼ぶ）を行ってもよい。なお、以後の説明では、仮スロット変換処理を行うプログラムを仮スロット変換プログラムと呼ぶことがある。なお、仮スロット番号変換処理は、図20のダウンロード画面でダウンロードボタン210を押してダウンロードを開始する直前に行ってもよく、或いはダウンロード後に現場用計算機30にて別プログラムにて実行してもよい。なお、仮スロット番号変換処理を実行するにあたって必要となる情報である、仮スロット番号と実際のスロット番号への変換情報（スロット番号変換情報）は、仮スロット番号変換処理の実行前であって、変換プログラム1411による変換処理実行後に、変換用計算機10又は現場用計算機30にユーザの入力により格納される。なお、仮スロット番号は数字であることが好ましいが、他の識別子であってもよい。仮スロット番号変換処理の導入は、変換プログラム1411による高負荷又は長時間の処理の実行タイミングを、各スロットにどの工具TLを格納するか決定する以前も対象とすることができるため、結果として変換用計算機10の計算機資源の有効利用をすることが可能となるともいえる。

【0239】

なお、変換先環境として選択した工具セット内の工具TLに付与する仮スロット番号は、変換プログラム1411による変換処理開始前に、下記のように定めてもよい。いずれの場合についても、定めた工具TLと仮スロット番号との関係は、個別工具情報に格納し、スロット番号変換処理時に参照する。

＊選択した工具セット内における工具TLの並び順。並び順は、表示順序、データ格納順序、工程に基づいた順序が考えられるがほかでもよい。

＊前述の「工具TLの用途情報に基づいたスロット番号変換処理」によって付与する。

【0240】

なお、スロット番号変換情報の入力は、単に仮スロット番号と実際のスロット番号との関係を計算機に入力すればよいのだが、仮スロット番号がどの工具TLを対象としているのかわからない状況では入力が難しい。よって、変換情報入力画面では、仮スロット番号が割り当てられていた工具TLの情報を当該変換情報入力画面で合わせて表示してもよい。

【0241】

<<現場用計算機の他の利用形態1>>

また、上記実施形態では、変換用入力画面100と、ダウンロード確認画面200とを表示用計算機F30又は変換用計算機10のユーザインターフェース13に表示させて、入力を受け付ける例を説明していたが、本発明はこれに限られず、変換用入力画面100と、ダウンロード確認画面200とを、いずれかの現場用計算機30に表示させて、入力を受け付けるようにしてもよく、例えば、変換先のNC切削加工機20がある場所の現場用計算機30に表示させて入力を受け付けるようにしてもよい。また、変換用入力画面100の一部を、変換元のNC切削加工機20がある場所の現場用計算機30に表示させて入力を受け付けるようにし、変換用入力画面100の残りの部分を、変換先のNC切削加工機20がある場所の現場用計算機30に表示させて入力を受け付けるようにしてもよい。

【0242】

<<変換プログラムによる他の変換処理1>>

変換元用NCプログラム1424を変換先用NCプログラム1425に変換する処理として、変換プログラムは、図27及び下記に示す処理を行ってもよい。

＊（ステップA1）変換先NC切削加工機の構成物の剛性や形状と、ワークの加工前の形状と、製品形状と、変換元用NCプログラムと、ワークの切削抵抗と、の少なくとも一部情報を用いた、加工中の物理現象のシミュレーションを行う。これにより、変換先NC切削加工機の構成物の加工中の変形を考慮してワークの加工中の形状を予測する。なお、当該シミュレーションはたとえば有限要素法を用いた変形解析プログラムにより行うことが考えられるが、他のプログラムで行ってもよい。図29にシミュレーションモデルを示す。図29では、切削抵抗 F_r が生じたことで工具の刃先が δ 変位した場合、切削抵抗 F_r を打ち消す力は、工具を板バネとみなしたときの復元力（工具の剛性が関係） F_b と、主軸をねじりバネとみなしたときの復元力（モーメントともみなせる。主軸の剛性値が関係） F_s と、に基づいて生じるモデルを示している。このようなモデルに基づけば、刃先の変位 δ が得られ、ワークの加工中の形状が予測できる。

10

＊（ステップA2）ワークの予測形状とワークの目標形状との比較に基づいて誤差を算出する。なお、ワークの目標形状とは、加工中に変換先NC切削加工機の構成物の変形がない場合の、加工中のワーク形状である。なお、ステップA1の刃先の変位 δ を誤差とみなす場合は、本ステップは省略してもよい。

＊（ステップA3）当該誤差（切削誤差）を解消する記述（前述の工具径補正、工具長補正、工具摩耗補正、送り速度、切削速度等）を変換元用NCプログラムに追加または変更し、変換先用NCプログラムとして格納する。

20

これにより、変換先用NCプログラムを実行することにより、変換先NC切削加工機においては、切削誤差の少ない加工を行うことができる。

【0243】

<<変換プログラムによる他の変換処理2>>

変換元用NCプログラム1424を用いて変換先用NCプログラム1425に変換する処理として、変換プログラムは、図28及び下記に示す処理を行ってもよい。なお、下記ステップは上記ステップA1乃至A3と組み合わせてもよい。

＊（ステップB1）機械学習プログラムに、教育データで教育する。教育データは、例えば、工作機械の構成物の剛性、ワークの切削抵抗、過去に加工したときのNCプログラム、ワークの加工前の形状、製品形状、加工後の製品形状との誤差が考えられるが、他の値を追加したり、代用として用いたりしてもよい。

30

＊（ステップB2）変換先NC切削加工機械の構成物の剛性や形状と、ワークの加工前の形状と、製品形状と、変換元用NCプログラム1424と、ワークの切削抵抗と、の少なくとも一部を機械学習プログラムに入力し、誤差を取得する。

＊（ステップB3）当該誤差を解消する記述（前述の工具径補正、工具長補正、工具摩耗補正、送り速度、切削速度等）を変換元用NCプログラム1424に追加または変更し、変換先用NCプログラム1425として格納する。

【0244】

<<作業者の作業範囲に応じた画面の切り分け>>

図17のように場所Aと場所Bが比較的遠い場合は、図17の通り、場所毎に別な作業者が配置されていることが考えられる。このような場合は、各作業者は、各々が配置された場所に含まれる変換元環境または変換先環境による加工や、図18乃至図20で説明した変換先環境の情報及び変換元環境の情報の計測と変換用計算機への入力を担当することが考えられる。そのような場合に好適な画面として図19及び図20を下記の通り、分割してもよい。なお、以下の説明では画面を主語とした説明を一部しているが、実際には各現場用計算機で実行されるプログラムをCPUで実行することで達成される。

40

【0245】

<<<変換元環境の作業用計算機>>>

変換元環境の作業用計算機30では、図19の領域100A（少なくともNCプログラム名101）及び100Bを表示することが考えられる。なぜならば、これら領域で入力

50

すべき情報は相対的に変換元環境で得られる情報のため、変換元環境の作業者に入力を行ってもらうことが効率的だからである。ただし、図19の領域100A及び100Bに含まれるすべての入力領域を表示する必要はない。変換前環境の作業用計算機で入力した情報を、所定の識別子（以後、ライブラリ名と呼ぶことがある）を付与して変換用計算機10に格納する。なお、これら入力に変換前環境に於いて意図した誤差で加工ができた情報としても有用である。

【0246】

<<<変換先環境の作業用計算機>>>

変換先環境の作業用計算機では、図19の領域100Cを表示することが考えられる。なぜならば、これら領域で入力すべき情報は相対的に変換先環境で得られる情報のため、変換先環境の作業者に入力を行ってもらうことが効率的だからである。変換元環境の作業用計算機30で入力した内容呼び出すために、変換先環境の作業用計算機の画面では前述のライブラリ名を指定する領域を含む。このようにすることで、変換元環境での入力を適切に特定し、変換プログラム1411による変換処理に必要な情報を特定することができる。ただし、ライブラリ名だけでは変換元環境の情報が不明であり、適切な変換先環境の入力が難しい。よって、変換先環境の作業用計算機の画面では、ライブラリ名を指定した後に、ライブラリ名に対応した入力情報を表示してもよい。

【0247】

以上、変換元環境と変換先環境の現場計算機での表示分けの一例を説明した。本例によれば、変換元環境の作業者は1回の入力作業にも関わらず、複数の変換先環境にて実行可能な変換先用NCプログラム1425を作成できる。加えて、変換元環境が経年変化した場合も、経年変換前のライブラリ名を指定し、変換先環境として経年変化後の環境を入力してもよい。

<<<その他>>>

また、上記実施形態において、CPU11が行っていた処理の一部又は全部を、ハードウェア回路で行うようにしてもよい。また、上記実施形態におけるプログラムは、プログラムソースからインストールされてよい。プログラムソースは、プログラム配布サーバ又は不揮発性の記憶メディア（例えば可搬型の記憶メディア）であってもよい。

【0248】

上記実施形態では、工具がワークに接触しない非接触部分工具パスを検出し、非接触部分工具パスに対応するブロックを基準にNCプログラムを複数のブロック群に分けて、そのブロック群の切削が実行されるブロックよりも前に工具経路補正を行うブロックを生成するようにしていたが、例えば、工具に加えられる切削抵抗の変曲点を基準にNCプログラムを複数のブロック群に分けて、切削抵抗の変曲点となる部分の前に、工具経路補正を行うブロックを生成するようにしてもよい。

【0249】

また、上記実施形態では、補正ブロックが追加されたことを示すコメントを追加するようにしていたが、例えば、ブロックを分割した際には、ブロックの分割元の記述との違いをコメントとして追加するようにしてもよく、また、一部が変更されている場合には、変更前との対応関係を示すコメントを追加するようにしてもよい。

【0250】

変換元NCプログラムは、CAMプログラムで目標形状データから生成した直後であっても、かつ加工機で切削する前のNCプログラムであってもよい。なお、この場合の工具セットは、CAMプログラムでNCプログラムを生成したときの工具データを入力してもよい。また、工具経路補正量の決定は、上述の主軸剛性又は工具の剛性以外に、ワークWの剛性や、ワークWの切削中の熱膨張量（逆な言い方をすれば切削後の熱収縮量）に基づいて行ってもよい。

【0251】

上記説明では主に加工機としてマシニングセンタを例として説明したが、NC制御可能であれば他の加工機であってもよい。

10

20

30

40

50

【0252】

上記説明では、現場用計算機と変換用計算機とのデータ送受信を一部省略して説明したが、当然ながら、現場用計算機と変換用計算機の間ではデータ送受信が行われている。例えば、変換プログラム1411が変換用計算機で実行され、そして、現場用計算機でユーザインターフェース表示や当該操作による情報表示又は情報入力を行う場合は、現場用計算機に構成情報取得プログラムが担当する処理の一部を担うプログラムが、現場用計算機で実行される。そして、当該一部を担うプログラムが、入力された情報を変換用計算機に送信したり、又は変換用計算機から送信された表示用情報を当該一部を担うプログラムが受信し、ユーザインターフェース表示を行う。

【符号の説明】

【0253】

1…製造工程設計システム、10…変換用計算機、11…CPU、12…ネットワークインターフェース、13…ユーザインターフェース、14…記憶資源、20…NC切削加工機、21…NCコントローラ、25…ツールマガジン、25a、25b、25c…スロット、26…工具交換部、30…現場用計算機、50…工具セット、1000…加工処理システム、W…ワーク、TL…工具、F11…ネットワーク、F20…管理計算機、F30…表示用計算機、F40…鍛造プロセス設計計算機、F41…CPU、F42…ネットワークインターフェース、F43…ユーザインターフェース、F44…記憶資源

10

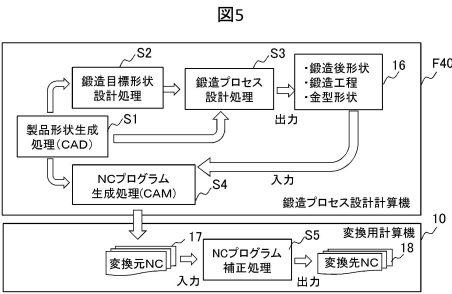
20

30

40

50

【図 5】



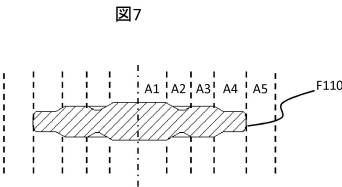
【図 6】

図6

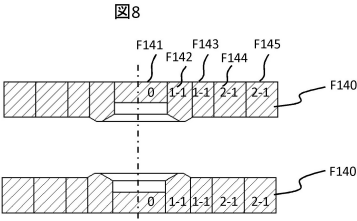
部分金型番号	機能
0	加圧なし
1-1	目標形状の転写
2-1	素材径の拡大(平坦金型)
2-2	素材径の拡大(テーパ金型)
3	径方向への変形拘束

10

【図 7】

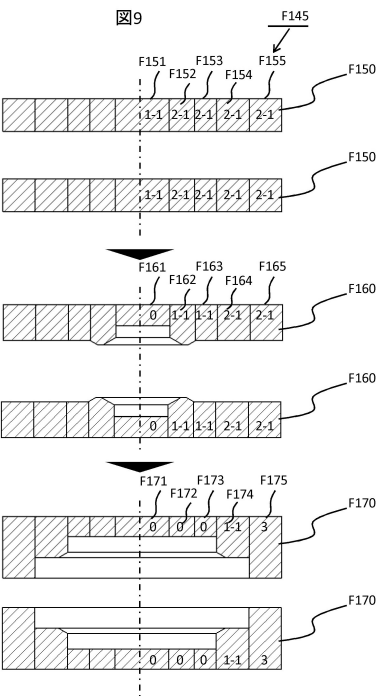


【図 8】

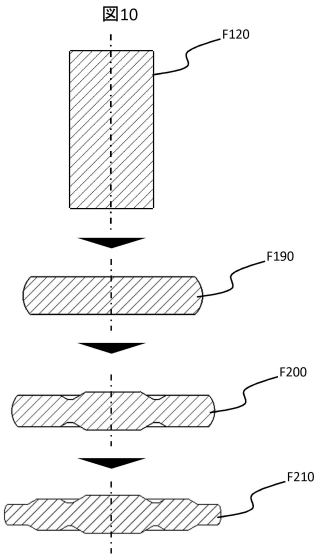


20

【図 9】



【図 10】

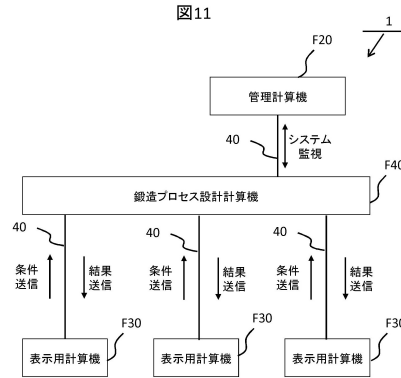


30

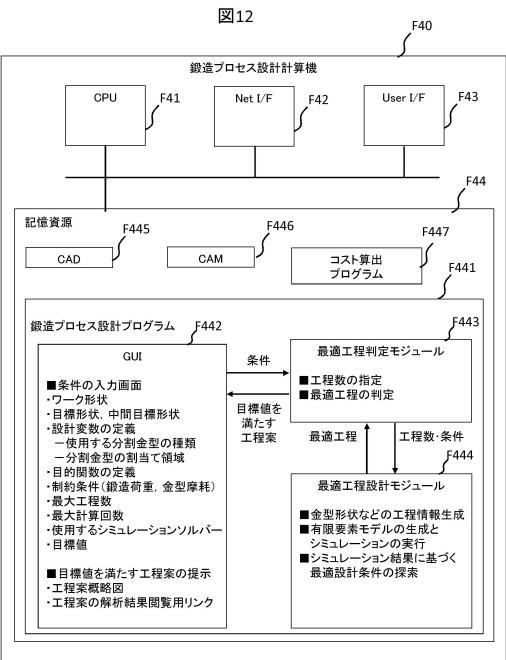
40

50

【図 1 1】



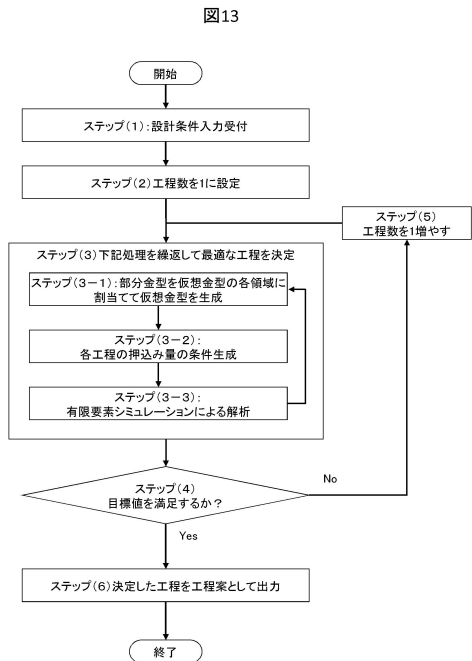
【図 1 2】



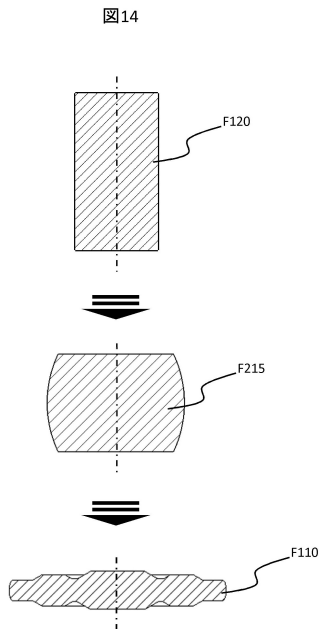
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

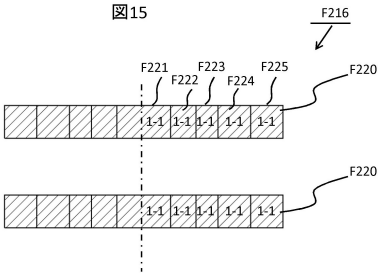


30

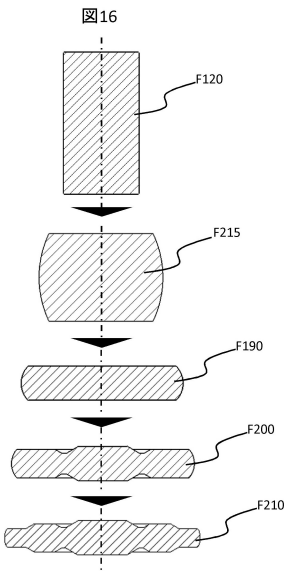
40

50

【図 15】

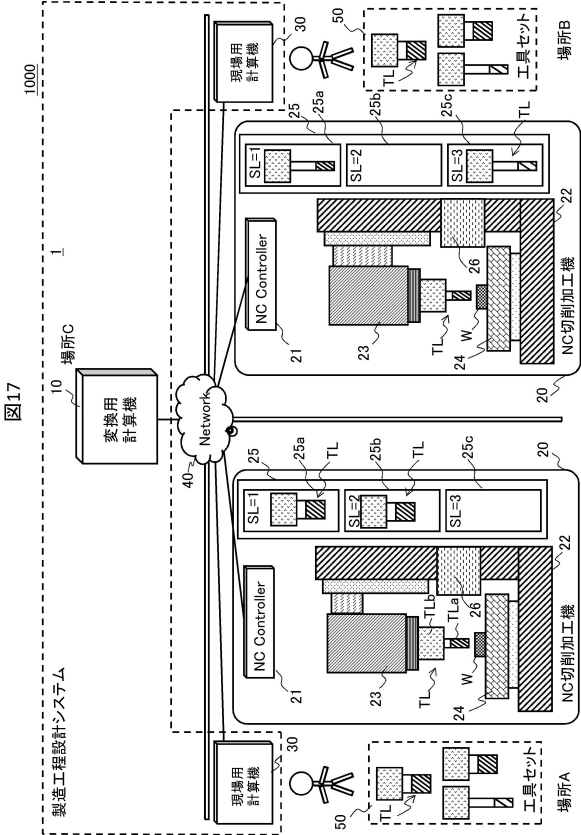


【図 16】

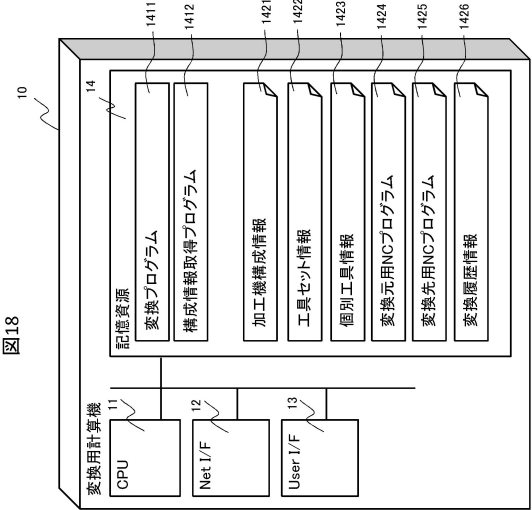


10

【図 17】



【図 18】



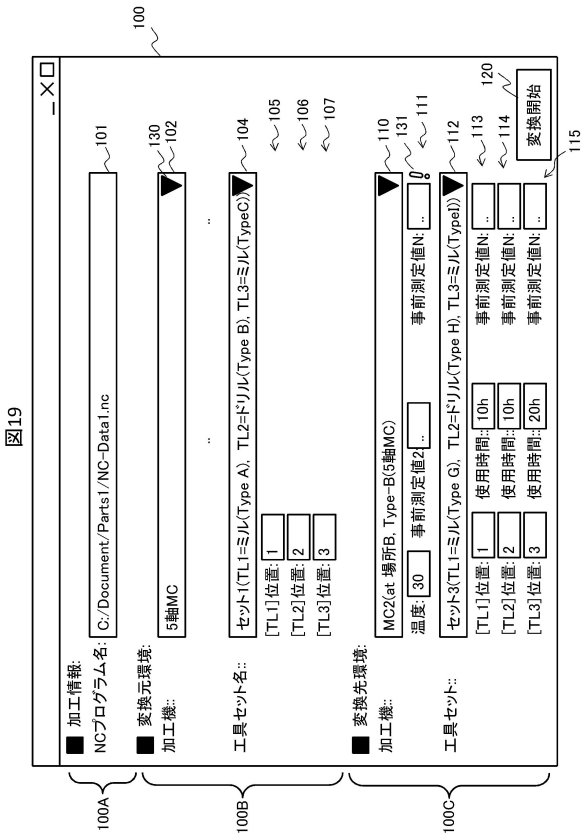
20

30

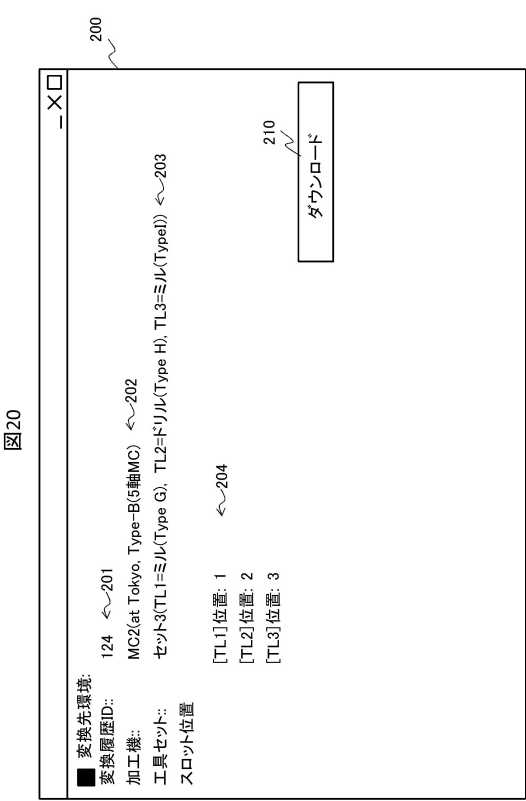
40

50

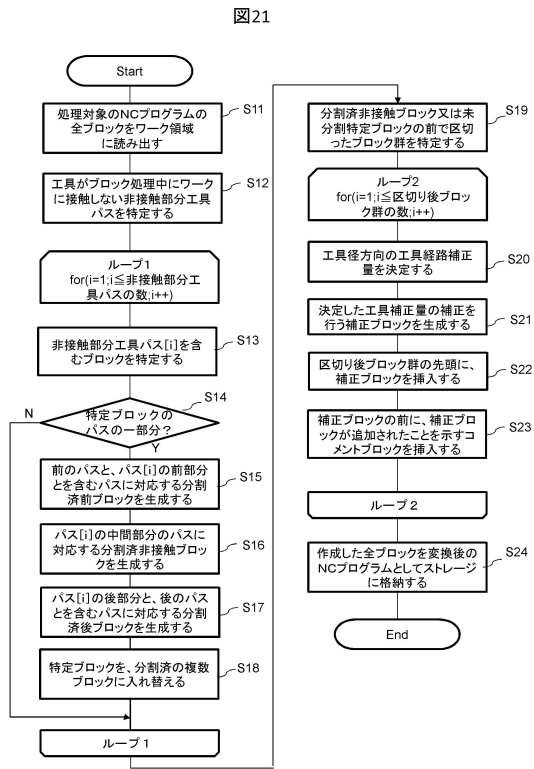
【図 19】



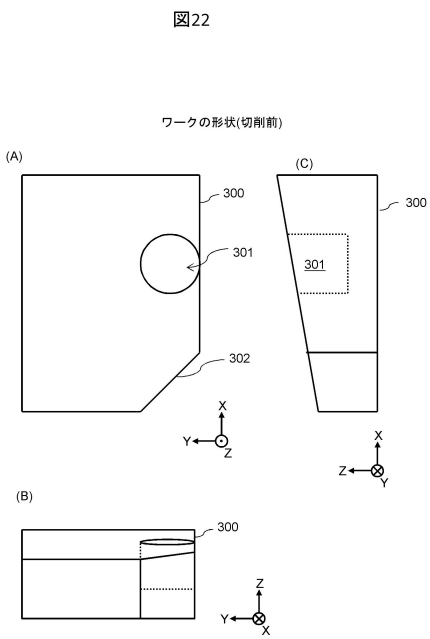
【図 20】



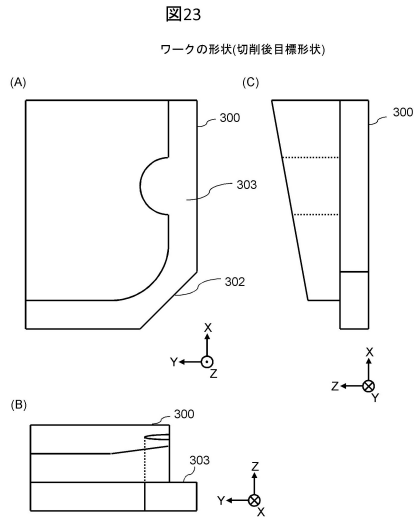
【図 21】



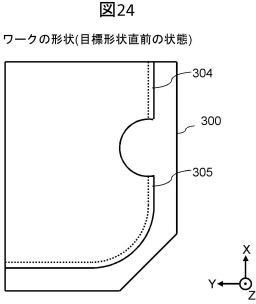
【図 22】



【図 2 3】

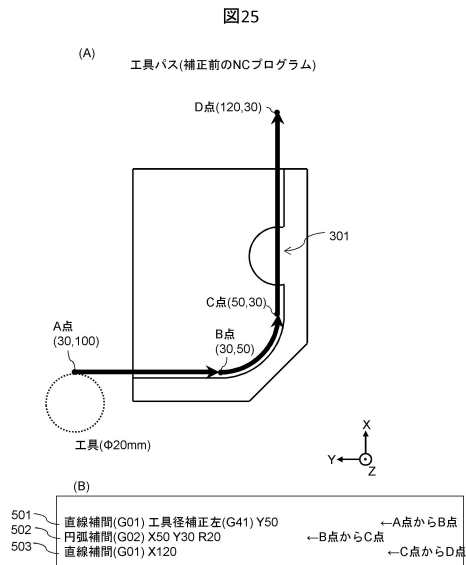


【図 2 4】

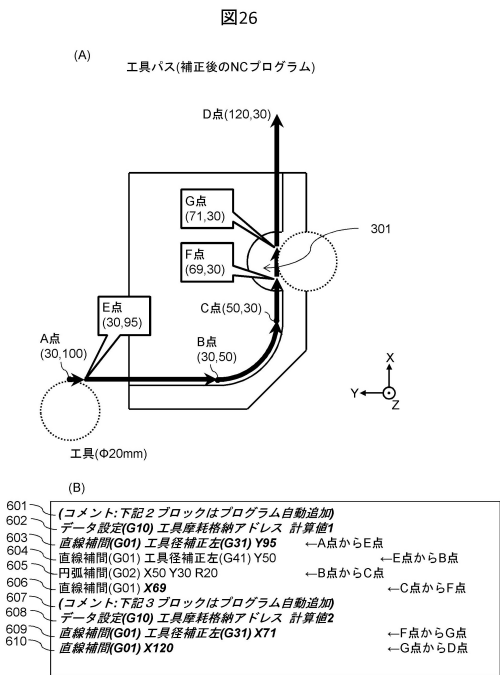


10

【図 2 5】



【図 2 6】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 内海 幸治
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 河野 一平
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 小林 康彦
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- 審査官 亀田 貴志
- (56)参考文献 特開2016-071498 (JP, A)
特開2008-110398 (JP, A)
特表2016-536672 (JP, A)
特表平11-505646 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G05B 19/18 - 19/46
B21J 5/00
B23Q 37/00 - 41/08