

明 細 書

加工処理装置

技術分野

本発明は、未加工ワークを投入し、最終的な製品の加工形状に関するデータ（以下、加工形状データと記載する）を入力することにより、未加工ワークが前記加工形状データに基づき加工され、目的とする加工製品を得ることができる工作機械の制御装置及びこの制御装置と工作機械とを具備する加工装置に関する。

背景技術

従来、NC工作機械で製品を加工する場合、まず、目的とする加工製品の形状を表した図面が作成される。プログラマは、その図面から加工工程を決定し、手動または自動プログラミング装置でNCプログラムを作成する。オペレータは、そのNCプログラムをNC工作機械に入力すると共に、加工すべき未加工ワークを手動またはワーク自動交換装置でNC工作機械に装着する。そして使用工具のプリセットと工具オフセット量の設定を行い、NC工作機械の工具マガジンに使用工具を装着する。その後、NCプログラムを実行することによりワークが加工され製品が製作される。これらの工程を可及的に自動化し、かつ、プログラマやオペレータが蓄積しているノウハウを加工に反映させるために種々の発明がなされてきた。

まず、第1の従来技術として、特開平4-315550号公報に開示された自動プログラミング装置がある。これは、ワークの加工形状を表すデータから加工形状を抽出する形状認識手段と、加工されるワークの加工形状について、最適な加工条件が格納されている

加工条件記憶手段と、前記形状認識手段からの出力に基づいて、前記加工条件記憶手段に格納されている最適な加工条件を自動的に設定する自動加工条件設定手段とを備えている。これにより、オペレータが加工条件を設定することなく自動的に設定可能となり、オペレータの人的過誤が排除され良好な加工が行え、さらに、オペレータの負荷が軽減され、かつ、作業時間も短縮されるものである。

第2の従来技術として、特開平4-138504号公報に開示された加工システムがある。このシステムでは、素材、表面あらさ、寸法精度などのワークに関するデータを予め記憶し、第1のニューラルネットワークにより加工条件が決定される。この加工条件は、オペレータが修正することもできる。そして、実際に加工された後、加工結果に基づき加工条件を修正して修正加工条件を求めると共に、第1のニューラルネットワークの重みを修正する学習手段を備えている。さらに、加工中に発生する火花、音、力などを検出するセンサを有しており、このセンサからの入力データを時系列データとして第2のニューラルネットワークに入力し、ある時点での加工状況を所定の時間幅で平均化して把握し、加工条件を動的に修正する適応制御手段を具備している。こうして熟練作業でなくとも最適な加工条件で加工を行うことを可能としたものである。

第3の従来技術として、特開平9-26811号公報に開示された数値制御を用いた加工方法がある。これは、各種情報ファイルの登録、加工図形のデータの入力、仕上図形の処理、パターン認識及び加工プロセスの決定処理に基づいて、簡素化されたデータ入力により、加工プロセスや工作機械を最適に選択し、生産効率の高い加工領域、加工手順を設定し、入力図形に最適な工具や加工条件、工具経路を決定し、加工後の測定及び補正により、生産効率を高めると共に、加工精度を高めようとするものである。

加工すべき製品の形状データから工具経路を自動生成する技術は周知であり、これに種々の加工条件を付加することによりNCプログラムが自動的に作成可能となる。第1の従来技術による発明は、加工すべき製品の形状データに基づいて、この加工条件をデータベースから所定のアルゴリズムに従って選択するようにしたものである。これは、いわば静的な加工条件である。これに対して、第2の従来技術による発明は、刻々の加工状態をセンサで検出し、検出結果に基づいて設定した加工条件をニューラルネットワークの学習機能を用いて適応制御し、刻々の加工状態に応じた動的な加工条件を求めるようにしたものである。第1と第2の従来技術は、加工条件の自動決定に重点を置いている。

第3の従来技術は、オペレータがデータ入力することにより、第1と第2の従来技術と同様な技術を用いて加工条件を自動決定し、さらに、工具及び工具経路の自動決定、加工後の測定及び補正の技術を組合せ、目的とする製品を無人で加工する発明である。

然しながら、これらの従来技術は、加工状態をフィードバックして補正する方法にて高い精度と生産効率を確保するという技術思想であるが、加工状態を予測して、その予測結果に基づいて工具経路や加工条件を決定し、より高精度、高効率な加工を実現するものではない。

発明の開示

本発明の目的は、加工すべき製品の形状データと未加工ワークに関するデータとを入力するのみで要求精度に合致した加工が高効率を以て実行され、目的とする製品を自動的に加工できるようにした工作機械の制御装置及びこの制御装置と工作機械とを備えた加工装置を提供するものである。

また、本発明の他の目的は、加工状態を予測して、予測した加工状態に合致するように工具経路、加工条件を自動的に決定して、高精度な加工を高速にて実行可能な工作機械の制御装置及びこの制御装置と工作機械とを備えた加工装置を提供するものである。

本発明は、加工形状データを入力してワークを加工する工作機械の制御装置であって、最終的なワークの形状に関する加工形状データ、加工前のワークの材質、形状に関するワークデータを入力する入力手段と、前記ワークを加工する前記工作機械の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械が保有する工具の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも1つを格納するデータ格納手段と、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成すると共に、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する工具経路決定手段と、を具備して構成される工作機械の制御装置を要旨とする。

さらに本発明の他の構成によれば、加工形状データを入力してワークを加工する加工装置であって、前記ワークを加工する工作機械と、最終的なワークの形状に関する加工形状データ、加工前のワークの材質、形状に関するワークデータを入力する入力手段と、前記ワークを加工する前記工作機械の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械が保有する工具の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも1つを格納するデータ格納手段と、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも加工負荷、または工具とワークとの干渉を予測する予測演算手段と、前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決

定する加工工程決定手段と、前記加工工程決定手段により選択、決定された工具、加工パターン及び加工工程、前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成すると共に、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する工具経路決定手段と、前記工具経路決定手段により生成、決定された工具経路及び加工条件から前記工作機械の動作を制御する数値制御手段と、を具備して構成される加工装置が提供される。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明実施形態による工作機械の制御装置のブロック図である。

図 2 は、データベースのブロック図である。

図 3 は、工具経路決定部のブロック図である。

図 4 は、加工工程決定部のフローチャートである。

図 5 A から図 5 H は加工パターンの種類を示す略図である。

図 6 は、予測演算部のブロック図である。

図 7 A、7 B は加工領域の決定方法を説明するための略図である。

図 8 A、8 B は本発明の効果を説明するための略図であり、図 8 A は入力される加工形状データに基づく図面形状であり、図 8 B は本発明の制御装置を用いて加工した場合と、従来技術とを比較する図である。

発明を実施する最良の態様

本発明の実施形態を添付図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明実施形態による工作機械の制御装置 100 のブロック図である。

制御装置 100 は、入力部 1、データベース 3、工具経路決定部 5、予測演算部 7 を主要な構成要素として含んでいる。詳細には図示されていないが、制御装置 100 は、CPU、RAM、ROM、入出力インターフェース、データ記憶装置及びこれらを相互接続する双方向バスにより構成することができる。

オペレータは、入力部 1 から目的とする加工製品の加工形状データ 1a を入力する。この加工形状データ 1a は、例えば CAD データ等の電子化された図形情報とすることができる。また、加工形状データ 1a には、加工精度や表面あらさ等に関するデータが含まれている。

入力部 1 には、さらに、当該製品を加工する未加工ワークの形状、材質に関するデータであるワークデータ 1b が入力される。ワークデータ 1b は、未加工ワークを工作機械 11 に装着、固定するための取付具やパレット等の治具の寸法、形状、工作機械 11 上での取付位置、及び治具への未加工ワークの取付位置に関するデータをも含んでいる。なお、入力部 1 は、キーボードのみならず、フロッピディスクや光磁気ディスク等の情報媒体及びその駆動装置、さらには、上記データを格納したネットワークとのインタフェース装置等を含んでいる。

入力部 1 から入力されたデータは、データ格納手段としてのデータベース 3 に格納される。データベース 3 は、機械データベース 3a、工具／ホルダデータベース 3b、加工条件データベース 3c、材料データベース 3d、NC／サーボデータベース 3e、入力データベース 3f を含んでいる。データベース 3 は、例えばハードディスク装置や光ディスク装置等のデータ格納装置により構成すること

ができる。また、データベース 3 内の機械データベース 3 a、工具／ホルダデータベース 3 b、加工条件データベース 3 c、材料データベース 3 d、NC／サーボデータベース 3 e、入力データベース 3 f の各々は、個別のデータ格納装置により構成しても或いは 1 つのデータ格納装置内を複数の領域に区切って、各データベース 3 a ～ 3 f としてもよい。

図 2 を参照すると、機械データベース 3 a に格納されるデータには、工作機械 1 1 の各送り軸のストローク、主軸最高回転速度、最大送り速度、温度に対する機械の変形特性に関するデータ、ワークの重量による機械の変形特性に関するデータ等が含まれる。工具／ホルダデータベース 3 b に格納されるデータには、工具の管理番号、工具及び工具ホルダの寸法、形状、工具の材質、工具寿命、工具の負荷に対する倒れ特性、及び振れ特性に関するデータ、主軸先端部の寸法、形状等が含まれる。加工条件データベース 3 c に格納されるデータには、1 刃当たりの送り量、切込量、ピックフィード量、クーラント使用の有無、加工パターン、加工面を複数の加工領域に区分するための領域区分データ、ある加工面を加工する最適な工具を選択するための基礎データ等が含まれる。材料データベース 3 d に格納されるデータには、材料の種類、硬さ、引張強さ、弾性係数等が含まれる。NC／サーボデータベース 3 e に格納されるデータには、数値制御装置の諸元、設定パラメータ、サーボの時定数、ゲイン等が含まれる。入力データベース 3 f には、入力部 1 から入力された加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b が格納される。

ここで、データベース 3 に格納されるデータは、オペレータが任意に入力するデータ、工作機械 1 1 に既に登録されているデータ、所定の記憶手段にあらかじめ記憶されたデータのうち少なくとも 1 つであればよい。

図 3、4 を参照して、工具経路決定部 5 を説明する。

工具経路決定部 5 は、以下に詳細に説明する加工工程決定部 5 a、工具経路生成部 5 b、加工条件決定部 5 c、及び補正部 5 d を含んで成る。

先ず、入力データベース 3 f に格納されている加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b が加工工程決定部 5 a に送られる（ステップ S 1 1）。このデータに基づいて、加工工程決定部 5 a は、未加工ワークおよび最終的に製作されるワークの加工面の形状を認識する。次いで、加工工程決定部 5 a は加工条件データベース 3 c 内に格納されている領域区分データと認識した加工面の形状に基づいて、加工表面の曲率、傾斜角度及び深さ等を表面パラメータとして、加工表面を複数の加工領域に区分する（ステップ S 1 3）。次いで、加工工程決定部 5 a は、前記加工領域の各々の表面パラメータに対応させて、当該加工領域を加工するために最適な工具及び加工パターンを、加工条件データベース 3 c 内に格納されている加工面を加工する最適な工具を選択するための基礎データ及び加工パターンから選択する（ステップ S 1 5）。例えば、急傾斜面をスキャンパスで加工すると、工具に過負荷がかかったり、異常振動が発生したりする。これを防止するために、急傾斜面では等高線加工パスが選択される。また、このとき、加工条件データベース 3 c からクーラント供給の要否に関するデータも導入される。次いで、各々の加工領域を加工する加工順序が決定される（ステップ S 1 7）。

図 5 A から図 5 H に加工パターンの例を示す。図 5 A はスキャン（走査）加工パスであり、図 5 B は等高輪郭加工パスである。図 5 C はワークが存在している部位のみを加工領域として切削効率の向上を図るスキャン（走査）加工パス、いわゆるキャラクタライン加工パス、図 5 D は O を中心とする放射加工パスである。

図 5 E は鋳物等、仕上形状からほぼ一定量の取り代があるワークでその形状の法線方向に一定量ずつ追い込んでいく、例えばワークをオフセットしていくことで繰り狭めていくような等高輪郭加工パス、図 5 F は鋳物等、仕上形状からほぼ一定量の取り代があるワークでその形状の法線方向に一定量ずつ追い込んでいくスキャン（走査）加工パスである。

図 5 G はワークが存在している部位のみを加工領域として、例えばワークが存在している部位から加工を開始したり、ワークが加工すべき加工形状に近くなった場合にピックフィード量を小さくする等して、切削効率の向上を図る等高線加工パス、図 5 H は加工領域の境界部を隣の加工領域と自動的にオーバーラップさせ、オーバーラップ部分をスムーズに工具をリトラクトさせることで境界部の段差を防止する、例えば加工領域における所定距離離れている退避位置から前記加工領域に向かい、使用する工具径での工具経路より所定量だけ法線方向に離れた位置から工具の移動を開始し、前記加工領域では使用する工具径での工具経路に一致するよう前記工具を移動させ、前記加工領域の加工を行う加工パスである。これらの加工パターンは、蓄積されたノウハウを反映させて、加工領域の曲率、傾斜角度、深さ等の表面パラメータと対応させて加工パターンが選択できるようにデータベース 3 に格納されている。また、図示する加工パターンは、一例であって本発明を限定する趣旨ではない。

加工工程決定部 5 a にて決定された加工領域、工具、加工パターン、加工順序に関するデータが工具経路生成部 5 b に送られる。工具経路生成部 5 b は、この加工領域、工具、加工パターンに関するデータと、入力データベース 3 f に格納されているワークデータ 1 b、特に未加工ワークの材料データと、材料データベース 3 d に格納されている材料の種類、引張強さ、弾性係数に関するデータとに

対応させて、加工条件データベース 3 c に格納されている 1 刃当たりの送り量、切込み量、ピックフィード量のデータ群から当該ワークを加工するために最適な値を決定すると共に、工具パス及びピックフィードパスを生成する。工具パス及びピックフィードパスの生成は、加工条件データベース 3 c に格納されている演算式により行われる。

ここで、加工工程決定部 5 a で工具、加工パターン及び加工工程を選択、決定せずに、オペレータが任意に工具、加工パターン及び加工工程を入力するようにしてもよい。

次いで、加工条件決定部 5 c が工具経路生成部 5 b からの演算結果に基づいて、1 刃当たりの送り量、切込み量、ピックフィード量から工作機械 1 1 の主軸回転速度、送り速度を決定すると共に、各加工工程毎の工具交換指令、後述するセンサ部 1 3 による測定工程の挿入に関する指令を数値制御部 9 に発生する。

補正部 5 d は、後述する予測演算部 7 からの予測演算結果に基づき、工具経路生成部 5 b または加工工程決定部 5 a へ補正指令を発生する。

ここで、加工条件決定部 5 c で加工条件を決定せずに、オペレータが任意に入力した加工条件、所定の記憶手段にあらかじめ記憶された加工条件を利用してもよい。

数値制御部 9 は、一般的に周知の NC 装置 9 a と、サーボモータ、アンプを含むサーボシステム 9 b とを具備しており、工作機械 1 1 の軸送り及び主軸の回転を制御する。つまり、NC 装置 9 a は周知の通り、工具経路データ及び加工条件データから X、Y、Z の各送り軸の移動指令を生成すると共に、工作機械 1 1 の主軸の起動、停止、クーラントの ON/OFF、自動工具交換、自動パレット交換等の動作指令を発する。サーボシステム 9 b は NC 装置 4 1 から

移動指令を受け取り、送り軸のサーボモータを制御する。こうして、数値制御部 9 により工作機械 11 が制御される。

工作機械 11 は、例えば自動工具交換装置を備えたマシニングセンタなどの一般的に周知の工作機械である。工作機械 11 には、工作機械 11 のコラムやベッドなどの機体各部の温度、クーラントの温度、工作機械 11 が設置されている環境温度を測定するためのサーミスタ等の温度センサおよび工作機械 11 のモータに供給される電流値を測定する電流計等を含む機械センサ、工作機械 11 に装着されている工具の工具長、工具径、工具先端形状等を測定するための工具センサ、及び、加工されているワークの形状を実際に測定するワークセンサを含むセンサ部 13 が設けられている。センサ部 13 で測定された値は後述する予測演算部 7 へ送られる。さらに、センサ部 13 の工具センサで測定された工具径、工具長、回転中の工具の振れ、中心位置変動等はデータ補正部 15 を介してデータベース 3 の工具／ホルダデータベース 3b に送られ、データベース 3 の内容、特に、工具の摩耗特性、工具寿命、工具の振れ特性が補正、更新される。

また、センサ部 13 の機械センサの温度センサで測定された機体各部の温度、クーラントの温度、環境温度等はデータ補正部 15 を介してデータベース 3 の機械データベース 3a に送られ、機械データベース 3a の該当部が補正、更新される。さらに、センサ部 13 のワークセンサで測定された加工誤差から工作機械 11 の動作時の位置決め誤差を演算し、データ補正部 15 を介してデータベース 3 の機械データベース 3a に送り、機械データベース 3a の該当部を補正、更新するようにしてもよい。センサ部 13 のワークセンサで測定された加工誤差を工具経路決定部 5 の補正部 5d へ送り、ここで加工誤差データから補正データを生成し、工具経路生成部 5b で

補正工具経路を生成して再加工することもできる。

次に、図 6 を参照して予測演算部 7 を説明する。

予測演算部は、加工状態シミュレーション部 7 a、機械挙動シミュレーション部 7 b、ワークシミュレーション部 7 c、工具挙動シミュレーション部 7 d を主要な構成要素として具備している。

加工状態シミュレーション部 7 a は、入力データベース 3 f から加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b を受け取り、工具／ホルダデータベース 3 b から、加工工程決定部 5 a にて決定された工具及び工具ホルダの寸法、形状、主軸先端部の形状、寸法を受け取る。さらに、加工状態シミュレーション部 7 a は、工具経路生成部 5 b で決定、演算された 1 刃当たりの送り量、切込み量、ピックフィード量、工具パス及びピックフィードパスを受け取り、かつ、加工条件決定部 5 c で決定された主軸回転速度、送り速度を受け取る。

加工状態シミュレーション部 7 a は、加工に先立って、つまり、一番最初に工具経路決定部 5 が工具パス等を生成する際に、加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b と、工具、工具ホルダ及び主軸先端部の形状、寸法と、工具パスと、ピックフィードパスとから工具、工具ホルダ、主軸先端部とワークとが、加工中に干渉するか否かを予測する。ある加工領域での加工中に干渉が生じることが予測される場合には、加工状態シミュレーション部 7 a は加工工程決定部 5 a に対して、当該加工領域を加工不可領域とするように指令する。このとき、当該加工不可領域を他の工具により加工可能である場合または加工不可領域の加工パターンを変更できる場合には、加工工程決定部 5 a は、工具または加工パターンを変更して加工領域、工具、加工パターン、加工順序を決定し直し、工具経路決定部 5 に送出する。そして、上記手順が繰り返される。工具や加工パターンが変更できない場合には、加工工程決定部 5 a は、当該加工不可

領域を加工工程から外した加工順序を工具経路決定部 5 に送出する。

図 7 A、7 B を参照して加工領域の決定方法の一例を説明する。ある工具に対して干渉の発生しない領域 2 1 a が加工状態シミュレーション部 7 a により予測演算された場合に、当該工具で加工可能な領域、例えば面傾斜角度が 6 6 度以下の領域が 2 1 b の領域で示されるような場合（図 7 A）、両者の重なり合う部分が加工領域 2 1 c として決定される（図 7 B）。

加工工程決定部 5 a は、図 7 A、7 B に示す方法と同様に、工具とワークとの干渉チェックにより決定された加工領域、または入力部 1 から入力した加工形状データ 1 a に対して任意に決定した工具とワークとの干渉チェックにより決定された加工領域と、入力部 1 から入力した加工形状データ 1 a の面傾斜角度、面の曲率、深さに基づき決定された加工領域との重複領域を加工すべき範囲とすることもできる。

加工状態シミュレーション部 7 a は、さらに、加工が開始された後にも同様の干渉チェックをリアルタイムで実行している。その結果、工具とワークの干渉が予測される場合には、その旨のデータを工具経路生成部 5 b に送出する。工具経路生成部 5 b は、この干渉を避ける工具経路、例えば Z 軸方向に逃げる干渉回避加工パスを演算、生成する。

また、加工状態シミュレーション部 7 a は、実際に加工が行われている間、加工形状データ 1 a、ワークデータ 1 b、加工パターン、工具パスに関するデータに基づき、加工が進捗するワークにおける入隅部（インコーナ部）を予測する。この予測結果は加工条件決定部 5 c へ送出され、加工条件決定部 5 c が、前記入隅部（インコーナ部）で工具の送り速度を減速させる加工条件を生成する。

さらに、加工状態シミュレーション部 7 a は、ワークデータ 1 b と、工具経路生成部 5 b で決定、演算された 1 刃当たりの送り量、切込み量、ピックフィード量、工具パスと、加工条件決定部 5 c で決定された主軸回転速度、送り速度から加工負荷を予測演算する。さらに、加工状態シミュレーション部 7 a は、加工形状データ 1 a と、ワークデータ 1 b と、加工工程決定部 5 a で決定された工具、工具ホルダ及び主軸先端部の形状、寸法と、工具経路生成部 5 b で決定、演算されたピックフィード量、工具パスから、加工中のワークの現時点の形状を予測すると共に、工具とワークとの接触点、ワークの重量を予測する。

また、加工状態シミュレーション部 7 a は、予想されるワークの重量変化と加工条件決定部 5 c で決定された加工条件とに基づきワークの負荷イナーシャを予測する。この予測される負荷イナーシャは数値制御部 9 へ送られ、数値制御部 9 のサーボシステム 9 b のパラメータが補正される。

工具とワークとの接触点の予測に基づいて、例えば、工具がある工具パスを移動中にワークを切削していない、いわゆるエアカットが生じることが予測される場合、加工状態シミュレーション部 7 a は、その旨のデータを加工条件決定部 5 c に送出する。これにより、加工条件決定部 5 c は、エアカットが予測される領域を通過する工具パスに沿って工具移動する際、最大送り速度で移動するよう数値制御部 9 に指令を出すことが可能となる。

機械挙動シミュレーション部 7 b は、機械データベース 3 a に格納されている温度に対する機械の熱変形特性に関するデータと、センサ部 1 3 の温度センサからの温度データに基づき工作機械 1 1 の熱変形を予測する。また、加工状態シミュレーション部 7 a で予測演算されたワークの重量データ及び機械データベース 3 a に格納さ

れているワークの重量による機械の変形特性に関するデータに基づき、工作機械 11 のワークの重量による変形を予測する。

ワークシミュレーション部 7 c は、入力データベース 3 f から加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b を受け取り、工具／ホルダデータベース 3 b から、加工工程決定部 5 a にて決定された工具及び工具ホルダの寸法、形状、主軸先端部の形状、寸法を受け取る。さらに、ワークシミュレーション部 7 c は、工具経路決定部 5 b で決定、演算された 1 刃当たりの送り量、切込み量、ピックフィード量、工具パス及びピックフィードパスを受け取り、かつ、加工条件決定部 5 c で決定された主軸回転速度、送り速度を受け取る。そして、ワークシミュレーション部 7 c は、受け取ったデータベースに基づき加工が進捗する刻々のワークの中間形状を予測演算し、その予測演算結果を加工状態シミュレーション部 7 a、機械挙動シミュレーション部 7 b へ送る。

工具挙動シミュレーション部 7 d は、加工状態シミュレーション部 7 a で予測される加工負荷、工具／ホルダデータベース 3 b に格納されている工具の負荷に対する倒れ及び振れ特性に関するデータから工具の倒れ量、振れ量を予測する。また、工具／ホルダデータベース 3 b に格納されている工具寿命に関するデータと、前記加工状態シミュレーション部 7 a で予測された加工負荷、加工接点、切込み量、加工時間から工具の摩耗量、摩耗分布を予測演算する。摩耗分布とは、例えばボールエンドミルの場合、先端が摩耗するのか、或いは、先端からどの位置で摩耗するのか、ストレート部か等の工具の摩耗部位を予測するものである。この摩耗の予測演算により、工具寿命に達したか否かの判断が行われる。さらに、センサ部 13 の工具センサによっても回転中の工具の形状（工具径、工具長、中心位置、姿勢など）の変化から予測値の修正が行われる。

また、工具挙動シミュレーション部 7 d において予測演算された工具の倒れ量は工具経路決定部 5 の補正部 5 d に送られ、予測される工具の倒れ量が所定値よりも大きいときには、工具の倒れを考慮した工具経路を生成するよう、工具経路生成部 5 b に送出する。例えば、ワークと工具とを水平方向に相対移動させるときに加工負荷が大きい場合には、工具は移動方向に対して前方に倒れるように変形するために主軸の座標位置よりも工具の先端位置が遅れて移動する。そのために、必要な加工を行うために主軸の工具の先端位置が所定の加工位置まで移動するように送り量を補正しなければならない。これにより、高精度な加工が可能となる。

次に、表示部 1 7 を説明する。表示部 1 7 は画像処理部 1 7 a と、CRT 等のモニタ 1 7 b とを具備している。表示部 1 7 は工具経路決定部 5 の加工工程決定部 5 a において決定された加工領域、加工パターン、工具の形状及び管理番号等を表示することができる。画像処理部 1 7 a は、加工工程決定部 5 a からの前記加工領域の曲率、傾斜角度、深さに関するデータを受け取り、各々の領域を色分けして三次元表示するためのデータを生成することができる。さらに、詳細には図 1 に示されていないが、データベース 3、予測演算部 7、数値制御部 9、センサ部 1 3 と接続されており、各々からの情報をグラフィック表示またはテキスト表示することができる。例えば表示部 1 7 は予測演算部 7 からのデータに基づき工具とワークとの干渉チェックの結果をグラフィック表示することができる。さらに、入力データベース 3 f に入力されている加工形状データ 1 a における加工精度のデータと、センサ部 1 3 において測定されたワークの形状測定データを比較して表示させてもよい。また、既述したように、ワークと工具との干渉を回避するための干渉回避加工パスにより、ワークの削り残された部分をグラフィック表示すること

もできる。

本発明の実施形態の作用について説明する。

まず、オペレータは入力部 1 から加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b をデータベース 3 に入力すると、入力した加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b と、データベース 3 に格納されている各データとに基づき、工具経路決定部 5 の加工工程決定部 5 a で加工領域、工具、加工パターン、及び加工工程が選択、決定される。次いで、工具経路決定部 5 の工具経路生成部 5 b で工具経路が、加工条件決定部 5 c で加工条件が決定される。このように生成、決定された工具経路、加工条件等の機械駆動データにより数値制御部 9 を介して工作機械 11 が駆動制御され、ワークの加工が行われ加工製品が完成する。

このとき、予測演算部 7 では、オペレータが入力部 1 から加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b と、データベース 3 に格納されている各データとに基づき、加工負荷、工具とワークとの干渉等の各種の予測演算が行われ、その予測演算結果が工具経路決定部 5 の加工工程決定部 5 a へ送られ、予測演算部 7 での予測演算結果に基づき工具、加工パターン、及び加工工程が決定される。同様に、予測演算部 7 での予測演算結果に基づき工具経路決定部 5 の工具経路生成部 5 b で工具経路が、加工条件決定部 5 c で加工条件が決定される。

このように本発明は、入力部 1 から入力した加工形状データ 1 a 及びワークデータ 1 b と、データベース 3 に格納されている各データとに基づき、予測演算部 7 で加工負荷、工具とワークとの干渉等の各種の予測演算が事前に行われるのである。つまり、従来はまず加工を行い、そのときの加工状態を検出してフィードバックして最適な制御を試みていたのに対して、本発明ではまず予測演算をして

、その予測演算結果でフィードフォワード制御して加工を行う。また、検出した加工状態をフィードバックしてフィードフォワード制御の精度を更に向上させるようにしている。よって、最適化される速度が従来より速くなり、高精度な加工をより速く遂行できる。

以上説明したように、本発明によれば、オペレータは加工すべき製品の形状データと、投入する未加工ワークの形状および材料に関するデータのみを入力することにより、要求精度に合致した加工が適切な工具、工具経路、加工条件で自動的に実行され、短時間で製品の加工が可能となる。

従来技術と本発明の比較例を図 8 A、8 B に示す。

図 8 A に示すような図面形状に基づく加工形状データが入力された場合に、従来技術では、工具の送り速度を高速のまま、例えば 16 m/min で加工すると、図 8 B において一点鎖線で示すように隅部がだれてしまうこと（参照番号 23 a、23 b で示す部分）、湾曲面の半径が小さくなってしまうこと（参照番号 23 c で示す部分）があった。さらに、従来技術では高速で工具を円周動作させたときに、参照番号 23 d で示すように真円度が低下したり、参照番号 23 E で示すように肉厚が厚くなる。従来技術でも工具の送りを低速にする、例えば 200 mm/min で加工すれば、参照番号 23 f、23 g で示すように高精度な加工が可能となる。これに対して本発明では、図 8 B において実線で示すように、工具の送り速度を高速に保ったまま加工してもこうしたことが生じない。これは、予測演算部 9 において、加工負荷の予測値の算出や、工具とワークとの干渉回避チェックが事前に行われ、かつ予めデータベース 3 に格納されている各種データベースを利用することにより初めて達成される。



請 求 の 範 囲

1. 加工形状データを入力してワークを加工する工作機械の制御装置であって、

最終的なワークの形状に関する加工形状データ、加工前のワークの材質、形状に関するワークデータを入力する入力手段と、

前記ワークを加工する前記工作機械の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械が保有する工具の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも1つを格納するデータ格納手段と、

前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成すると共に、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する工具経路決定手段と、

を具備して構成されることを特徴とした工作機械の制御装置。

2. 前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも加工負荷、または工具とワークとの干渉を予測する予測演算手段を更に具備して構成される請求項1に記載の工作機械の制御装置。

3. 前記データ格納手段に格納されるデータは、オペレータが任意に入力するデータ、前記工作機械に登録されているデータ、所定の記憶手段にあらかじめ記憶されたデータのうち少なくとも1つを含む請求項1に記載の工作機械の制御装置。

4. 前記工具経路決定手段は、工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決定する加工工程決定手段を含んで構成される請求項1に記載の工作機械の制御装置。

5. 前記加工工程決定手段で選択、決定される工具、加工パターン及び加工工程は、オペレータが任意に入力するデータでなる請求



項 4 に記載の工作機械の制御装置。

6. 前記工具経路決定手段は、工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決定する加工工程決定手段を含んで構成され、

前記加工工程決定手段は、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータ、及び前記予測演算手段による予測演算結果に基づき、工具、加工パターン及び加工工程を選択、決定する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

7. 前記工具経路決定手段で決定される加工条件は、オペレータが任意に入力するデータ、所定の記憶手段にあらかじめ記憶されたデータのうち少なくとも 1 つでなる請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

8. 前記工具経路決定手段は、前記データ格納手段に格納されたデータ、生成された工具経路、前記予測演算手段による予測演算結果、及び前記加工工程決定手段により選択、決定された工具、加工パターン及び加工工程に基づき、加工条件を決定する請求項 6 に記載の工作機械の制御装置。

9. 加工した製品の形状を測定する加工形状測定手段を更に具備し、測定結果を前記工具経路決定手段へフィードバックして、加工精度を改善するように工具経路を修正する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

10. 前記加工形状測定手段の測定結果に基づき、前記データ格納手段が格納する機械データの内容を更新し、前記予測演算手段における予測演算の精度を向上させる請求項 9 に記載の工作機械の制御装置。

11. モータの電流、工作機械の機体の温度等を検出する機械センサを更に具備し、検出結果を前記予測演算手段にフィードバック



する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

1 2. 前記工作機械に装着されている工具の寸法、形状を検出する工具センサを更に具備し、検出結果を前記予測演算手段にフィードバックする請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

1 3. モータの電流、工作機械の機体の温度等を検出する機械センサと前記工作機械に装着されている工具の寸法、形状を検出する工具センサとを更に具備し、検出結果を前記予測演算手段にフィードバックする請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

1 4. 前記機械センサまたは工具センサの検出データに基づき、前記データ格納手段が格納する機械データまたは工具データの内容を更新し、前記予測演算手段における予測演算の精度を向上させる請求項 1 3 に記載の工作機械の制御装置。

1 5. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力したワークデータ、前記データ格納手段のデータ、前記工具経路決定手段で生成、決定した工具経路及び加工条件に基づき、加工が進捗するワーク形状の予測を行うワークシミュレーション手段を具備する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

1 6. 前記予測演算手段は、前記データ格納手段のデータ及び前記機械センサの検出データに基づき、温度、送り軸の加速度、荷重移動等による工作機械の姿勢変化の予測を行う機械挙動シミュレーション手段を有する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

1 7. 前記予測演算手段の機械挙動シミュレーション手段は、加工中に実際に測定した前記工作機械の熱変形量、または前記機械センサの検出データに基づき予測演算した熱変形量を前記工具経路決定手段へ送出し、前記工作機械の熱変形量に起因する加工精度の低下が生じない工具経路を生成するよう指令する請求項 1 6 に記載の工作機械の制御装置。



18. 前記予測演算手段は、前記データ格納手段のデータ及び前記工具センサの検出データに基づき、回転中の工具の工具長、工具径、倒れ、刃先位置、工具摩耗等の予測を行う工具挙動シミュレーション手段を有する請求項2に記載の工作機械の制御装置。

19. 前記予測演算手段の工具挙動シミュレーション手段は、工具の倒れ、摩耗等を予測演算して前記予測演算結果を前記工具経路決定手段へ送出し、前記工具の倒れ、摩耗に起因する加工精度の低下が生じない工具経路を生成するよう指令する請求項18に記載の工作機械の制御装置。

20. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力したワークデータ、前記データ格納手段のデータ、前記工具経路決定手段で生成、決定した工具経路及び加工条件に基づき、加工が進捗するワーク形状の予測を行うワークシミュレーション手段と、

前記データ格納手段のデータ及び前記機械センサの検出データに基づき、温度、送り軸の加速度、荷重移動等による工作機械の姿勢変化の予測を行う機械挙動シミュレーション手段と、

前記データ格納手段のデータ及び前記工具センサの検出データに基づき、回転中の工具の工具長、工具径、倒れ、刃先位置、工具摩耗等の予測を行う工具挙動シミュレーション手段とを具備し、

各シミュレーション手段での予測演算結果を前記工具経路決定手段へ送出し、

前記工具経路決定手段は、前記予測演算結果に応じた工具経路及び加工条件を生成、決定する請求項13に記載の工作機械の制御装置。

21. 前記予測演算手段は、加工負荷の予測演算をして前記予測演算結果を前記工具経路生成手段へ送出し、前記工具経路決定手段が予測される加工負荷による工具の変形を低減する工具経路を生成



する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

2 2. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータに基づき、工具がワークを切削しない領域であるエアカット領域を予測し、前記工具経路決定手段が、前記エアカット領域にて最大送り速度で工具を移動させる加工条件を決定する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

2 3. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータに基づき、工具がワークを切削しない領域であるエアカット領域を予測し、前記工具経路生成手段が、前記エアカット領域をスキップさせる工具経路を生成する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

2 4. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータに基づき、加工が進捗するワークにおける入隅部を予測し、前記予測結果を前記工具経路決定手段へ送出し、前記入隅部で送り速度を減速させる加工条件を決定する請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

2 5. 前記工作機械が数値制御手段を具備しており、前記データ格納手段はワークの種々の材料に関する硬さ、引張強さ、及び弾性係数等の材料データを更に格納し、

前記予測演算手段は、加工が進捗するワーク形状データ、及び前記データ格納手段が格納する材料データに基づき、ワークの重量変化を予測し、予測されるワークの重量変化と前記工具経路決定手段で決定された加工条件とに基づき負荷イナーシャを予測し、予測される負荷イナーシャを前記数値制御手段へ送出し、前記数値制御手段がパラメータを補正する請求項 1 5 に記載の工作機械の制御装置。

2 6. 前記予測演算部は、現在行っている加工工程及び要求精度



を認識して、前記認識した加工工程及び要求精度を前記数値制御手段へ送出し、前記数値制御手段がパラメータを補正するよう指令する請求項 25 に記載の工作機械の制御装置。

27. 前記予測演算手段は、前記ワークシミュレーション手段における加工が進捗するワーク形状の予測結果に基づき、工具とワークとの干渉チェックを行う請求項 15 に記載の工作機械の制御装置。

28. 前記入力手段から入力されたワークデータ及び加工形状データに基づき選択された加工領域と前記加工領域を加工する工具とが決定された後に、前記予測演算手段は、前記加工領域における工具とワークとの干渉チェックを行い、工具とワークとの干渉を予測し、前記加工工程決定手段は、その干渉予測演算の結果、干渉が発生しないとき前記加工領域を加工可能領域とし、干渉が発生するとき前記加工領域を加工不可領域とする請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

29. 前記予測演算手段は、前記入力手段から入力した加工形状データに対して任意に決定した工具とワークとの干渉チェックを行い、工具とワークとの干渉チェックの結果、干渉が発生しない加工可能領域と干渉が発生する加工不可領域とを決定し、前記加工可能領域を加工すべき範囲とする請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

30. 前記加工工程決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データの面傾斜角度を認識して、面傾斜角度の違いに基づき加工領域を区分する請求項 4 に記載の工作機械の制御装置。

31. 更に、加工領域毎に色分け表示する表示手段を具備する請求項 30 に記載の工作機械の制御装置。

32. 前記加工工程決定手段は、前記入力手段から入力した加工



形状データの面の曲率を認識し、曲率の違いに基づき加工領域を区分する請求項 4 に記載の工作機械の制御装置。

3 3. 更に、加工領域毎に色分け表示する表示手段を具備する請求項 3 2 に記載の工作機械の制御装置。

3 4. 前記加工工程決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データの深さを認識し、深さの違いに基づき加工領域を区分する請求項 4 に記載の工作機械の制御装置。

3 5. 更に、加工領域毎に色分け表示する表示手段を具備する請求項 3 4 に記載の工作機械の制御装置。

3 6. 前記予測演算手段は、工具とワークとの干渉チェックにより決定された加工領域、または前記入力手段から入力した加工形状データに対して任意に決定した工具とワークとの干渉チェックにより決定された加工領域と、前記入力手段から入力した加工形状データの面傾斜角度、面の曲率、深さに基づき決定された加工領域との重複領域を加工すべき範囲とする請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

3 7. 前記加工工程決定手段は、前記予測演算手段における工具とワークとの干渉チェックの結果、決定した加工不可領域における工具が干渉する領域を表示するよう表示手段へ指令する請求項 6 に記載の工作機械の制御装置。

3 8. 前記加工工程決定手段は、前記予測演算手段における工具とワークとの干渉チェックの結果、決定した加工可能領域に加工すべき範囲を任意に設定し、前記設定した範囲を表示するよう表示手段へ指令する請求項 6 に記載の工作機械の制御装置。

3 9. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された等高加工パターンでワークが存在している領域のみを加工領域とする工具経路を生



成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

40. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された等高加工パターンでワークの法線方向に一定量ずつ追いついて行く工具経路を生成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

41. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された走査加工パターンでワークが存在している領域のみを加工領域とする工具経路を生成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

42. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された走査加工パターンでワークの法線方向に一定量ずつ追いついて行く工具経路を生成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

43. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された等高加工パターンでワークの隅部における工具の減速を防止する工具経路を生成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

44. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、選択された走査加工パターンでワークの隅部における工具の減速を防止する工具経路を生成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

45. 前記工具経路決定手段は、前記入力手段から入力した加工形状データ及びワークデータを認識し、加工領域における所定距離離れている退避位置から前記加工領域に向かい、使用する工具径での工具経路より所定量だけ法線方向に離れた位置から工具の移動を開始し、前記加工領域では使用する工具径での工具経路に一致するように前記工具を移動させ、前記加工領域の加工を行う工具経路を生



成する請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

46. 加工形状データを入力してワークを加工する加工装置であって、

前記ワークを加工する工作機械と、

最終的なワークの形状に関する加工形状データ、加工前のワークの材質、形状に関するワークデータを入力する入力手段と、

前記ワークを加工する前記工作機械の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械が保有する工具の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも 1 つを格納するデータ格納手段と、

前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも加工負荷、または工具とワークとの干渉を予測する予測演算手段と、

前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決定する加工工程決定手段と、

前記加工工程決定手段により選択、決定された工具、加工パターン及び加工工程、前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成すると共に、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する工具経路決定手段と、

前記工具経路決定手段により生成、決定された工具経路及び加工条件から前記工作機械の動作を制御する数値制御手段と、

を具備して構成されることを特徴とした加工装置。

47. ワークと加工形状データとを投入し、前記ワークが前記加工形状データに基づき所望形状に加工される工作機械の制御装置で



あって、

前記加工形状データ及び前記ワークの材質、形状等のワークデータを予め入力する入力手段と、

前記ワークを加工する前記工作機械の送り軸ストローク、主軸回転速度、送り速度等の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械を制御する数値制御装置の各種パラメータ等の制御データ、及び前記工作機械が保有する工具の種類、材質、寸法等の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも1つを格納するデータ格納手段と、

前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも加工負荷、工具とワークとの干渉、工具の加工接触点のうち少なくとも1つを予測する予測演算手段と、

前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、及び前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決定する加工工程決定手段と、

前記加工工程決定手段により選択、決定された工具、加工パターン及び加工工程、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータ、及び前記予測演算手段による予測演算結果に基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成する工具経路生成手段と、

前記工具経路生成手段により生成された工具経路、前記データ格納手段に格納されたデータ、及び前記予測演算手段による予測演算結果に基づき、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する加工条件決定手段と、

前記工具経路生成手段により生成された工具経路及び前記加工条件決定手段により決定された加工条件から前記工作機械の動作を制



御する数値制御手段と、

を具備して構成されることを特徴とした工作機械の制御装置。

48. ワークと加工形状データとを投入し、前記ワークが前記加工形状データに基づき所望形状に加工される加工装置であって、

前記ワークに加工を施し加工製品を出力する工作機械と、

前記加工形状データ及び前記ワークの材質、形状等のワークデータを予め入力する入力手段と、

前記ワークを加工する前記工作機械の送り軸ストローク、主軸回転速度、送り速度等の機械仕様を表す機械データ、前記工作機械を制御する数値制御装置の各種パラメータ等の制御データ、及び前記工作機械が保有する工具の種類、材質、寸法等の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも1つを格納するデータ格納手段と、

前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも加工負荷、工具とワークとの干渉、工具の加工接触点のうち少なくとも1つを予測する予測演算手段と、

前記予測演算手段による予測演算結果、前記入力手段により入力されたデータ、及び前記データ格納手段に格納されたデータに基づき、少なくとも工具及び加工パターンを選択するとともに、加工工程を決定する加工工程決定手段と、

前記加工工程決定手段により選択、決定された工具、加工パターン及び加工工程、前記入力手段により入力されたデータ、前記データ格納手段に格納されたデータ、及び前記予測演算手段による予測演算結果に基づき、前記ワークを加工する工具経路を生成する工具経路生成手段と、

前記工具経路生成手段により生成された工具経路、前記データ格納手段に格納されたデータ、及び前記予測演算手段による予測演算



結果に基づき、前記工作機械の主軸回転速度、送り速度等の前記ワークを加工する際の加工条件を決定する加工条件決定手段と、

前記工具経路生成手段により生成された工具経路及び前記加工条件決定手段により決定された加工条件から前記加工機械部の工作機械の動作を制御する数値制御手段と、

を具備して構成されることを特徴とした加工装置。

Fig.1

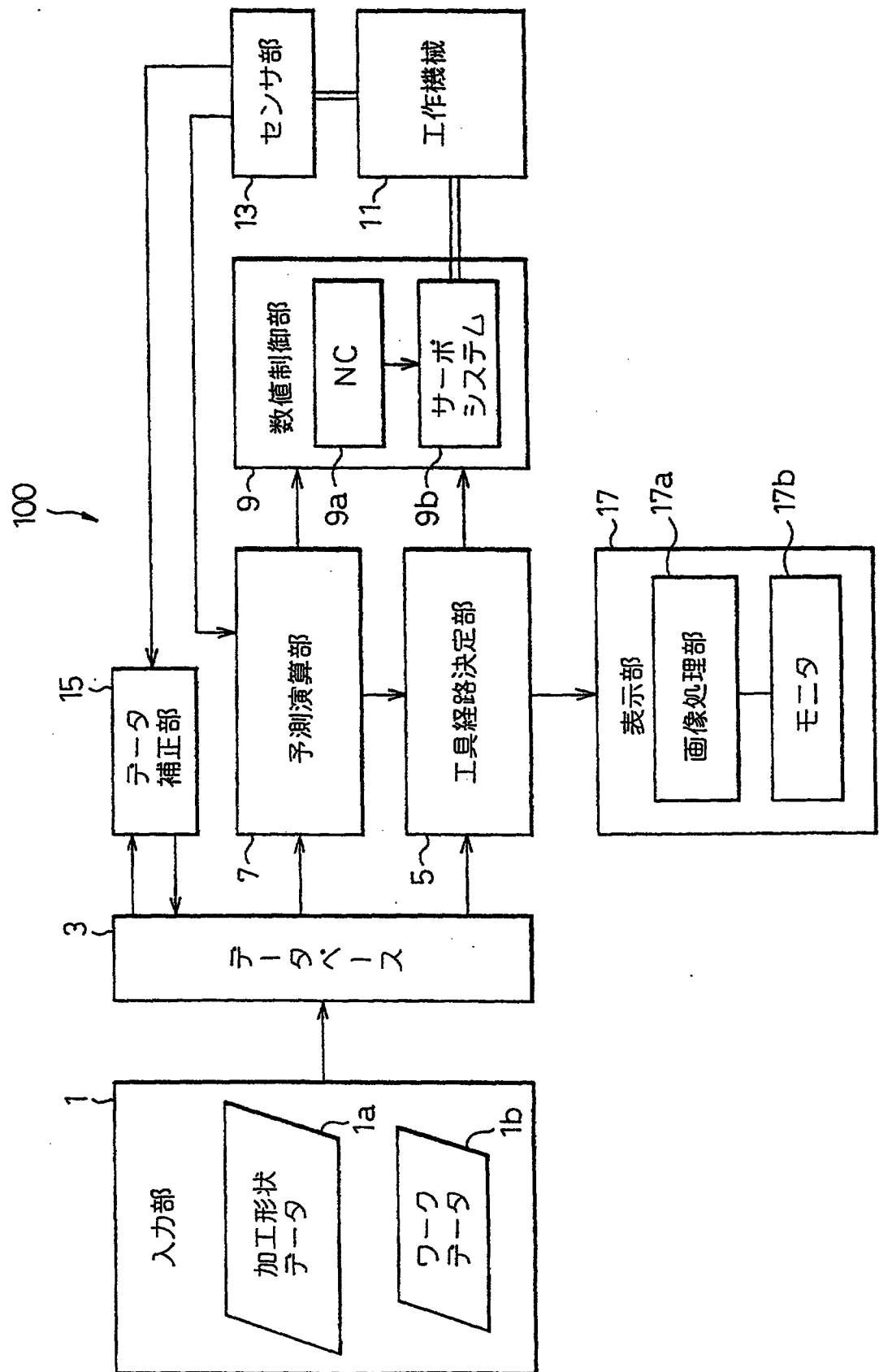


Fig.2

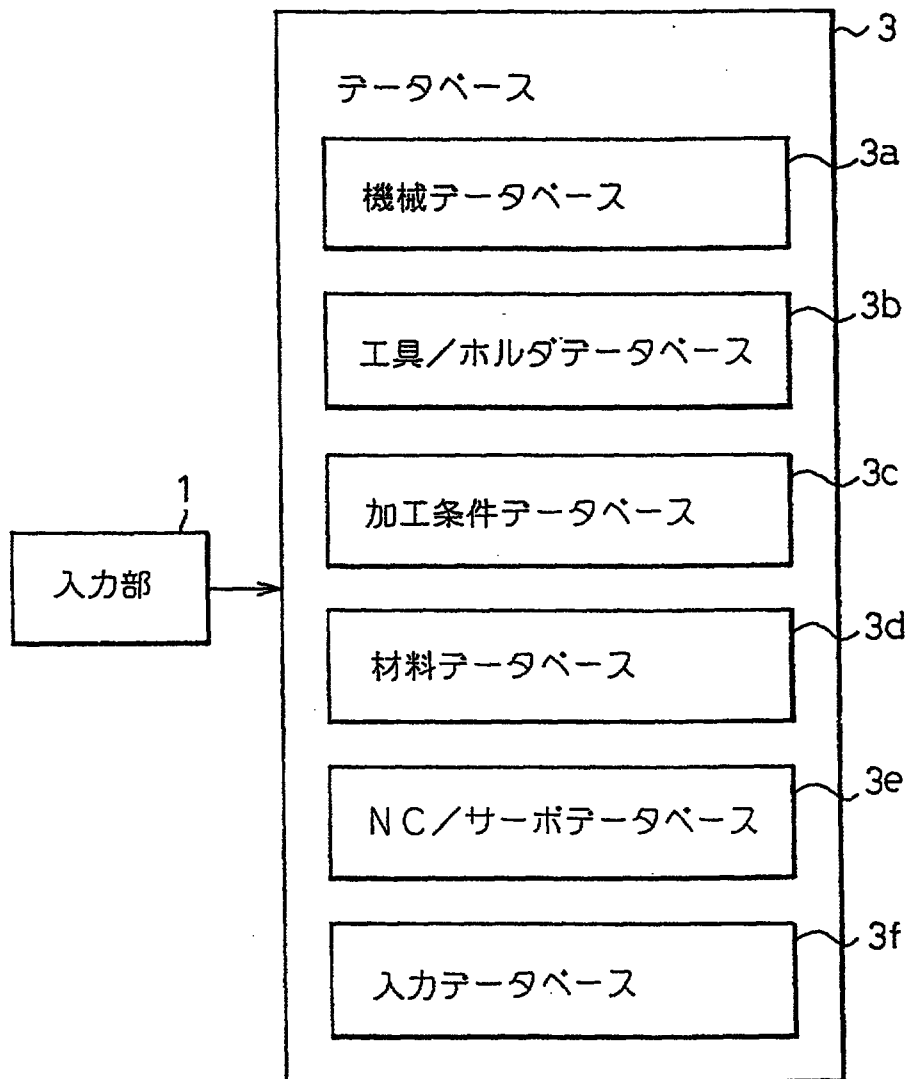


Fig.3

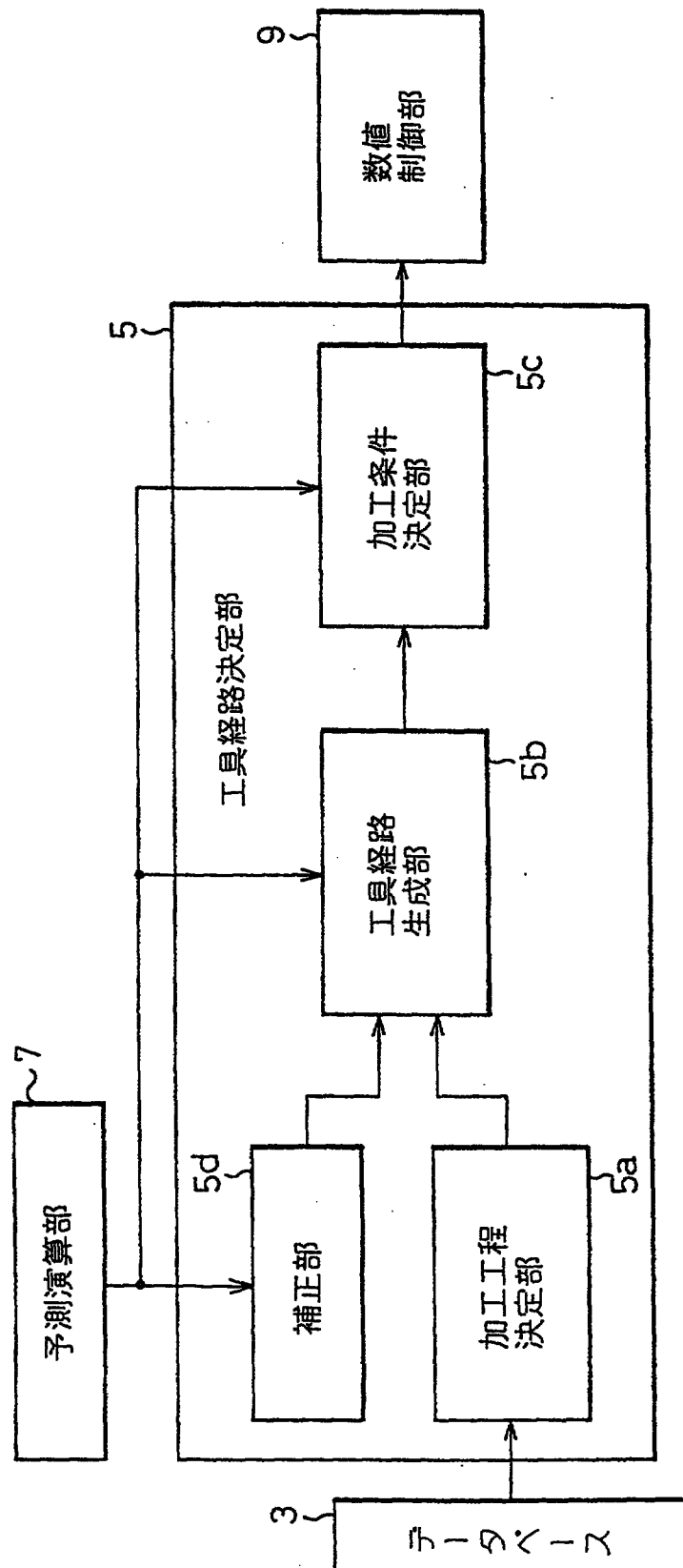


Fig.4

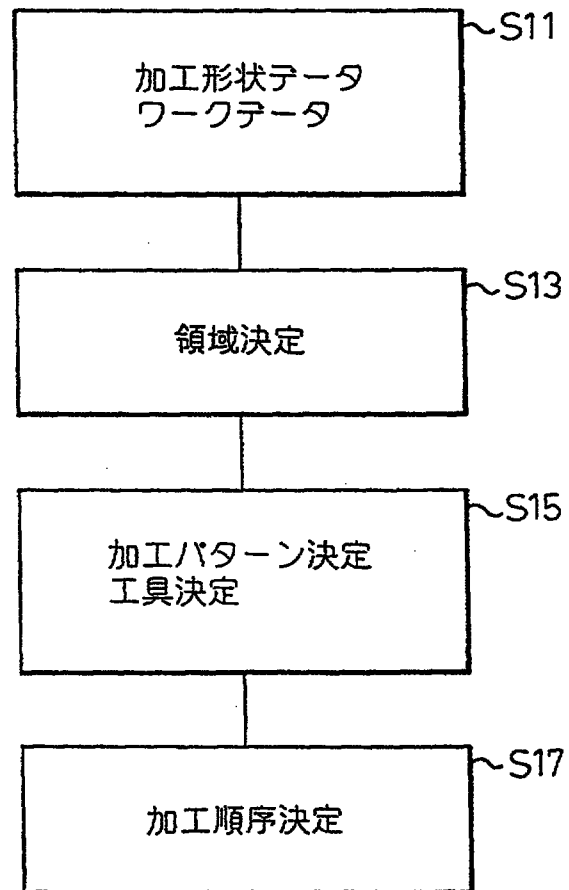


Fig.5A

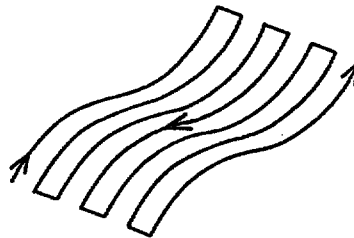


Fig.5B

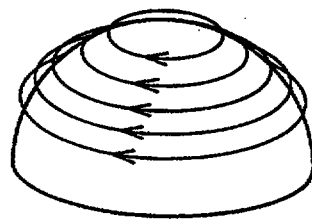


Fig.5C

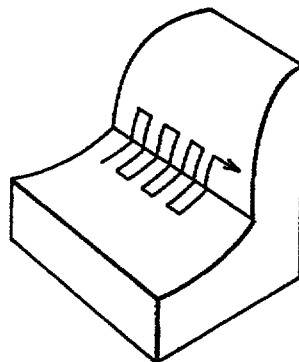


Fig.5D

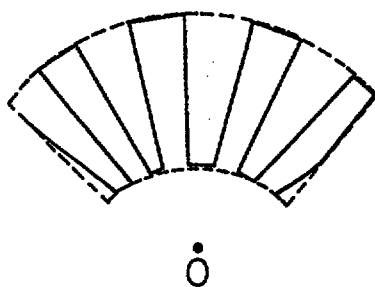


Fig.5E

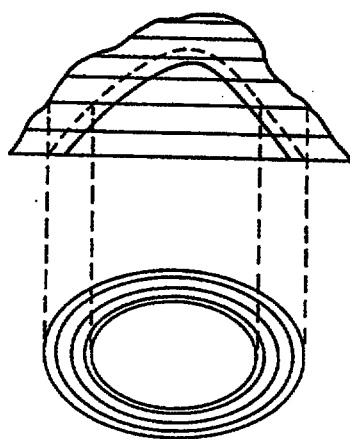


Fig.5F

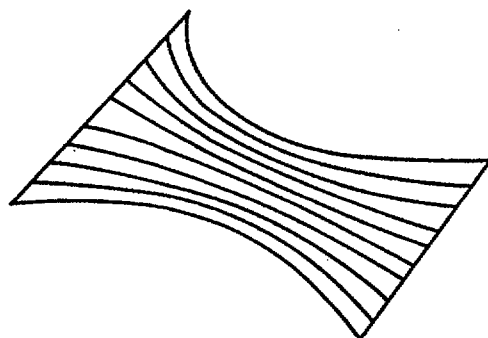


Fig. 5G

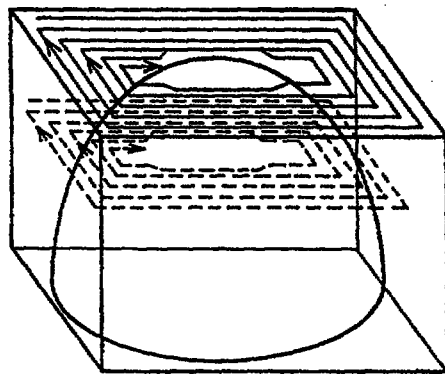


Fig. 5H

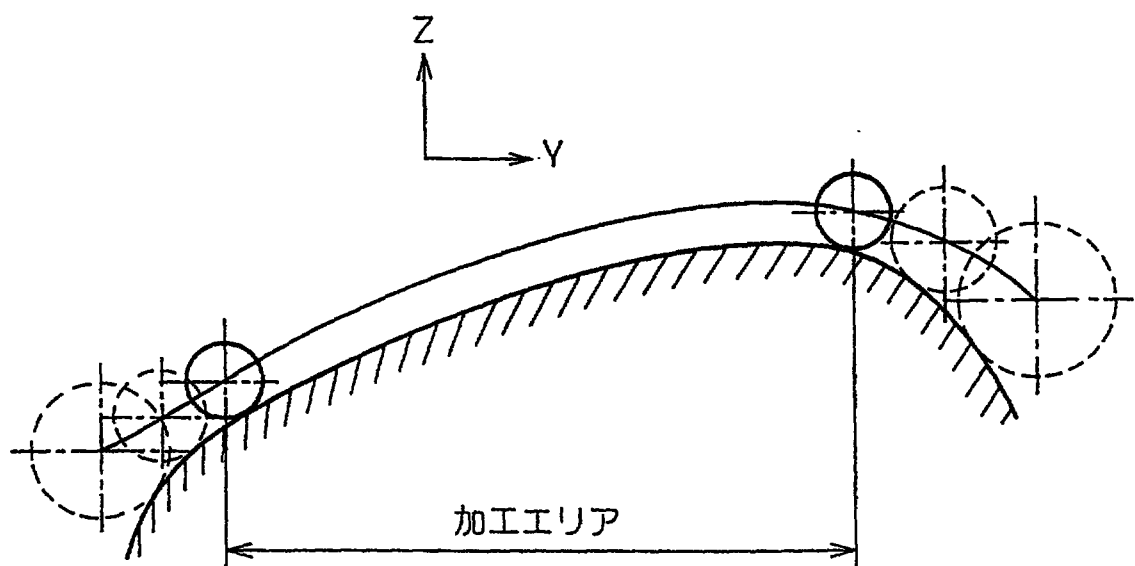


Fig.6

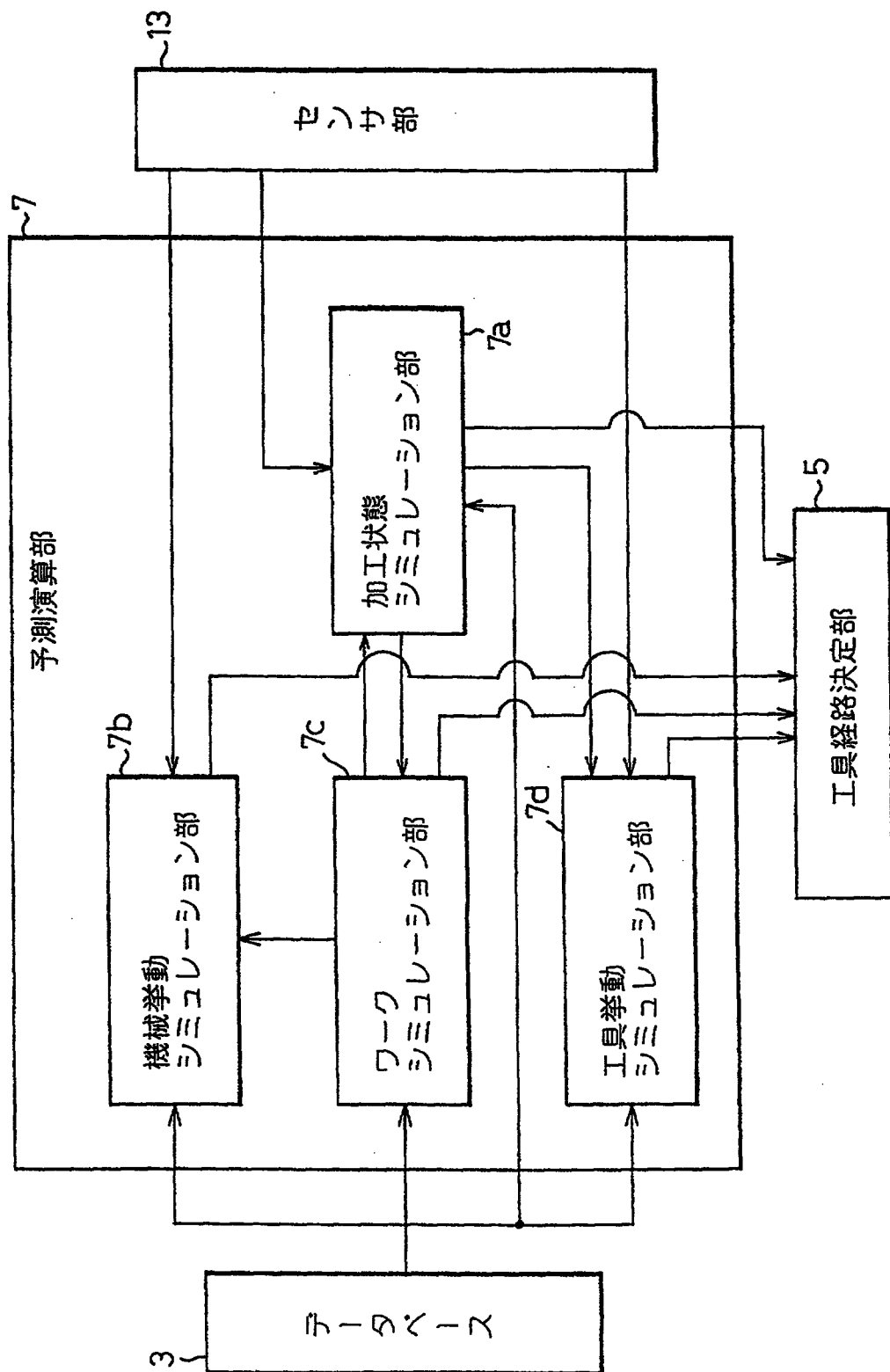


Fig.7A

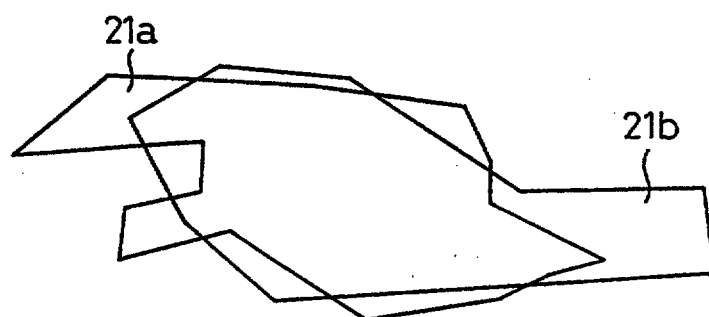


Fig.7B

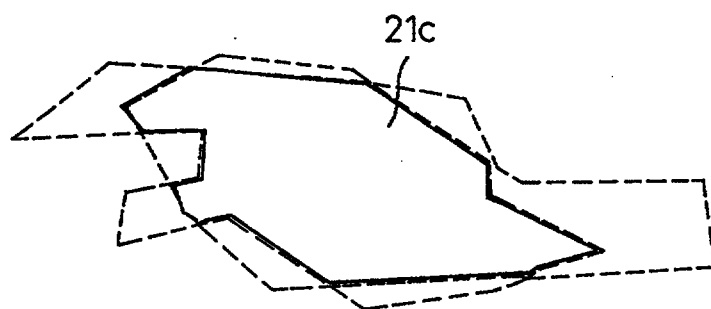


Fig.8A

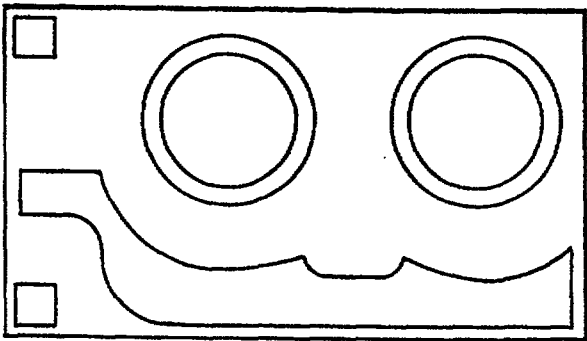
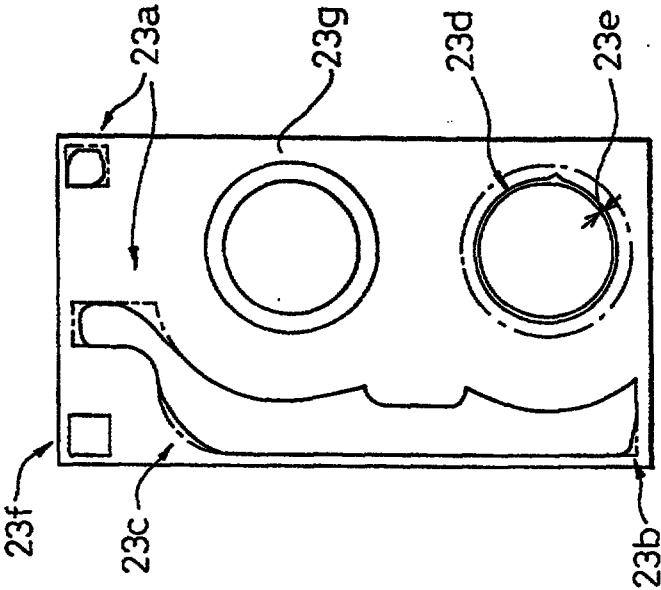


Fig.8B



SPECIFICATION

MACHINING CONTROL APPARATUS AND MACHINING SYSTEM

Technical Field

5 The present invention relates to a control apparatus
for a machine tool and a machining system comprising the
control apparatus and a machine tool wherein, by
supplying a raw workpiece and inputting data regarding a
10 machining profile of a final product (hereinafter
referred to as machining profile data), the workpiece to
be machined is machined according to the machining
profile data so that a final product can be fabricated.

Background Art

15 In the conventional method of machining a workpiece
by a NC machine tool, the first step is to prepare a
drawing representing the profile of a product to be
machined. A programmer determines the machining steps
from the drawing and creates a NC program manually or by
an automatic programming unit. An operator inputs the NC
20 program into the NC machine tool while, at the same time,
setting up the workpiece on the NC machine tool manually
or by using an automatic workpiece changer. Then, the
cutting tool to be used is preset, and the amount of tool
offset is defined. The cutting tool is then mounted in
25 the tool magazine of the NC machine tool. After that,
the NC program is executed thereby to machine the
workpiece and fabricate a product. Various inventions
have hitherto been developed with the aim of automating
these steps as far as possible and reflecting the know-
30 how accumulated by programmers and operators on the
machining steps.

 First to be cited is an automatic programming system
disclosed in Japanese Unexamined Patent Publication
(Kokai) No. 4-315550. This system comprises profile
35 recognition means for extracting a machining profile from
the data representing the machining profile of a
workpiece, a machining conditions memory for storing

optimum machining conditions, and automatic machining conditions setting means for automatically setting optimum machining conditions stored in the machining conditions memory. As a result, machining conditions can be set automatically without the manual operation of setting the machining conditions by the operator, thus eliminating the human errors which often accompany manual operation and making a superior machining operation possible. Further, the load on the operator and the time required for the operator to tend to the machine are reduced.

A second conventional machining system is disclosed in Japanese Unexamined Patent Publication (Kokai) No. 4-138504. In this system, data on a workpiece including the material, surface roughness and the dimensional accuracy are stored beforehand and machining conditions are determined by a first neural network. The machining conditions can be corrected by the operator. This system further comprises learning means which, after an actual machining operation, corrects the machining conditions based on the machining result to produce corrected machining conditions while at the same time correcting the weight of the first neural network. The system furthermore comprises adaptive control means including a sensor for detecting the sparks, sound and the force generated during the machining process, and a second neural network supplied with the data from the sensor as temporal data in which the data is averaged with a predetermined time margin to detect the machining conditions at the moment thereby to correct the machining conditions dynamically. Even without a skilled operator, therefore, the workpiece can be machined under optimum machining conditions.

A third conventional technique concerns a method using the numerical control disclosed in Japanese Unexamined Patent Publication (Kokai) No. 9-26811. According to this method, a machining process and a

machine tool are optimally selected in accordance with simplified input databased on the registration of various information files, the input of machining pattern data, the processing of a finish pattern, pattern recognition and the determination of the machining process. In this way, a machining area and machining steps high in production efficiency are selected, and tools, machining conditions and a tool path most suitable for the input patterns are determined. Both the production efficiency and the machining accuracy are improved further by post-machining measurement and correction.

Techniques are well known for automatically creating a tool path from the profile data of a product to be machined. An NC program can be automatically prepared by adding various machining conditions to the profile data. According to the first prior art described above, machining conditions are selected from a database in accordance with a predetermined algorithm based on the profile data of the product to be machined. These machining conditions can be considered static ones. In contrast, the second prior art is such that machining conditions which undergo a constant change are detected by a sensor, and the machining conditions set based on the detection result are adaptively controlled using the learning function of a neural network, so that dynamic machining conditions are determined in accordance with ever-changing machining requirements. The first and second prior art emphasize the automatic determination of machining conditions.

In the third conventional method, the operator inputs data, and machining conditions are automatically determined using a technique similar to the first and second prior art. In addition, automatic determination of a cutting tool and a tool path combined with a technique of measurement and correction after machining to finish an intended product without human labor.

These conventional techniques are based on the

architecture of securing a high accuracy and a high production efficiency by feedback correction of the machining conditions, but not intended to realize a high-accuracy, high-efficiency machining process by predicting machining requirements and determining a tool path and machining conditions based on the prediction.

Disclosure of the Invention

An object of the present invention is to provide a machine tool control apparatus and a machining system including the control apparatus and a machine tool, in which an intended product can be automatically machined at high efficiency while meeting the precision requirements in response to only profile data on the product to be finished and data on the workpiece to be machined.

Another object of the invention is to provide a machine tool control apparatus and a machining system including the control apparatus and a machine tool, in which machining requirements are predicted and a tool path and machining conditions are determined automatically in conformance with the predicted machining requirements, thus making possible a high-precision, high-speed machining process.

According to a first aspect of the invention, there is provided a machine tool control apparatus supplied with machining profile data for machining a workpiece, comprising input means for inputting workpiece data including machining profile data on a final workpiece profile and the material and the profile of the workpiece to be machined, data storage means for storing at least a selected one of machine data representing the specifications of the machine tool used for machining the workpiece and tool data representing the specifications of the tools held in the machine tool, and tool path determining means for generating a tool path for machining the workpiece and determining the conditions for machining the workpiece such as the rotational speed

of the main spindle and the feed rate of the machine tool based on the data stored in the data storage means.

According to another aspect of the invention, there is provided a machining system supplied with the

5 machining profile data for machining a workpiece, comprising: a machine tool for machining the workpiece; input means for inputting the machining profile data on the final profile of the workpiece and the material and profile of the workpiece to be machined; data storage

10 means for storing at least a selected one of the machine data representing the specifications of the machine tool for machining the workpiece and the tool data representing the specifications of the tools held in the machine tool; predictive calculation means for predicting

15 at least a machining load or interference between a tool and the workpiece based on the data input from the input means and the data stored in the data storage means; machining process determining means for selecting a tool and a machining pattern and determining a machining

20 process based on the data input from the input means and the data stored in the data storage means; tool path determining means for generating a tool path for machining the workpiece and determining the conditions for machining the workpiece including the rotational

25 speed of the main spindle and the feed rate of the machine tool based on the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by the machining process determining means, the result of predictive calculation made by the predictive calculation

30 means, the data input by the input means and the data stored in the data storage means; and numerical control means for controlling the operation of the machine tool according to the tool path and the machining conditions generated and determined by the tool path determining

35 means.

Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a block diagram showing a machine tool

control apparatus according to an embodiment of the invention.

Figure 2 is a block diagram showing a database.

Figure 3 is a block diagram showing a tool path
5 determining unit.

Figure 4 is a flowchart for a machining process determining unit.

Figures 5A to 5H are diagrams schematically showing the types of machining patterns.

Figure 6 is a block diagram showing a predictive
10 calculation unit.

Figures 7A and 7B are schematic diagrams for explaining a method of determining a machining area.

Figures 8A and 8B are schematic diagrams for
15 explaining the effects of the invention, in which Figure 8A shows a profile drawn based on the machining profile data input, and Figure 8B is a diagram for comparing the results of machining by use of a control apparatus according to the invention and the prior art.

20 Best Mode for Carrying out the Invention

Embodiments of the invention will be described with reference to the accompanying drawings.

Figure 1 is a block diagram showing a control apparatus 100 for a machine tool according to an
25 embodiment of the present invention.

The control apparatus 100 includes, as main components thereof, an input unit 1, a database 3, a tool path determining unit 5 and a predictive calculation unit 7. Though not shown in detail, the control
30 apparatus 100 can be configured of a CPU, a RAM, a ROM, an input/output interface, a data memory and a bidirectional bus for connecting these component elements.

The operator inputs the machining profile data 1a of
35 a product to be machined from an input unit 1. This machining profile data 1a can be, for example, electronic pattern information such as CAD data. Also, the

machining profile data 1a includes data on the machining accuracy and the surface roughness.

5 The input unit 1 is further supplied with workpiece data 1b providing data on the profile and the material of the workpiece to be machined for making the product. The workpiece data 1b include data on the dimensions and profiles of the fittings, jigs such as pallets, etc. for mounting and fixing the work on the machine tool 11, the mounting position on the machine tool 11 and the mounting position of the workpiece to be machined on a jig. The input unit 1 includes not only a keyboard but also such information media as a floppy disk and a magneto-optical disk, driving units thereof and an interface to a network which stores the data.

15 The data input by way of the input unit 1 are stored in the database 3 functioning as a data storage means. The database 3 includes a machine database 3a, a tool/holder database 3b, a machining conditions database 3c, a material database 3d, a NC/servo database 3e and an input database 3f. The database 3 can be configured of a data storage unit such as a hard disk drive or an optical disk device. The machine database 3a, the tool/holder database 3b, the machining conditions database 3c, the material database 3d, the NC/servo database 3e and the input database 3f in the database 3 can be configured either as different data storage units or can be incorporated in a single data storage unit partitioned into a plurality of areas assigned the databases 3a to 3f, respectively.

30 With reference to Figure 2, the data stored in the machine database 3a include those on the stroke of each feed shaft, the maximum rotational speed of the main spindle, and the maximum feed rate of the machine tool 11, and the deformation characteristic of the machine tool 11 with respect to temperature and the deformation characteristic of the machine tool 11 due to the weight of the work. The data stored in the

tool/holder database 3b includes serial numbers of the tools, dimensions and the shape of the tool holder, material and life of the tools, the trip characteristic and the run-out characteristic of the tools under load, and the dimensions and shape of the forward end of the main spindle. The data stored in the machining conditions database 3c include the amount of feed and the amount of cut per blade, the pick feed amount, whether coolant is used or not, the machining pattern, the partitioning data for dividing the machining surface into a plurality of machining areas, and fundamental data for selecting an optimum tool for machining a given machining surface. The data stored in the material database 3d include the type, hardness, tensile strength, modulus of elasticity, etc. of a material. The data stored in the NC/servo database 3e include specifications, setup parameters, time constant of the servo, and the gain of the numerical control unit. The input database 3f has stored therein the machining profile data 1a and the workpiece data 1b input from the input unit 1.

The data stored in the database 3 are at least one of the data input arbitrarily by the operator, the data registered in the machine tool 11 and the data stored in a predetermined memory.

The tool path determining unit 5 will be described with reference to Figures 3 and 4.

The tool path determining unit 5 includes a machining process determining unit 5a, a tool path generating unit 5b, a machining conditions determining unit 5c and a correction unit 5d described in detail below.

First, the machining profile data 1a and the workpiece data 1b stored in the input database 3f are sent to the machining process determining unit 5a (step S11). Based on these data, the machining process determining unit 5a recognizes the profile of the machining surface of the workpiece to be machined and the

work to be finished. Then, the machining process determining unit 5a partitions the machining surface into a plurality of machining areas with the curvature, the inclination and depth of the surface to be machined as surface parameters based on the surface partitioning data stored in the machining conditions database 3 and the recognized profile of the machining surface (step S13). Then, from among the fundamental data and the machining patterns stored in the machining conditions database 3c for selecting an optimum tool for machining surfaces, the machining process determining unit 5a selects an optimum tool and an optimum machining pattern for machining each machining area in accordance with each surface parameter thereof (step S15). In the case, where a steep slope is machined with a scan path for example, the tool would be overloaded or develop a shimmy. In order to prevent this, a machining path along a contour is selected for a steep slope. At the same time, the data on whether a cooling is required to be supplied or not is introduced from the machining conditions database 3c. Then, the order of machining the respective machining areas is determined (step S17).

Examples of machining patterns are shown in Figures 5A to 5H. Figure 5A shows a scan machining path, and Figure 5B a contour machining path. Figure 5C shows a scan machining path, i.e. what is called the character line machining path, intended to improve the cutting efficiency by setting only the portion having a work as a machining area, and Figure 5D is a radiation machining path centered at about a point O. Figure 5E shows a contour machining path for a work having a substantially predetermined stock allowance from a final profile of a material such as cast iron which is cutting a predetermined amount each time along the direction of the normal to the final profile by progressively offsetting the work, and Figure 5F shows a scan machining path for a work having a substantially predetermined stock allowance

from a final profile of a material such as cast iron which is cut a predetermined amount each time progressively along the direction of the normal to the final profile thereof.

5 Figure 5G shows a contour machining path intended to improve the cutting efficiency by defining a machining area only at the portion covered by a work, and starting the machining operation with the portion covered by a work or decreasing the pick feed rate when the work
10 approaches a final profile, for example. Figure 5H shows a machining path, in which the boundary of a machining area is overlapped automatically with an adjacent machining area, and the tool is retracted over the overlapped portion smoothly thereby to prevent a
15 misalignment at the boundary. For example, the tool begins to be moved along the normal from a relief point a predetermined distance off the tool path associated with the size of the particular tool toward the machining area, within which the tool is moved along the tool path
20 corresponding to the size of the particular tool to cut the machining area. These machining patterns are stored in the database 3 in a form reflecting the accumulated know-how in such a manner that a desired machining pattern can be selected for a corresponding surface
25 parameter such as the curvature, inclination and depth of each machining area. The shown machining patterns represent only several examples to which the present invention is not limited.

 The data determined in the machining process
30 determining unit 5a on the machining area, the tool, the machining pattern and the machining sequence are sent to the tool path generating unit 5b. The tool path generating unit 5b determines optimum values of the feed rate per blade, the depth of cut and the pick feed length
35 for machining a particular work from various amounts of these parameters stored in the machining conditions database 3c in correspondence with the data on the

machining area, the tool, the machining pattern, the
workpiece data 1b, in particular, the data on the
material of the workpiece to be machined, stored in the
input database 3f, and the data on the type, tensile
5 strength and modulus of elasticity of the material stored
in the material database 3d, while at the same time
generating a tool path and a pick feed path. The tool
path and the pick feed path are generated according to
the formula stored in the machining conditions
10 database 3c.

In place of the machining process determining
unit 5a selecting and determining the tool, the machining
pattern and the machining process, the operator can
arbitrarily input the data on the tool, the machining
15 pattern and the machining process.

Then, the machining conditions determining unit 5c
determines the rotational speed of the main spindle and
the feed rate of the machine tool 11 from the feed rate,
the cut rate and the pick feed rate per blade based on
20 the result of the calculation input from the tool path
generating unit 5b, while at the same time applying a
tool change command for each step of the process and a
command for inserting a step of measurement by a sensor
unit 13 described later to a numerical control unit 9.

25 The correction unit 5d issues a correction command
to the tool path generating unit 5b or the machining
process determining unit 5a based on the result of the
predictive calculation input from the predictive
calculation unit 7 described later.

30 Instead of determining the machining conditions in
the machining conditions determining unit 5c, the
machining conditions arbitrarily input by the operator or
the machining conditions stored in a predetermined memory
can be used with equal effect.

35 The numerical control unit 9 generally includes a
well-known NC unit 9a and a servo system 9b having a
servo motor and an amplifier for controlling the

revolutions of the main spindle of the machine tool 11. Specifically, the NC unit 9a generates a command for moving each of the X, Y and Z feed shafts based on the tool path data and the machining conditions data, as is well known, while at the same time issuing commands for starting/stopping the main spindle, turning on/off the coolant, automatically changing the tool and automatically changing the pallet, etc. of the machine tool 11. The servo system 9b, in response to a move command from the NC unit 41, controls the servo motor of the feed shaft. In this way, the machine tool 11 is controlled by the numerical control unit 9.

The machine tool 11 is well-known equipment such as a machining center having an automatic tool changer, for example. The machine tool 11 comprises a sensor unit 13 including machine sensors having a temperature sensor such as thermistor for measuring the temperature of various parts of the machine such as the column and the bed, the coolant and the environment in which the machine tool 11 is installed, and an ampere meter for measuring the current value supplied to the motor of the machine tool 11, a tool sensor for measuring the length, diameter and the profile of the forward end of the tool mounted on the machine tool 11, and a work sensor for measuring the profile of the work being machined. The values detected by the sensor unit 13 are sent to the predictive calculation unit 7 described later. Further, the tool length, the tool diameter, the wobble of the tool in rotation, the off-center, etc. measured by the tool sensor of the sensor unit 13 are sent through the data correction unit 15 to the tool/holder database 3b of the database 3. Thus, the contents of the database 3, especially, the friction characteristic, the service life and the wobble characteristic of the tool are corrected and updated.

Also, the temperature of various parts of the machine body, the coolant temperature, the temperature of

the environment, etc. measured by the temperature sensor included in the mechanical sensor of the sensor unit 13 are applied through the data correction unit 15 to the machine database 3a of the database 3, so that the
5 related portion of the machine database 3a is corrected and updated. As an alternative, the positioning error of the machine tool 11 in operation is calculated from the machining error measured by the work sensor of the sensor unit 13, and applied through the data correction unit 15
10 to the machine database 3a of the database 3, so that the corresponding portion of the machine database 3a is corrected and updated. It is also possible to employ a method in which the machining error measured by the work sensor of the sensor unit 13 is sent to the correction
15 unit 5d of the tool path determining unit 5 for generating correction data from the machining error data, and a corrected tool path is generated by the tool path generating unit 5b for re-machining.

Now, the predictive calculation unit 7 will be
20 described with reference to Figure 6.

The predictive calculation unit includes, as main component elements thereof, a machining state simulation unit 7a, a machine behavior simulation unit 7b, a workpiece simulation unit 7c and a tool behavior
25 simulation unit 7d.

The machining state simulation unit 7a receives the machining profile data 1a and the workpiece data 1b from the input database 3f, and the dimensions and the profile of the tool, the tool holder and the forward end of the
30 main spindle determined by the machining process determining means 5a from the tool/holder database 3b. Further, the machining state simulation unit 7a receives the feed rate, the cut rate, the pick feed rate, the tool path and the pick feed path per blade determined and
35 calculated by the tool path generating unit 5b and also receives the rotational speed of the main spindle and the feed rate determined by the machining conditions

determining unit 5c.

5 The machining state simulation unit 7a, before
starting the machining process, i.e. when the tool path
determining unit 5 first generates a tool path or the
like, predicts whether the tool, the tool holder or the
forward end of the main spindle interferes with the work
during the machining operation based on the machining
profile data 1a, the workpiece data 1b, and the profile
and dimensions of the tool, the tool holder and the
10 forward end of the main spindle, the tool path and the
pick feed path. In the case where interference is
predicted during the machining operation in a given
machining area, the machining state simulation unit 7a
instructs the machining process determining unit 5a to
15 define the same machining area as a no-machining area.
In the case where the particular no-machining area can be
machined by another tool or in the case where the
machining pattern of the no-machining area can be
changed, then the machining process determining unit 5a
20 changes the tool or the machining pattern, as the case
may be, determines the machining area, the tool, the
machining pattern and the machining sequence afresh, and
sends the result to the tool path determining unit 5.
Then, this process is executed again. In the case where
25 the tool or the machining pattern cannot be changed, on
the other hand, the machining process determining unit 5a
sends the machining sequence with the no-machining area
removed from the machining process to the tool path
determining unit 5.

30 An example of a method for determining a machining
area will be explained with reference to Figures 7A, 7B.
Assume that an area 21a free of interference with a given
tool is predicted by calculations in the machining state
simulation unit 7a and that an area that can be machined
35 by the particular tool can be defined as an area 21b
having a surface inclination of 66 degrees or less
(Figure 7A). The portion overlapped by the two areas is

determined as a machining area 21c (Figure 7B).

5 The machining process determining unit 5a can
alternatively define a range to be machined as a portion
overlapped between the machining area determined by
checking for interference between the tool and the work
as in the method shown in Figures 7A, 7B, the machining
area arbitrarily determined by checking the machining
profile data 1a input from the input unit 1 for any
interference between the work and the tool and the
10 machining area determined according to the surface
inclination, the surface curvature and the depth included
in the machining profile data 1a input from the input
unit 1.

15 The machining state simulation unit 7a further
checks, in real time, for a similar interference also
after the machining process has started. In the case
where interference between the tool and the work is
predicted as a result of the check, a data indicating it
is applied to the tool path generating unit 5b. The tool
20 path generating unit 5b calculates and generates a
machining route avoiding the interference such as along
the Z-axis.

Also, the machining state simulation unit 7a
predicts an internal-angle portion of the work being
25 machined, based on the machining profile data 1, the
workpiece data 1b, the machining pattern and the tool
path while the actual machining work is going on. The
result of prediction is applied to the machining
conditions determining unit 5c, which generates machining
30 conditions for decelerating the tool feed rate at the
internal-angle portion.

Further, the machining state simulation unit 7a
predicts by calculation a machining load from the
workpiece data 1b, the feed rate, the cut rate, the pick
35 feed rate and the tool path per bite determined and
calculated by the tool path generating unit 5b, and the
rotational speed of the main spindle and the feed rate

determined by the machining conditions determining unit 5c. Furthermore, the machining state simulation unit 7a predicts the current profile or the work being machined, the contact point between the tool and the work
5 and the weight of the work, from the machining profile data 1a, the workpiece data 1b, the profile and dimensions of the tool, the tool holder and the forward end of the main spindle determined by the machining process determining unit 5a, and the pick feed rate and
10 the tool path determined and calculated by the tool path generating unit 5b.

Also, the machining state simulation unit 7a predicts the load inertia of the work based on the predicted work weight change and the machining conditions
15 determined by the machining conditions determining unit 5c. The predicted load inertia is applied to the numerical control unit 9 for correcting the parameters of the servo system 9b of the numerical control unit 9.

In the case where what is called an "air cut" is
20 predicted in which the work fails to be cut by the tool moving along a given tool path, based on the predicted contact point between the tool and the work, then the machining state simulation unit 7a sends data informing the machining conditions determining unit 5c of the fact.
25 In response, the machining conditions determining unit 5c can give a command to the numerical control unit 9 to move the tool along the tool path at a maximum feed rate through the air-cut predicted area.

The machine behavior simulation unit 7b predicts the
30 thermal deformation of the machine tool 11 based on the data on the thermal deformation characteristic of the machine against the temperature stored in the machine database 3a and the temperature data supplied from the temperature sensor of the sensor unit 13. Also, the
35 machine behavior simulation unit 7b predicts the deformation of the machine tool 11 due to the work weight based on the work weight data predicted by calculation in

the machining state simulation unit 7a and the deformation characteristic data of the machine under the weight of the work stored in the machine database 3a.

5 The workpiece simulation unit 7c receives the
machining profile data 1a and the workpiece data 1b from
the input database 3f, and receives, from the tool/holder
database 3b, the dimensions and profile of the tool, the
tool holder, and the forward end of the main spindle
determined by the machining process determining unit 5a.
10 Further, the workpiece simulation unit 7c receives the
feed rate, the cut rate, the pick feed rate, the tool
path and the pick feed path per blade determined and
calculated by the tool path determining unit 5b, and also
receives the rotational speed of the main spindle and the
15 feed rate determined by the machining conditions
determining unit 5c. The workpiece simulation unit 7c
predicts by calculation an intermediate profile of the
work being machined at each moment based on the data
received from the database, and applies the result of
20 predictive calculation to the machining state simulation
unit 7a and the machine behavior simulation unit 7b.

 The tool behavior simulation unit 7d predicts the
trip and the run-out of the tool from the data on the
machining load predicted by the machining state
25 simulation unit 7a and the data on the trip and the run-
out characteristics with respect to the tool load stored
in the tool/holder database 3b. Also, the tool behavior
simulation unit 7d predicts by calculation the wear and
the wear distribution of the tool from the data on the
30 tool life stored in the tool/holder database 3b and the
machining load, the machining contact point, the cut rate
and the machining time predicted by the machining state
simulation unit 7a. The wear distribution is defined as
a prediction, for a ball end mill, for example, as to
35 whether the forward end of the mill wears, and at which
position the forward end wears, the straight portion or
other portions. Based on this predictive calculation of

the wear, the expiry of the service life of the tool is judged from the predictive calculation of the wear.

Further, the tool sensor of the sensor unit 13 corrects the prediction value based on the change in the tool
5 profile (diameter, length, center position, orientation, etc. of the tool) while turning.

The trip predictively calculated in the tool behavior simulation unit 7d is sent to the correction unit 5d of the tool path determining unit 5. In the case
10 where the predicted tool trip is larger than a predetermined value, the tool generating unit 5b generates a tool path taking the tool trip into account. In the case where a large machining load is imposed for relatively moving the work and the tool to each other in
15 the horizontal direction, for example, the tool is deformed in such a way as to trip forward in the direction of movement. Therefore, the movement of the forward end of the tool lags behind the coordinate of the main spindle. As a result, the feed rate is required to
20 be corrected in such a manner that the forward end of the tool on the main spindle moves to a predetermined machining position in order to permit the required machining operation. A high-precision machining operation thus becomes possible.

Now, a display unit 17 will be explained. The display unit 17 includes an image processing unit 17a and a monitor 17b such as a CRT. The display unit 17 can display the machining area, the machining pattern, the profile and the serial number of the tool, etc.
25 determined in the machining process determining unit 5a of the tool path determining unit 5. The image processing unit 17a receives the data on the curvature, the inclination and the depth of the machining area from the machining process determining unit 5a and can
30 generate the data for displaying each area three-dimensionally in different colors. Further, though not shown in detail in Figure 1, the image processing
35

unit 17a is connected to the database 3, the predictive calculation unit 7, the numerical control unit 9 and the sensor unit 13 and thus can display the information from each of these component parts graphically or as a text.

5 The display unit 17 can graphically display, for example, the result of the check for the work-tool interference based on the data from the predictive calculation unit 7. Further, the data on the machining accuracy included in the machining profile data 1a input to the input
10 database 3f and the work profile measurement data obtained in the sensor unit 13 can be displayed in comparison with each other. Also, as described already, it is possible to graphically display the portion of the work remaining uncut by a machining path avoiding the
15 work-tool interference.

The operation according to an embodiment of the invention will be described.

First, the operator inputs the machining profile data 1a and the workpiece data 1b from the input unit 1
20 into the database 3. According to the machining profile data 1a and the workpiece data 1b thus input and the data stored in the database 3, the tool path determining unit 5 selects and determines a machining area, a tool, a machining pattern and a machining process. Then, a tool
25 path is determined by the tool path generating unit 5b of the tool path determining unit 5, and machining conditions by the machining conditions determining unit 5c. The machine tool 11 is driven under the control of the numerical control unit 9 according to the machine
30 drive data including the tool path and the machining conditions generated and determined. In this way, the work is machined and a product is finished.

In the process, the predictive calculation unit 7 makes various calculations for predicting the machining
35 load and the work-tool interference based on the machining profile data 1a and the workpiece data 1b input by the operator from the input unit 1 and the various

data stored in the database 3. The result of predictive calculation is applied to the machining process determining unit 5a of the tool path determining unit 5. A tool, a machining pattern and a machining process are thus determined in the predictive calculation unit 7 according to the result of predictive calculation. In similar fashion, based on the result of predictive calculation in the predictive calculation unit 7, a tool path is determined by the tool path generating unit 5b of the tool path determining unit 5 and machining conditions by the machining conditions determining unit 5c.

As described above, according to this invention, various calculations are carried out in advance by the predictive calculation unit 7 for predicting the machining load, the interference between the work and the tool, etc. based on the machining profile data 1a and the workpiece data 1b input from the input unit 1 and the data stored in the database 3. In other words, unlike in the prior art in which a work is first machined followed by detection and feedback of the machining requirements in an attempt to control the operation optimally, the method according to the present invention starts with predictive calculations, and the result of the predictive calculations is fed forward and used for machining the work. Also, the detected machining requirement is fed back for further improving the accuracy of the feedforward control. Consequently, the operation is optimized and the work can be machined with high accuracy and move quickly than in the prior art.

As can be seen from the foregoing description, according to this invention, the operator inputs only the profile data on the product to be machined and the data on the profile and material of the work to be loaded and machined. Thus, the operation of machining a work meeting the precision requirement can be automatically performed within a shorter length of time as a process meeting the required accuracy is executed automatically

with a proper tool, along a proper tool path and under proper machining conditions.

5 An example comparison between the prior art and the present invention is shown in Figures 8A, 8B. In the case where the machining profile databased on the drawing as shown in Figure 8 is input, according to the prior art, assume that the feed rate of the tool is kept so high that the work is machined at 6 m/min, for example, in performing the machining operation. Corners are often
10 undesirably dulled as shown by one-dot chain in Figure 8B (the portions designated by reference numerals 23a, 23b) and the radius of curvature is shortened (the portion designated by numeral 23c). Further, according to the prior art, in the case where the tool is fed along a
15 circumference at high speed, the true roundness is decreased as shown by numeral 23d or the thickness is increased as shown by numeral 23E. If the tool feed rate is reduced to, say, 200 mm/min in the prior art, on the other hand, a high-precision machining operation as shown
20 by numerals 23f, 23g becomes possible. According to this invention, in contrast, as shown by solid line in Figure 8B, the above-mentioned inconvenience is not caused even when the machining operation is performed with the tool kept fed at high speed. This can be
25 achieved only by reason of the fact that the predictive calculation unit 9 calculates a predicted value of the machining load and checks for interference between the tool and the work in advance, and that various data stored in the database 3 are appropriately utilized.



CLAIMS

1. A machine tool control apparatus, with machining profile data input to machine a work, characterized by comprising:

5 input means for inputting machining profile data on the final profile of a work and workpiece data on the material and the profile of the work before being machined;

10 data storage means for storing machine data representing machine specifications of said machine tool for machining said work and/or specifications of the cutting tools held in said machine tool; and

15 tool path determining means for generating a tool path for machining said work based on the data input from said input means and the data stored in said data storage means and determining the conditions, including the rotational speed of the main spindle and the feed rate of said machine tool, for machining said work.

20 2. A machine tool control apparatus according to claim 1, further comprising:

25 predictive calculation means for predicting by calculation at least a selected one of a machining load and interference between a tool and a work based on the data input from said input means and the data stored in said data storage means.

30 3. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein the data stored in said data storage means includes at least a selected one of the data input arbitrarily by the operator, the data registered in said machine tool and the data stored beforehand in a predetermined memory means.

35 4. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means selects a tool and a machining pattern and includes machining process determining means for determining a machining process.



5. A machine tool control apparatus according to claim 4, wherein the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by said machining process determining means are the data
5 arbitrarily input by the operator.

6. A machine tool control apparatus according to claim 2,
wherein said tool path determining means selects a tool and a machining pattern and includes
10 machining process determining means for determining a machining process, and

wherein said machining process determining means selects and determines a tool, a machining pattern and a machining process based on the data input from said
15 input means, the data stored in said data storage means and the result of predictive calculation by said predictive calculation means.

7. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein the machining conditions determined by
20 said tool path determining means are at least a selected one of the data input arbitrarily by the operator and the data stored beforehand in a predetermined memory means.

8. A machine tool control apparatus according to claim 6, wherein said tool path determining means
25 determines machining conditions based on the data stored in said data storage means, the tool path generated, the result of predictive calculation by said predictive calculation means, and the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by said
30 machining process determining means.

9. A machine tool control apparatus according to claim 1, further comprising machining profile measuring means for measuring the profile of a product machined, wherein the result of the measurement is fed back to said
35 tool path determining means thereby to correct the tool path for improving the machining accuracy.

10. A machine tool control apparatus according to



claim 9, wherein the contents of the machine data stored
in said data storage means are updated based on the
result of measurement by said machining profile measuring
means thereby to improve the accuracy of the predictive
5 calculation in said predictive calculation means.

11. A machine tool control apparatus according to
claim 2, further comprising a machine sensor for
detecting the temperature or the like of the body of said
machine tool and feeding back the result of said
10 detection to said predictive calculation means.

12. A machine tool control apparatus according to
claim 2, further comprising a tool sensor for detecting
the dimensions and the profile of a cutting tool mounted
in said machine tool and feeding back the result of said
15 detection to said predictive calculation means.

13. A machine tool control apparatus according to
claim 2, further comprising a machine sensor for
detecting the current flowing in a motor, the temperature
of the body of said machine tool, etc. and a tool sensor
20 for detecting the dimensions and the profile of a cutting
tool mounted in said machine tool, wherein the result of
said detection is fed back to said predictive calculation
means.

14. A machine tool control apparatus according to
25 claim 13, wherein the contents of selected one of the
machine data and the tool data stored in said data
storage means are updated based on the detection data of
a selected one of said machine sensor and said tool
sensor thereby to improve the accuracy of the predictive
30 calculation in said predictive calculation means.

15. A machine tool control apparatus according to
claim 2, wherein said predictive calculation means
includes work simulation means for predicting the profile
of the work being machined based on the workpiece data
35 input from said input means, the data stored in said data
storage means and the tool path and the machining
conditions generated and determined in said tool path



determining means.

16. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means includes machine behavior simulation means for predicting
5 the change in the machine tool position due to the temperature, the acceleration of the feed shaft, the load relocation, etc. based on the data stored in said storage means and the detection data of said machine sensor.

17. A machine tool control apparatus according to
10 claim 16, wherein the machine behavior simulation means of said predictive calculation means outputs a selected one of the thermal deformation amount of said machine tool actually measured during the machining operation and the thermal deformation amount predicted by calculation
15 based on the detection data of said machine sensor to said tool path determining means, thereby instructing said tool path determining means to generate a tool path not deteriorating the machining accuracy which might otherwise be caused by the thermal deformation of said
20 machine tool.

18. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means includes tool behavior simulation means for predicting the length, diameter, trip, blade position, wear, etc. of
25 the tool in rotation based on the data stored in said data storage means and the detection data of said tool sensor.

19. A machine tool control apparatus according to claim 18, wherein said tool behavior simulation means of
30 said predictive calculation means predicts by calculation the trip, wear, etc. of said tool and outputs the result of said predictive calculation to said tool path determining means, thereby instructing said tool path determining means to generate a tool path not
35 deteriorating the machining accuracy which might otherwise be caused by the trip or wear of said tool.

20. A machine tool control apparatus according to



claim 13, wherein said predictive calculation means includes:

work simulation means for predicting the profile of a work being machined, based on the workpiece data input from said input means, the data stored in said storage means and the tool path and the machining conditions generated and determined by said tool path determining means;

machine behavior simulation means for predicting the change in the machine tool position due to the temperature, the acceleration of the feed shaft, the relocation of the load, etc. based on the data stored in said storage means and the detection data of said machine sensor; and

tool behavior simulation means for predicting the length, diameter, trip, blade position, wear, etc. of the tool in rotation, based on the data stored in said storage means and the detection data of said tool sensor;

wherein the result of predictive calculation in each of said simulation means is applied to said tool path determining means; and

wherein said tool path determining means generates and determines a tool path and machining conditions conforming with the result of said predictive calculation.

21. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means predicts by calculation a machining load and applies the result of said predictive calculation to said tool path generating means thereby to generate a tool path for reducing the tool deformation due to the machining load predicted by said tool path determining means.

22. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means predicts an air-cut area where the tool fails to cut the work based on the machining profile data and the



workpiece data input from said input means, and wherein said tool path determining means determines the machining conditions for moving the tool at a maximum feed rate in said air-cut area.

5 23. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means predicts an air-cut area where the tool fails to cut the work based on the machining profile data and the workpiece data input from said input means, and wherein
10 said tool path generating means generates a tool path skipping said air-cut route.

 24. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means predicts an internal-angle portion of the work being
15 machined, based on the machining profile data and the workpiece data input from said input means, applies the result of said prediction to said tool path determining means, and determines the machining conditions for decelerating the feed rate at said internal-angle
20 portion.

 25. A machine tool control apparatus according to claim 15,

 wherein said machine tool includes numerical control means and said data storage means
25 further has stored therein material data including the hardness, tensile strength and modulus of elasticity of various materials of the work,

 wherein said predictive calculation means predicts the weight change of the work based on the
30 profile data of the work being machined and the material data stored in said data storage means, and further predicts a load inertia based on the predicted work weight change and the machining conditions determined by said tool path determining means, and

35 wherein the predicted load inertia is applied to said numerical control means, which in turn corrects the parameters.



26. A machine tool control apparatus according to claim 25, wherein said predictive calculation means recognizes the current machining process and the required accuracy, applies the recognized machining process and
5 the required accuracy to said numerical control means, and instructs said numerical control means to correct the parameters.

27. A machine tool control apparatus according to claim 15, wherein said predictive calculation means
10 checks for interference between a tool and a work based on the predicted profile of the work being machined in said work simulation means.

28. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein, after determining the machining area
15 selected based on the workpiece data and the work profile data input from said input means and a tool for machining said machining area, said predictive calculation means checks for interference between the tool and the work in said machining area, and wherein said machining process
20 determining means determines said machining area as an area capable of being machined in the absence of interference and determines said machining area as an area incapable of being machined in the presence of interference, as determined by said calculation of
25 interference prediction.

29. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means checks the machining profile data input from said input means for interference between a tool and a work arbitrarily
30 determined, determines an area capable of being machined where no interference occurs and an area incapable of being machined where interference occurs, and determines said area capable of being machined as a range to be machined.

30. A machine tool control apparatus according to claim 4, wherein said machining process determining means recognizes the surface inclination in the machining



profile data input from said input means and discriminates the machining areas based on the difference in said surface inclination.

5 31. A machine tool control apparatus according to claim 30, further comprising display means for displaying different machining areas in different colors.

10 32. A machine tool control apparatus according to claim 4, wherein said machining process determining means recognizes the surface curvature in the machining profile data input from said input means and discriminates machining areas according to the difference in curvature.

33. A machine tool control apparatus according to claim 32, further comprising display means for displaying different machining areas in different colors.

15 34. A machine tool control apparatus according to claim 4, wherein said machining process determining means recognizes the depth of the machining profile data input from said input means and discriminates each machining area according to the difference in the depth.

20 35. A machine tool control apparatus according to claim 34, further comprising display means for displaying different machining areas in different colors.

25 36. A machine tool control apparatus according to claim 2, wherein said predictive calculation means determines, as a range to be machined, the overlapped portion between a machining area determined by the check for interference between the tool and the work or a machining area determined arbitrarily by checking the machining profile data input from said input means for
30 interference between the tool and the work on the one hand and a machining area determined based on the surface inclination, the surface curvature and the depth in the machining profile data input from said input means on the other hand.

35 37. A machine tool control apparatus according to claim 6, wherein said machining process determining means instructs said display means to display an area incapable



of being machined where the work is interfered with as determined by the tool-work interference check made by the predictive calculation means.

5 38. A machine tool control apparatus according to claim 6, wherein said machining process determining means arbitrarily sets a machining range in the area capable of being machined as determined by the tool-work interference check in said predictive calculation means and instructs said display means to display said set
10 range.

 39. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool
15 path having a machining area only in a selected contour machining pattern where the work exists.

 40. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool
20 path which includes a set of selected contour machining patterns, a tool is fed along one of the contour machining patterns and then fed in the normal direction relative to the workpiece to the next contour machining pattern when the preceding contour machining pattern.
25

 41. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool
30 path having a machining area only where the work exists in a selected scan machining pattern.

 42. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool
35 path which includes a set of selected scanning machining patterns, a tool is fed along one of the scanning



machining patterns and then fed in the normal direction relative to the workpiece to the next scanning machining pattern when the preceding scanning machining pattern.

43. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool path for preventing the tool deceleration at an internal-angle portion of the work in a selected contour machining pattern.

44. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means and generates a tool path for preventing the tool deceleration at an internal-angle portion of the work in a selected scan machining pattern.

45. A machine tool control apparatus according to claim 1, wherein said tool path determining means recognizes the machining profile data and the workpiece data input from said input means, starts to move the tool from a relief point at a distance off a tool path associated with the size of the tool out of said machining area in the direction along the normal toward said machining area, moves said tool along a tool path associated with the tool size in said machining area, and thereby generates a tool path for performing the machining operation in said machining area.

46. A machining system supplied with machining profile data for machining a work, comprising:
input means for inputting machining profile data for the final work profile and workpiece data for the material and profile of the workpiece to be machined;

data storage means for storing at least a selected one of machine data representing the specifications of said machine tool for machining said



work and tool data representing the specifications of the tools held in said machine tool;

5 predictive calculation means for predicting at least a selected one of a machining load and interference between a tool and a work based on the data input from said input means and the data stored in said data storage means;

10 machining process determining means for selecting a tool and a machining pattern and determining a machining process based on the result of predictive calculation by said predictive calculation means, the data input from said input means and the data stored in said data storage means;

15 tool path determining means for generating a tool path for machining said work based on the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by said machining process determining means, the result of predictive calculation by said predictive calculation means, the data input by said input means and the data stored in said data storage means, and determining the conditions for machining said work including the rotational speed of the spindle and the feed rate of said machine tool; and

20 numerical control means for controlling the operation of said machine tool according to the tool path and the machining conditions generated and determined by said tool path determining means.

25 47. A machine tool control apparatus supplied with a work and machining profile data for machining said work to the desired profile based on said machining profile data, comprising:

30 input means for inputting said machining profile data and workpiece data such as the material and the profile of the work;

35 data storage means for storing at least a selected one of machine data representing the machine specifications including the feed shaft stroke, the



rotational speed of the main spindle and the feed rate of the machine tool for machining the work, control data such as various parameters for the numerical control unit for controlling said machine tool, and tool data

5 representing the tool specifications such as the type, material and dimensions of the tools held in the machine tool;

predictive calculation means for predicting at least a selected one of a machining load, the interference between a tool and a work and the
10 contact point of a tool in machining operation based on the data input from said input means and the data stored in said data storage means;

machining process determining means for selecting at least a tool and a machining pattern and determining a machining process based on the result of predictive calculation by said predictive calculation means, the data input from said input means and the data
15 stored in said data storage means;

tool path generating means for generating a tool path for machining said work based on the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by said machining process determining means, the data input from said input means, the data
20 stored in said data storage means and the result of predictive calculation by said predictive calculation means;

machining conditions determining means for determining the conditions for machining said work including the tool path generated by said tool path
30 generating means, the data stored in said data storage means and the result of predictive calculation by said predictive calculation means; and

numerical control means for controlling the operation of said machine tool according to the tool
35 path generated by said tool path generating means and the machining conditions determined by said machining



conditions determining means.

48. A machining system supplied with a work and machining profile data for machining said work into the desired profile based on said machining profile data, comprising:

a machine tool for machining said work and outputting a machined product;

input means for inputting in advance said machining profile data and workpiece data on the material and the profile of the work;

data storage means for storing at least a selected one of machine data representing the machine specifications such as the feed shaft stroke, the rotational speed of the main spindle and the feed rate of said machine tool for machining said work, control data including various parameters for the numerical control unit for controlling said machine tool and tool data representing the tool specifications such as the type, material and dimensions of the tools held in said machine tool;

predictive calculation means for predicting at least a selected one of a machining load, the interference between a tool and a work and the contact point of a tool in machining operation based on the data input from said input means and the data stored in said data storage means;

machining process determining means for selecting at least a tool and a machining pattern and determining a machining process based on the result of predictive calculation by said predictive calculation means, the data input from said input means and the data stored in said data storage means;

tool path generating means for generating a tool path for machining said work based on the tool, the machining pattern and the machining process selected and determined by said machining process determining means, the data input from said input means, the data



stored in said data storage means and the result of predictive calculation by said predictive calculation means;

5 machining conditions determining means for
determining the conditions for machining said work
including the rotational speed of the main spindle and
the feed rate of said machine tool based on the tool path
generated by said tool path generating means, the data
stored in said data storage means and the result of
10 predictive calculation by said predictive calculation
means; and

 numerical control means for controlling
the operation of the machine tool of said machining
system according to the tool path generated by said tool
15 path generating means and the machining conditions
determined by said machining conditions determining
means.

THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

5 A control apparatus 100 for a machine tool comprises
input means 1 for inputting machining profile data 1a on
the final profile of a work and workpiece data 1b on the
material and profile of the workpiece to be machined,
data storage means 3 for storing at least one of machine
data representing machine specifications of the machine
tool 11 for machining the work and tool data representing
10 the specifications of the tools held in the machine tool,
and tool path determining means 5 for generating a tool
path for machining the work and determining the
conditions for machining the work including the
rotational speed of the main spindle and the feed rate of
15 the machine tool 11 based on the data input from said
input means and the data stored in said data storage
means.

This Sheet Has Been Replaced



Fig.1

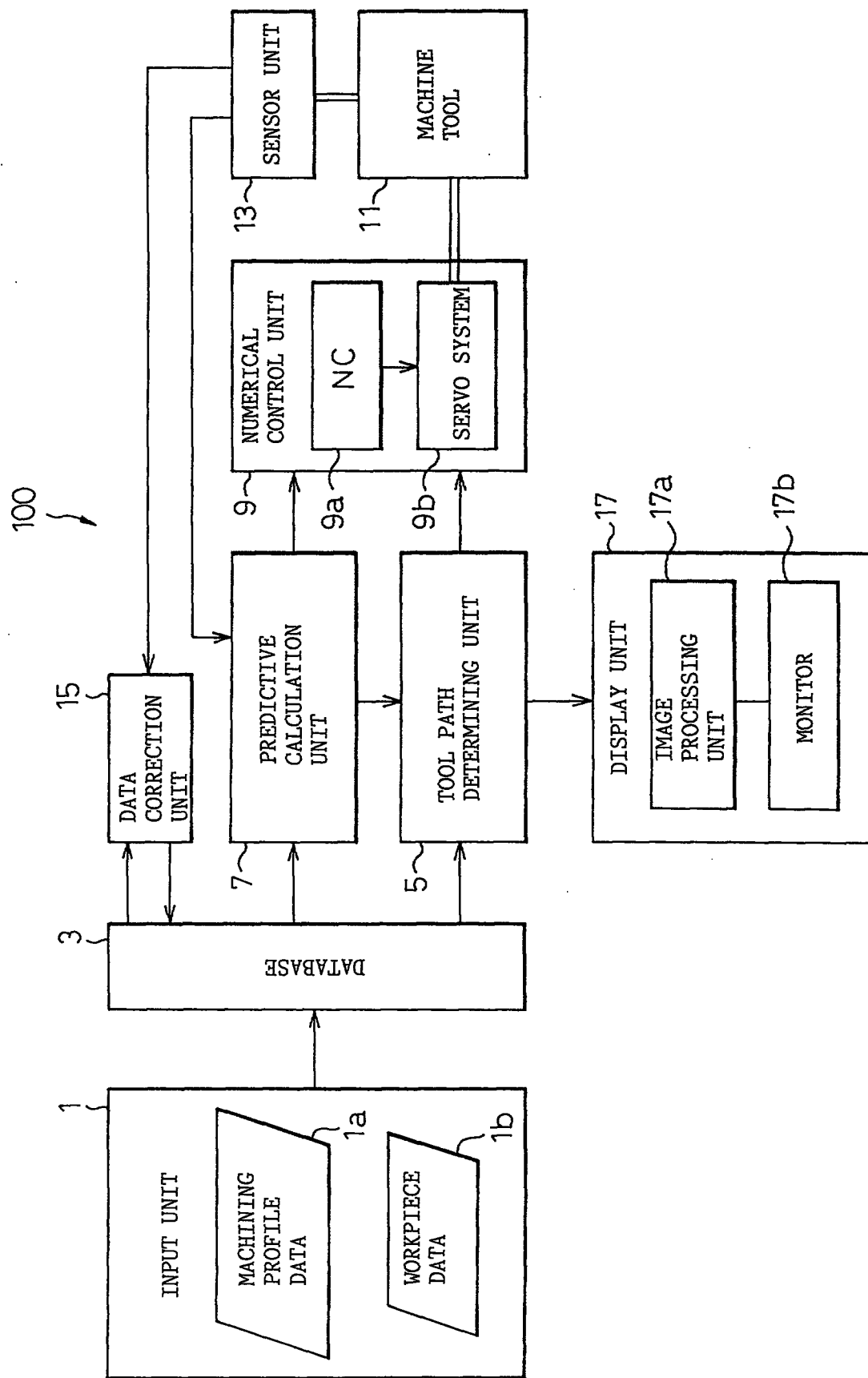


Fig.2

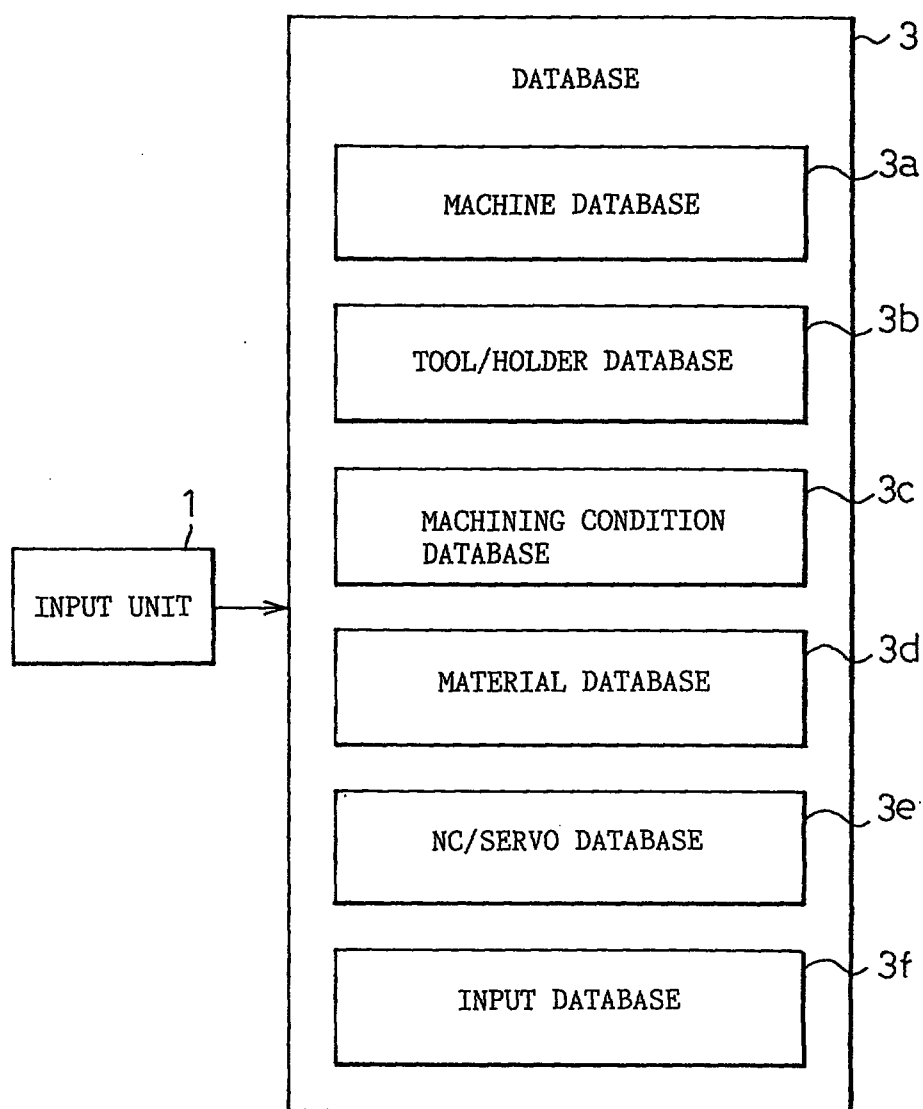


Fig.3

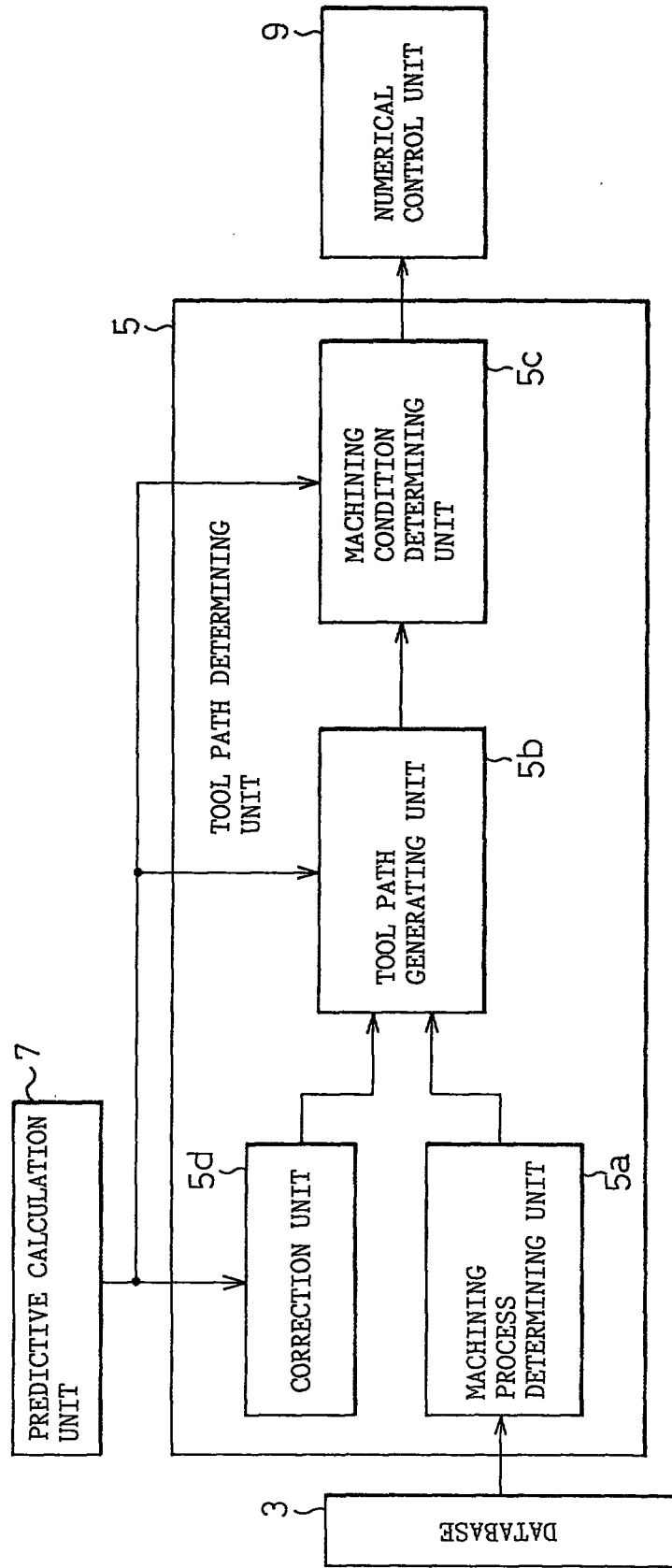


Fig.4

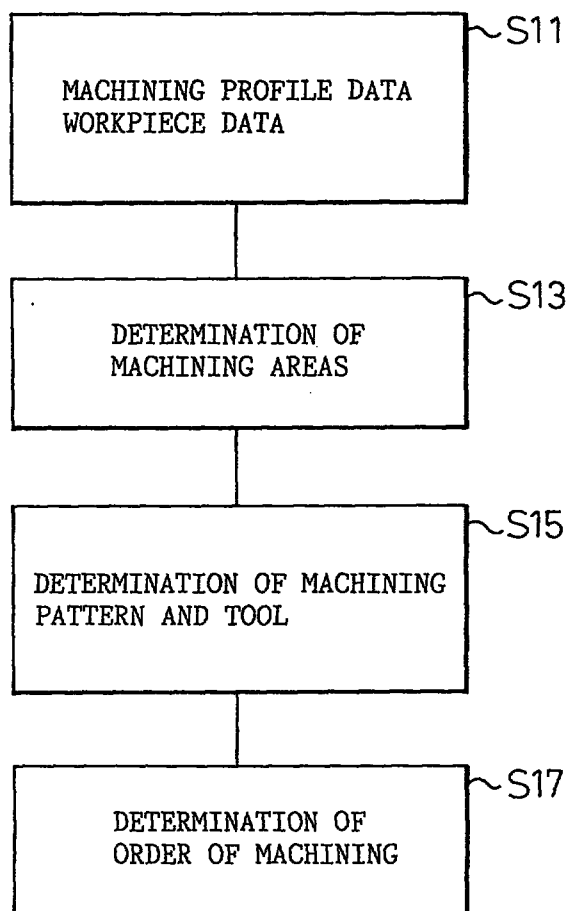


Fig.5A

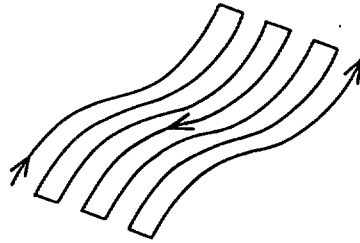


Fig.5B

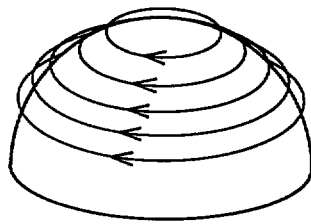


Fig.5C

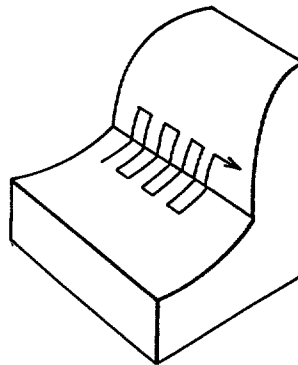


Fig.5D

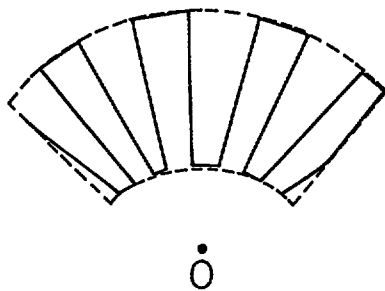


Fig.5E

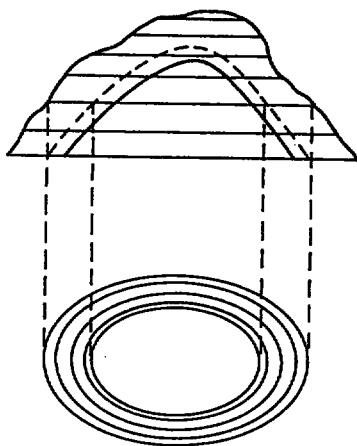


Fig.5F

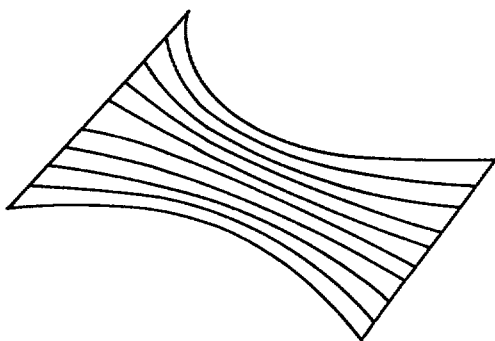


Fig. 5G

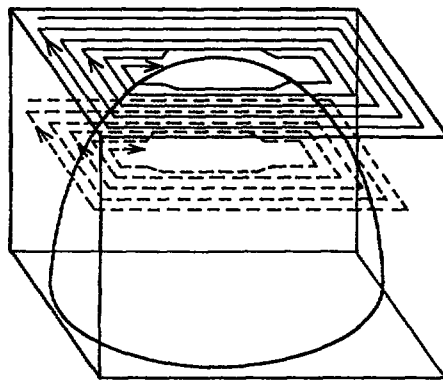


Fig. 5H

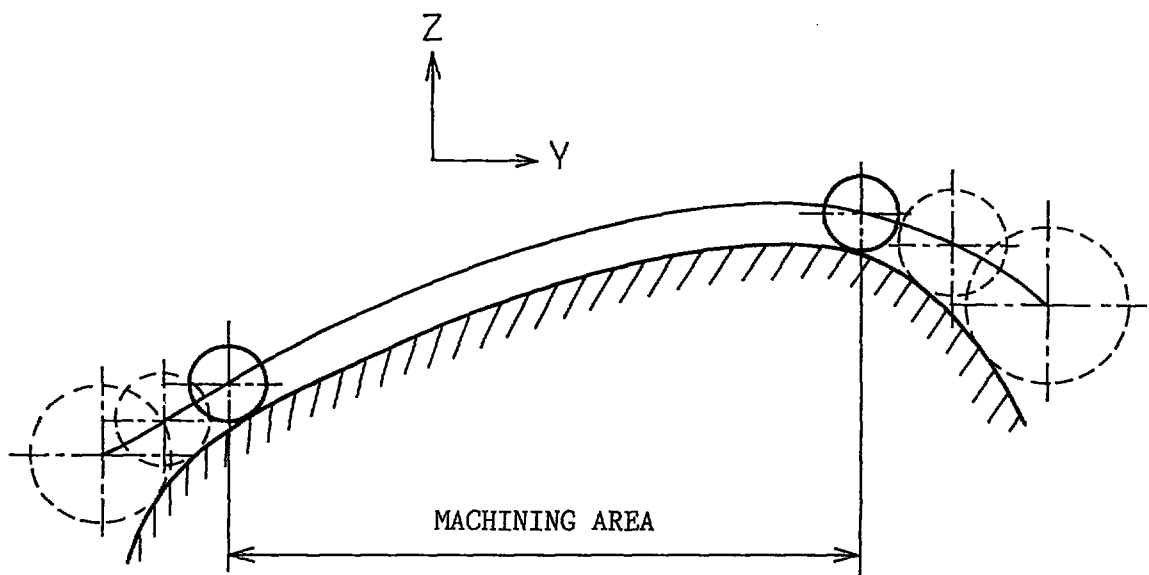


Fig.6

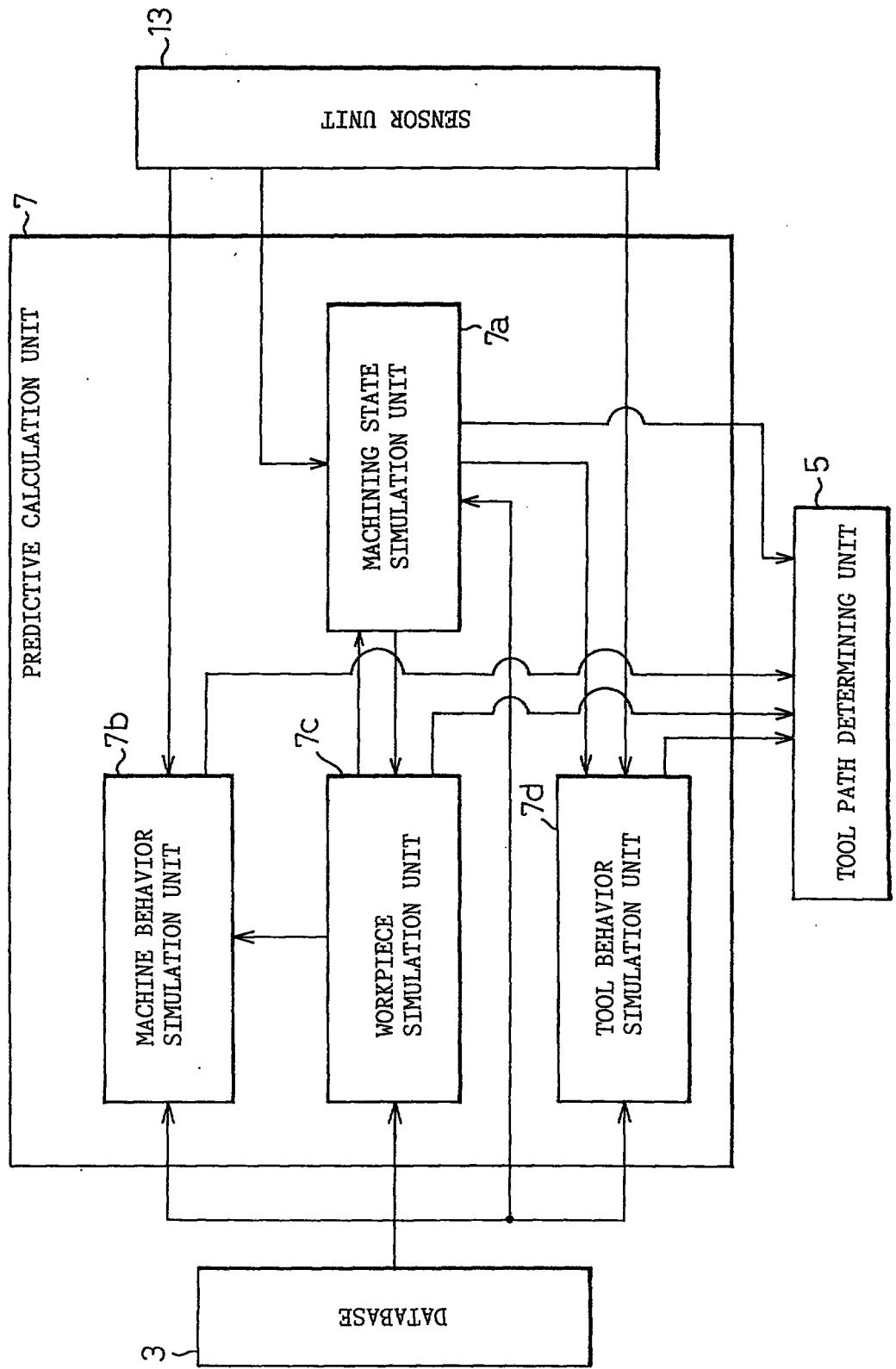


Fig.7A

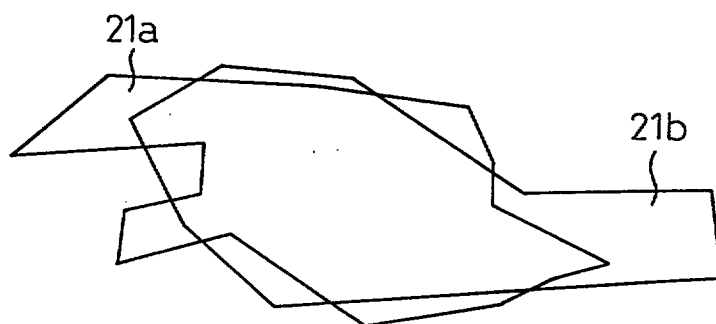


Fig.7B

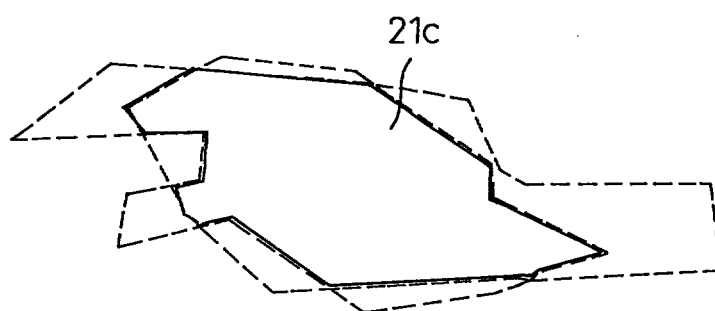
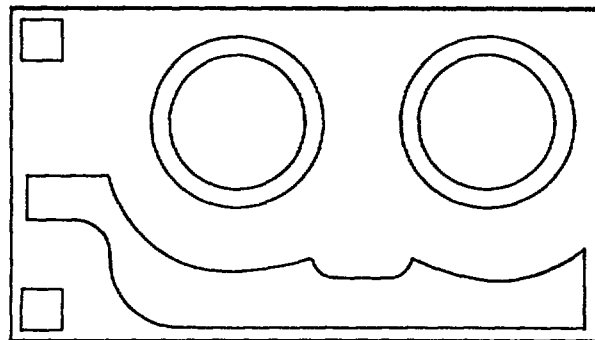
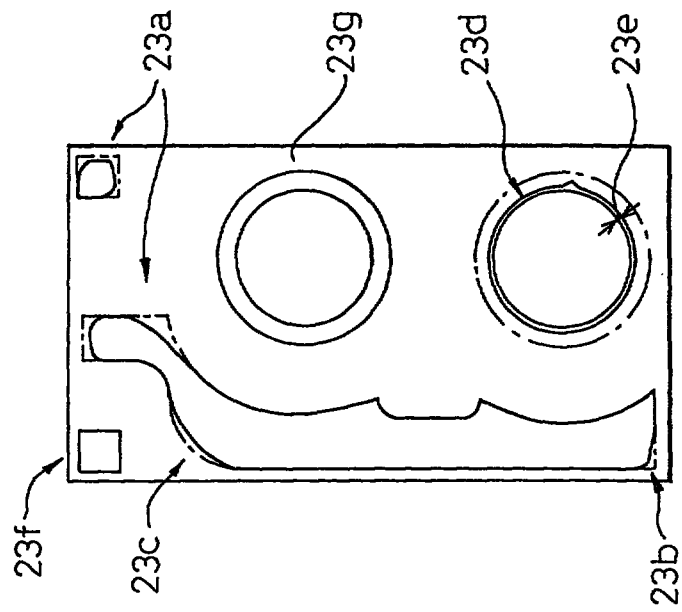


Fig. 8B

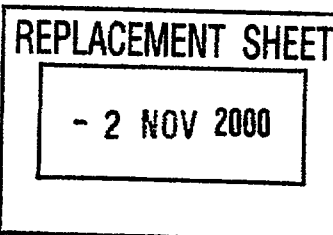


Fi. 8B



Box III TEXT OF THE ABSTRACT (Continuation of item 5 of the first sheet)

A control apparatus (100) for a machine tool comprises input means (1) for inputting machining profile data (1a) on the final profile of a work and workpiece data (1b) on the material and profile of the workpiece to be machined, data storage means (3) for storing at least one of machine data representing machine specifications of the machine tool (11) for machining the work and tool data representing the specifications of the tools held in the machine tool, and tool path determining means (5) for generating a tool path for machining the work and determining the conditions for machining the work including the rotational speed of the main spindle and the feed rate of the machine tool (11) based on the data input stored in said data storage means.





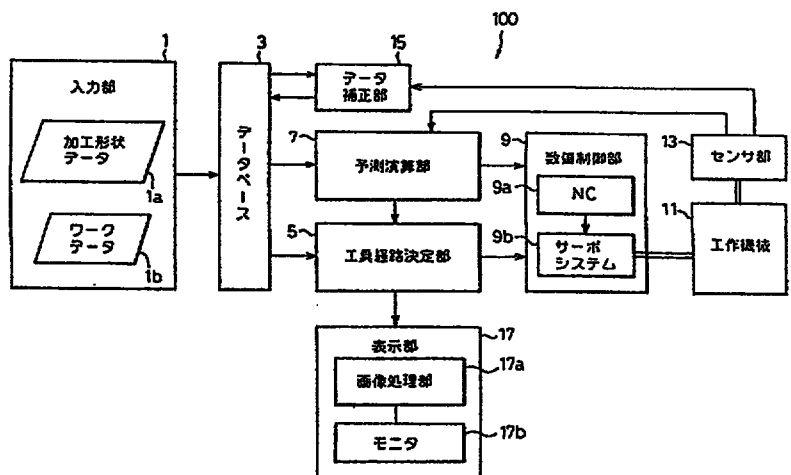
(51) 国際特許分類6 B23Q 15/00, G05B 19/4093	A1	(11) 国際公開番号 WO98/41357 (43) 国際公開日 1998年9月24日(24.09.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/01074 (22) 国際出願日 1998年3月13日(13.03.98) (30) 優先権データ 特願平9/82194 1997年3月15日(15.03.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 牧野フライス製作所 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.)[JP/JP] 〒152-0031 東京都目黒区中根2丁目3番19号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 吉田 順(YOSHIDA, Jun)[JP/JP] 川名 啓(KAWANA, Akira)[JP/JP] 井上真一(INOUE, Shinichi)[JP/JP] 久木達也(HISAKI, Tatsuya)[JP/JP] 〒243-0308 神奈川県愛甲郡愛川町三増359番地の3 株式会社 牧野フライス製作所内 Kanagawa, (JP) (74) 代理人 弁理士 石田 敬, 外(ISHIDA, Takashi et al.) 〒105-8423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 CA, IL, JP, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title: MACHINING PROCESSOR

(54) 発明の名称 加工処理装置

(57) Abstract

A controller (100) of a machine has an input means (1) for inputting machining shape data (1a) concerning the final shape of a work and work data (1b) concerning the material and shape of the work before being machined, a data storing means (3) in which machine data representing the machine specifications of the machine (11) which machines the work and/or tool data on tools that the machine has, are stored, and a tool path determining means (5) which generates a tool path along which the work is machined in accordance with the data inputted through the input means and the data stored in the data storing means, and which determines the machining conditions for the machining of the work such as the rotational speed of the main shaft and the feeding speed of the machine (11).



- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 ... input unit | 9b ... servo-system |
| 1a ... machining shape data | 11 ... machine |
| 1b ... work data | 13 ... sensor unit |
| 3 ... data base | 15 ... data correcting unit |
| 5 ... tool path determining unit | 17 ... display unit |
| 7 ... estimating arithmetic unit | 17a ... image processing unit |
| 9 ... numerical control unit | 17b ... monitor |

工作機械の制御装置 100 が、最終的なワークの形状に関する加工形状データ 1a、加工前のワークの材質、形状に関するワークデータ 1b を入力する入力手段 1 と、ワークを加工する工作機械 11 の機械仕様を表す機械データ、工作機械が保有する工具の工具仕様を表す工具データのうち少なくとも 1 つを格納するデータ格納手段 3 と、入力手段により入力されたデータ、データ格納手段に格納されたデータに基づき、ワークを加工する工具経路を生成すると共に、工作機械 11 の主軸回転速度、送り速度等のワークを加工する際の加工条件を決定する工具経路決定手段 5 とを有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード（参考情報）

[illegible]