

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7701572号
(P7701572)

(45)発行日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(24)登録日 令和7年6月23日(2025.6.23)

(51)国際特許分類			F I		
B 2 3 P	23/02	(2006.01)	B 2 3 P	23/02	Z
B 2 3 P	23/00	(2006.01)	B 2 3 P	23/00	A
B 2 3 Q	1/48	(2006.01)	B 2 3 Q	1/48	D
B 2 3 Q	1/50	(2006.01)	B 2 3 Q	1/50	A
B 2 3 Q	1/62	(2006.01)	B 2 3 Q	1/62	A
			請求項の数 17 (全61頁) 最終頁に続く		
(21)出願番号 特願2024-536127(P2024-536127)			(73)特許権者 000114787		
(86)(22)出願日 令和5年11月27日(2023.11.27)			ヤマザキマザック株式会社		
(86)国際出願番号 PCT/JP2023/042370			愛知県丹羽郡大口町竹田一丁目131番地		
審査請求日 令和7年1月27日(2025.1.27)			(74)代理人 100196003		
早期審査対象出願			弁理士 石川 太郎		
			(72)発明者 堀部 和也		
			愛知県丹羽郡大口町竹田1-131 ヤマザキマザック株式会社内		
			(72)発明者 松原 英司		
			愛知県丹羽郡大口町竹田1-131 ヤマザキマザック株式会社内		
			(72)発明者 東恩納 薫		
			愛知県丹羽郡大口町竹田1-131 ヤマザキマザック株式会社内		
			最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 工作機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、

前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1回転工具を支持可能な加工ヘッド、および、前記加工ヘッドを3次元的に移動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、

第2回転工具の位置および向きを変更する多関節アームを有し、前記第2回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1ロボットと

を具備し、

前記ワーク支持装置は、第1軸まわりに前記テーブルを旋回させる第1駆動装置を有し、

前記加工ヘッドに支持される前記第1回転工具による前記ワークの面加工と、前記多関節アームに支持される前記第2回転工具によって前記ワークに穴を形成する加工と、を同時に実行可能である

工作機械。

【請求項2】

前記ワーク支持装置は、前記第1軸とは異なる第2軸まわりに前記テーブルを傾動させる第2駆動装置を有する

請求項1に記載の工作機械。

【請求項3】

前記第1加工装置は、前記第1回転工具を第1回転軸まわりに回転させる第1回転駆動

装置を有し、

前記第 1 軸が前記第 1 回転軸に平行な方向に対して実質的に垂直に配置されているか、あるいは、前記第 1 軸が前記第 1 回転軸に平行な方向に対して実質的に垂直となるように前記テーブルを傾動可能である

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 4】

前記加工ヘッド、および、前記多関節アームが配置される加工室を規定する壁と、
前記テーブルによって支持される前記ワークに向けてクーラント液を供給するクーラント液供給装置と
を具備する

10

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 5】

前記ワーク支持装置は、前記第 1 軸まわりの異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、前記テーブルを割り出し可能であり、

平面視において、前記ワーク支持装置の周囲の異なる 2 つの角度位置に、それぞれ、前記第 1 ロボット、および、前記第 1 加工装置が配置される

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 6】

加工室を規定する壁と、
前記壁に形成されたワーク通過口を開閉するドアと
を具備し、

20

平面視において、前記第 1 加工装置と前記ワーク通過口との間に前記ワーク支持装置が配置され、

平面視において、前記ワーク支持装置の周囲に、前記ワーク通過口、前記第 1 ロボット、および、前記第 1 加工装置が配置される

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 7】

前記ワーク支持装置は、前記第 1 軸まわりの異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、前記テーブルを割り出し可能であり、

平面視において、前記ワーク支持装置の周囲の異なる 3 つの角度位置に、それぞれ、前記第 1 ロボット、前記第 1 加工装置、および、前記ワーク通過口が配置される

30

請求項 6 に記載の工作機械。

【請求項 8】

平面視において、前記第 1 加工装置から前記ワーク支持装置に向かう方向を第 1 方向と定義するとき、前記テーブルおよび前記第 1 駆動装置を含むテーブル装置を前記第 1 方向に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置を具備する

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 9】

前記テーブル装置は、少なくとも進出位置と退避位置との間で、前記第 1 方向に平行な方向に移動可能であり、

40

前記進出位置は、前記第 1 加工装置を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工可能な位置であり、

前記退避位置は、前記テーブルに支持される前記ワークを、前記第 1 加工装置に干渉させることなく前記第 1 軸まわりに回転させることが可能な位置である

請求項 8 に記載の工作機械。

【請求項 10】

平面視において、前記第 1 加工装置から前記ワーク支持装置に向かう方向を第 1 方向と定義するとき、前記第 1 加工装置を前記第 1 方向に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置を具備する

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

50

【請求項 1 1】

前記第 1 加工装置は、進出位置と退避位置との間で前記第 1 方向に平行な方向に移動可能であり、

前記進出位置は、前記第 1 加工装置を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工可能な位置であり、

前記退避位置は、前記テーブルに支持される前記ワークを、前記第 1 加工装置に干渉させることなく前記第 1 軸まわりに回転させることが可能な位置である

請求項 1 0 に記載の工作機械。

【請求項 1 2】

前記ワークの面加工が、前記第 1 加工装置のみによって行われ、

前記ワークに複数の穴を形成する加工が、前記第 1 加工装置および前記第 1 ロボットの両方によって分担して行われる

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 1 3】

前記第 1 ロボットを制御する制御装置を更に具備し、

前記第 1 ロボットは、前記多関節アームの先端部に配置されるリストを有し、

前記制御装置は、前記第 2 駆動装置が前記第 2 軸まわりの前記ワークの姿勢を変更することに応じて、前記リストの位置および向きを補正する指令を前記第 1 ロボットに送信する

請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 1 4】

前記第 2 駆動装置を制御する制御装置を更に具備し、

前記制御装置は、メモリに記憶された加工プログラムを実行することにより、前記ワークの傾斜面が、前記第 1 回転工具の回転軸である第 1 回転軸に対して傾斜した姿勢から、前記ワークの前記傾斜面が、前記第 1 回転軸に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、前記第 2 駆動装置に傾動指令を送信するように構成される

請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 1 5】

前記第 1 ロボットは、前記多関節アームに取り付けられ前記第 2 回転工具を支持可能な工具支持装置を有し、

前記工具支持装置は、

前記第 2 回転工具を回転軸まわりに回転させる回転駆動装置と、

前記第 2 回転工具を前記回転軸に平行な方向に移動させる工具移動装置とを有する

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 1 6】

前記テーブルおよび前記第 1 駆動装置を含むテーブル装置を移動可能に支持するリニアガイドを具備し、

前記テーブル装置が前記リニアガイドによってガイドされる方向を第 3 方向と定義し、前記テーブル装置によって占有される領域を前記第 3 方向に平行な方向に仮想的に延長することにより形成される領域を仮想領域と定義するとき、前記第 1 加工装置は、平面視において、前記仮想領域と重なる位置に配置され、

前記第 1 ロボットは、平面視において、前記仮想領域の一側部に配置される

請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

【請求項 1 7】

加工室を規定する壁と、

前記壁に形成されたワーク通過口を開閉するドアとを具備し、

前記テーブルが前記第 1 加工装置に最も近い位置にあるときの前記テーブルの面積中心を第 1 中心と定義し、平面視において前記第 1 中心から前記ワーク通過口の中心に向かう方向を 1 2 時の方向と定義するとき、前記第 1 加工装置は、平面視において、前記第 1 中

10

20

30

40

50

心から5時の方向に延びる半直線、前記第1中心から6時の方向に延びる半直線、および、前記第1中心から7時の方向に延びる半直線のうちの少なくとも1つと重なる位置に配置され、

前記第1ロボットは、平面視において、前記第1中心から2時の方向に延びる半直線、前記第1中心から3時の方向に延びる半直線、前記第1中心から4時の方向に延びる半直線、前記第1中心から8時の方向に延びる半直線、前記第1中心から9時の方向に延びる半直線、前記第1中心から10時の方向に延びる半直線のうちの少なくとも1つと重なる位置に配置される

請求項1または2に記載の工作機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械、および、ワーク加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

生産効率向上のため、複数の加工ヘッドを有する工作機械を用いることが知られている。

【0003】

関連する技術として、特許文献1には、マシニングセンタが開示されている。特許文献1に記載のマシニングセンタは、第1加工ヘッドと、第2加工ヘッドとを有する。

【0004】

また、特許文献2には、機械加工システムが開示されている。特許文献2に記載の機械加工システムは、複数の軌道モジュールを接続して形成されたプラットフォームと、プラットフォームの軌道上を移動する複数の加工ユニットとを備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2000-296429号公報

【文献】特開2023-134393号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、加工の効率化と、設置スペースの拡大抑制と、加工精度の維持とを実現可能な工作機械、および、ワーク加工方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

いくつかの実施形態における工作機械は、ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1回転工具を支持可能な加工ヘッド、および、前記加工ヘッドを3次的に移動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、第2回転工具の位置および向きを変更する多関節アームを有し、前記第2回転工具を用いて前記テーブルによって支持される前記ワークを加工する第1ロボットと、を具備する。前記ワーク支持装置は、第1軸まわりに前記テーブルを回転させる第1駆動装置を有する。

【0008】

いくつかの実施形態におけるワーク加工方法は、ワークを、直接的または間接的に、ワーク支持装置のテーブルに取り付ける工程と、前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1加工装置の加工ヘッドによって順次支持される第1群の回転工具を用いて加工する第1加工工程と、前記テーブルによって支持された前記ワークを、第1ロボットの多関節アームによって順次支持される第2群の回転工具を用いて加工する第2加工工程と、前記ワークを支持する前記テーブルを第1軸まわりに回転させる工程と、を具備する。前記第1加工工程は、複数の直動装置を用いて、前記加工ヘッドを移動させることを含む。

前記第 1 加工工程の一部と前記第 2 加工工程の一部とが同時に実行された後、前記ワークを支持する前記テーブルが前記第 1 軸まわりに旋回される。前記ワークを支持する前記テーブルが前記第 1 軸まわりに旋回された後、前記第 1 加工工程の一部と前記第 2 加工工程の一部とが同時に実行される。

【発明の効果】

【0009】

本発明により、加工の効率化と、設置スペースの拡大抑制と、加工精度の維持とを実現可能な工作機械、および、ワーク加工方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】図 1 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 2】図 2 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 3】図 3 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 4】図 4 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 5】図 5 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 6】図 6 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 7】図 7 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 8】図 8 は、第 1 の実施形態の第 1 変形例における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 9】図 9 は、加工ヘッドの一部分を模式的に示す概略側面図である。

【図 10】図 10 は、第 1 ロボットおよび支持台の一例を模式的に示す概略斜視図である。

【図 11】図 11 は、多関節アームに取り付けられる工具支持装置の一例を拡大して示す概略斜視図である。

【図 12】図 12 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 13】図 13 は、第 1 の実施形態の第 2 変形例における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 14】図 14 は、第 1 の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。

【図 15】図 15 は、第 1 の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

【図 16】図 16 は、第 1 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 17】図 17 は、第 2 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 18】図 18 は、変形例における加工ヘッドを模式的に示す概略側面図である。

【図 19】図 19 は、第 2 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 20】図 20 は、第 2 ロボットおよび支持台の一例を模式的に示す概略斜視図である。

【図 21】図 21 は、第 2 多関節アームに取り付けられる第 2 工具支持装置の一例を拡大して示す概略斜視図である。

【図 22】図 22 は、第 2 の実施形態における工作機械システムを模式的に示す概略平面図である。

【図 23】図 23 は、第 2 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略平面図である。

【図 24】図 24 は、少なくとも 1 つの工具交換装置が、加工ヘッドに支持された第 1 回転工具を他の第 1 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

【図 25】図 25 は、少なくとも 1 つの工具交換装置が、第 1 ロボットの工具支持装置に支持された第 2 回転工具を他の第 2 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

【図 26】図 26 は、少なくとも 1 つの工具交換装置が、第 2 ロボットの第 2 工具支持装置に支持された第 3 回転工具を他の第 3 回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。

【図 27】図 27 は、第 2 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 28】図 28 は、第 2 の実施形態における工作機械を模式的に示す概略斜視図である。

【図 29】図 29 は、制御装置が複数の制御対象機器を制御可能な様子を模式的に示す図

10

20

30

40

50

である。

【図 3 0】図 3 0 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 1】図 3 1 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 2】図 3 2 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 3】図 3 3 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 4】図 3 4 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

10

【図 3 5】図 3 5 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 6】図 3 6 は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。

【図 3 7】図 3 7 は、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。

【図 3 8】図 3 8 は、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

【図 3 9】図 3 9 は、可動壁の一部を拡大して示す概略正面図である。

20

【図 4 0】図 4 0 は、第 1 加工装置と第 1 ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

【図 4 1】図 4 1 は、第 1 加工装置と第 1 ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

【図 4 2】図 4 2 は、第 1 加工装置と第 1 ロボットと第 2 ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

【図 4 3】図 4 3 は、第 1 加工装置と第 1 ロボットと第 2 ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

【図 4 4】図 4 4 は、第 1 加工装置と第 1 ロボットとの間の配置関係の一例を模式的に示す概略平面図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、実施形態における工作機械 1、および、ワーク加工方法について説明する。なお、以下の実施形態の説明において、同一の機能を有する部位、部材については同一の符号を付し、同一の符号が付された部位、部材についての繰り返しとなる説明は省略する。

【0012】

(用語の定義)

図 1 に記載の例において、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 3 0 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、加工ヘッド 3 0 によって支持される回転工具のことを総称して第 1 回転工具と呼ぶ。また、加工ヘッド 3 0 によって順次支持される複数の回転工具のことを、第 1 群の回転工具と呼ぶ。

40

【0013】

図 1 に記載の例において、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 5 0 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、多関節アーム 5 0 によって支持される回転工具のことを総称して第 2 回転工具と呼ぶ。また、多関節アーム 5 0 によって順次支持される複数の回転工具のことを、第 2 群の回転工具と呼ぶ。

【0014】

図 1 7 に記載の例において、第 2 ロボット 6 の第 2 多関節アーム 6 0 は、回転工具を支持可能である。本明細書において、第 2 多関節アーム 6 0 によって支持される回転工具の

50

ことを総称して第3回転工具と呼ぶ。また、第2多関節アーム60によって順次支持される複数の回転工具のことを、第3群の回転工具と呼ぶ。

【0015】

本明細書において、「実質的」と明記されていない場合でも、「平行」には、実質的な平行が含まれるものとする。公差、製造誤差、摩耗、部材間の遊び等に起因して、厳密な数学的平行を実現することは困難である。よって、本明細書において、「実質的」の記載を伴わない「平行」の用語は、すべて、「実質的に平行」に読み替え可能であるものとする。

【0016】

本明細書において、「実質的」と明記されていない場合でも、「垂直」には、実質的な垂直が含まれるものとする。公差、製造誤差、摩耗、部材間の遊び等に起因して、厳密な数学的垂直を実現することは困難である。よって、本明細書において、「実質的」の記載を伴わない「垂直」の用語は、すべて、「実質的に垂直」に読み替え可能であるものとする。

【0017】

(方向の定義)

本明細書において、平面視において第1加工装置3からワーク支持装置2に向かう方向(より具体的には、平面視において第1加工装置3からテーブル装置20に向かう方向)を第1方向DR1と定義する。図17に例示されるように、本明細書において、第1支持台25aから第2支持台25bに向かう方向を第2方向DR2と定義する。図17に記載の例では、第2方向DR2は、第1方向DR1と垂直である。

【0018】

(第1の実施形態)

図1乃至図16を参照して、第1の実施形態における工作機械1A、および、ワーク加工方法について説明する。図1乃至図3は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略斜視図である。図4乃至図7は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図8は、第1の実施形態の第1変形例における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図9は、加工ヘッド30の一部分を模式的に示す概略側面図である。図10は、第1ロボット5および支持台13aの一例を模式的に示す概略斜視図である。図11は、多関節アーム50に取り付けられる工具支持装置53の一例を拡大して示す概略斜視図である。図12は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図13は、第1の実施形態の第2変形例における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。図14は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。図15は、第1の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。図16は、第1の実施形態における工作機械1Aを模式的に示す概略平面図である。

【0019】

図1に例示されるように、第1の実施形態における工作機械1Aは、ワーク支持装置2と、第1加工装置3と、第1ロボット5と、を具備する。

【0020】

図2に例示されるように、ワーク支持装置2は、ワークWを支持するテーブル21を有する。より具体的には、ワーク支持装置2は、ワークWを直接的または間接的に支持するテーブル21を有する。図2に記載の例では、テーブル21は、治具Jを介してワークWを支持する。代替的に、テーブル21は、直接的にワークWを支持してもよい。

【0021】

第1加工装置3は、加工ヘッド30、および、複数の直動装置4を有する。加工ヘッド30は、テーブル21によって支持されるワークWを加工する第1回転工具T1を支持可能である。

【0022】

複数の直動装置4は、加工ヘッド30を3次元的に移動させる。より具体的には、複数

10

20

30

40

50

の直動装置 4 は、3 つの異なる軸の各々に平行な方向に加工ヘッド 30 を移動させる。

【0023】

図 2 に記載の例において、第 1 ロボット 5 は、第 2 回転工具 T2 を用いてテーブル 21 によって支持されるワーク W を加工する。第 1 ロボット 5 は、第 2 回転工具 T2 の位置および向きを変更する多関節アーム 50 を有する。第 1 ロボット 5 は、多関節ロボットであるということもできる。

【0024】

図 2 および図 3 に記載の例では、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 AX1 まわりにテーブル 21 を回転させる第 1 駆動装置 23（例えば、モータ）を有する。第 1 駆動装置 23 は、テーブル 21 を、第 1 軸 AX1 まわりに、360 度回転させることができることが好ましい。

10

【0025】

第 1 の実施形態における工作機械 1A では、テーブル 21 によって支持されるワーク W を、第 1 加工装置 3 に支持された第 1 回転工具 T1 と、第 1 ロボット 5 に支持された第 2 回転工具 T2 とを含む複数の工具を用いて加工することができる。よって、ワーク W の加工効率が向上する。

【0026】

また、第 1 の実施形態における工作機械 1A では、テーブル 21 によって支持されるワーク W を加工可能な位置に、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の両方が配置される。よって、工作機械 1A の設置スペースの拡大が抑制される。

20

【0027】

第 1 の実施形態では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 30 を 3 次元的に移動させる複数の直動装置 4 を有する。よって、第 1 加工装置 3 は、多関節アーム 50 を有する第 1 ロボット 5 と比較して、高精度な加工を実行可能である。例えば、高精度が要求される加工を第 1 加工装置 3 に担当させ、精度要求が相対的に低い加工を第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の両方に分担させることができる。

【0028】

第 1 の実施形態では、図 2 および図 3 に例示されるように、ワーク支持装置 2 が、第 1 軸 AX1 まわりにテーブル 21 を回転させる第 1 駆動装置 23 を有する。このため、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T1 を用いて、ワーク W の第 1 主面 Wa（より具体的には、ワーク W の正面）と、ワーク W の第 2 主面 Wb（より具体的には、ワーク W の背面）との両方を加工することができる。

30

【0029】

図 2 に例示されるように、ワーク W が第 1 主面 Wa と、第 2 主面 Wb と、第 1 側面 Wc（例えば、左側面）と、第 2 側面 Wd（例えば、右側面）と、を有する場合を想定する。図 2 に記載の例では、第 1 加工装置 3 がワーク W の第 1 主面 Wa の加工を行うときに、第 1 ロボット 5 はワーク W の第 1 側面 Wc を加工可能である（必要であれば、図 40 を参照）。また、図 2 に示される状態から図 3 に示される状態にテーブル 21 が回転された後、第 1 加工装置 3 は、第 1 主面 Wa の反対側に位置する第 2 主面 Wb を加工することができる。また、図 2 に示される状態から図 3 に示される状態にテーブル 21 が回転された後、第 1 ロボット 5 は、第 1 側面 Wc の反対側に位置する第 2 側面 Wd を加工することができる。図 2 および図 3 に記載の例では（あるいは、図 40 および図 41 に記載の例では）、工作機械 1A は、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とによってテーブル 21 に支持されるワーク W を同時加工することと、当該ワーク W を支持するテーブル 21 を第 1 軸 AX1 まわりに所定角度（所定角度は、例えば、45 度、90 度、180 度等である。）回転させることと、再度、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とによってテーブル 21 に支持されるワーク W を同時加工することとを、シーケンシャルに実行可能である。

40

【0030】

（任意付加的な構成）

続いて、図 1 乃至図 16 を参照して、第 1 の実施形態（あるいは、後述の第 2 の実施形

50

態)において採用可能な任意付加的な構成について説明する。

【0031】

(ワークW)

第1の実施形態、あるいは、第2の実施形態において、工作機械1によって加工されるワークWは、例えば、金属製のワークである。ワークWが金属製ワークである場合、本明細書における「工作機械」の用語は、「金属加工装置」に読み替え可能である。工作機械1によって加工されるワークWは、アルミ製のワークであってもよい。工作機械1によって加工されるワークWは、アルミ製の鋳物部品であってもよい。

【0032】

工作機械1によって加工されるワークWは、自動車部品であってもよいし、その他のワークであってもよい。ワークWは、自動車の車体フレームの一部であってもよい。工作機械1によって加工されるワークWは、小型ワークであってもよいし、大型ワークであってもよい。図2に例示されるように、ワークWが大型ワークである場合、ワークWの高さ(より具体的には、ワークWの底面から頂面Weまでの距離)は、例えば、1000mm以上、あるいは、1500mm以上であってもよい。ワークWが大型ワークである場合、ワークWの幅(より具体的には、ワークWの第1側面WcとワークWの第2側面Wdとの間の距離の最大値)は、例えば、1000mm以上、あるいは、1500mm以上であってもよい。ワークWが大型ワークである場合、ワークWの奥行き(より具体的には、第1主面Waと第2主面Wbとの間の距離の最大値)は、例えば、300mm以上、あるいは、500mm以上であってもよい。

【0033】

(ワーク支持装置2)

図1に記載の例では、ワーク支持装置2は、テーブル21と、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回可能に支持するブロック22と、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる第1駆動装置23と、を有する。なお、テーブル21およびブロック22の各々は、1つの部品によって構成されていてもよく、複数の部品のアセンブリによって構成されていてもよい。図1に記載の例では、第1軸AX1は、水平面に対して実質的に垂直である。代替的に、第1軸AX1は、水平面に対して傾斜していてもよい。更に代替的に、第1軸AX1は、水平面に対して実質的に平行であってもよい。

【0034】

図1に記載の例では、テーブル21と、第1駆動装置23とが、テーブル装置20に含まれている。換言すれば、工作機械1A(より具体的には、ワーク支持装置2)は、テーブル装置20を有し、当該テーブル装置20は、テーブル21と、テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる第1駆動装置23と、を有する。付加的に、テーブル装置20は、テーブル21を旋回可能に支持するブロック22を含んでいてもよい。

【0035】

図1に例示されるように、工作機械1Aは、テーブル装置20を第1方向DR1に移動可能に支持するガイドレール24を有していてもよい。

【0036】

図1に記載の例では、工作機械1Aは、テーブル21および第1駆動装置23を含むテーブル装置20を第1方向DR1に平行な方向に移動させる第3駆動装置18(例えば、モータ)を有する。第3駆動装置18は、テーブル装置20をガイドレール24に沿って移動させる。

【0037】

図4に記載の例では、テーブル装置20は、少なくとも受取位置P1と進出位置P2との間で、第1方向DR1に平行な方向に移動可能である。受取位置P1は、工作機械1Aの外部から搬入されるワークWをテーブル装置20(より具体的には、テーブル21)が受け取る位置である。進出位置P2は、第1加工装置3を用いてテーブル21によって支持されるワークWを加工可能な位置である。受取位置P1は、進出位置P2よりも第1方向DR1側にある。

【0038】

図5に記載の例では、テーブル装置20は、少なくとも進出位置P2と退避位置P3との間で、第1方向DR1に平行な方向に移動可能である。進出位置P2は、第1加工装置3を用いてテーブル21によって支持されるワークWを加工可能な位置である。退避位置P3は、テーブル21に支持されるワークWを、第1加工装置3（あるいは、後述の可動壁11b）に干渉させることなく第1軸AX1まわりに旋回させることが可能な位置である（図6を参照。）。退避位置P3は、進出位置P2よりも第1方向DR1側にある。

【0039】

テーブル装置20を退避位置P3に移動可能である場合、テーブル21に大型のワークWが支持された状態で、当該テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることができる。

10

【0040】

代替的に、あるいは、付加的に、図8に例示されるように、工作機械1Aは、第1加工装置3を第1方向DR1に平行な方向に移動させる第4駆動装置19d（例えば、モータ）を備えていてもよい。第4駆動装置19dは、第1加工装置3の全体、あるいは、加工ヘッド30を支持するコラム38cを含む構造体を第1方向DR1に平行な方向に移動させる。工作機械1Aは、第1方向DR1に平行な方向に延在するガイドレール19rを備えていてもよい。ガイドレール19rは、第1加工装置3の全体、あるいは、加工ヘッド30を支持するコラム38cを含む構造体の移動をガイドする。

【0041】

20

図8に記載の例では、第1加工装置3は、進出位置P4と退避位置P5との間で第1方向DR1に平行な方向に移動可能である。進出位置P4は、第1加工装置3を用いてテーブル21によって支持されるワークWを加工可能な位置である。退避位置P5は、テーブル21に支持されるワークWを、第1加工装置3（あるいは、後述の可動壁11b）に干渉させることなく第1軸AX1まわりに旋回させることが可能な位置である。

【0042】

第1加工装置3を退避位置P5に移動可能である場合、テーブル21に大型のワークWが支持された状態で、当該テーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることができる。

【0043】

(加工ヘッド30)

30

図9に例示されるように、加工ヘッド30は、スピンドル31と、支持体32と、軸受33と、を有する。

【0044】

スピンドル31は、第1回転工具T1を保持可能である。スピンドル31は、第1回転軸AD1まわりを回転可能である。

【0045】

支持体32は、軸受33を介して、スピンドル31を第1回転軸AD1まわりに回転可能に支持する。

【0046】

第1加工装置3（より具体的には、加工ヘッド30）は、第1回転駆動装置34を有する。第1回転駆動装置34は、第1回転工具T1を、第1回転軸AD1まわりに回転させる。より具体的には、第1回転駆動装置34は、スピンドル31を第1回転軸AD1まわりに回転させることにより、スピンドル31に保持された第1回転工具T1を第1回転軸AD1まわりに回転させる。

40

【0047】

図1に記載の例では、第1回転軸AD1は、鉛直方向と非平行であり、より具体的には、第1回転軸AD1は、鉛直方向と実質的に垂直である。この場合、第1回転軸AD1まわりに回転する第1回転工具T1がワークWに接触することにより生成される切屑が、下方向に排出され易い。

【0048】

50

図 1 に記載の例では、第 1 軸 A X 1（換言すれば、テーブル 2 1 の旋回軸）が第 1 回転軸 A D 1 に平行な方向に対して実質的に垂直に配置されている。この場合、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸まわりに旋回させることにより、ワーク W の加工対象表面を第 1 回転工具 T 1 に向けることができる。より具体的には、第 1 軸 A X 1 まわりの各割り出し位置にテーブル 2 1 を旋回させることにより、ワーク W の第 1 軸 A X 1 に平行な各加工対象表面を、第 1 回転軸 A D 1 に対して正対させることができる。

【 0 0 4 9 】

なお、第 1 軸 A X 1 が第 1 回転軸 A D 1 に平行な方向に対して実質的に垂直となるようにテーブル 2 1 を傾動可能であってもよい（必要であれば、図 1 7 を参照。）。この場合も、第 1 軸 A X 1 まわりの各割り出し位置にテーブル 2 1 を旋回させることにより、ワーク W の第 1 軸 A X 1 に平行な各加工対象表面を、第 1 回転軸 A D 1 に対して正対させることができる。加えて、テーブル 2 1 が第 1 軸 A X 1 とは異なる第 2 軸 A X 2 軸まわりに傾動可能である場合（必要であれば、図 1 7 を参照。）、第 1 軸 A X 1 まわりのテーブル 2 1 の旋回と、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 2 1 の傾動とを組み合わせることにより、ワーク W の任意の加工対象表面を、第 1 回転軸 A D 1 に対して正対させることができる。

【 0 0 5 0 】

（第 1 ロボット 5）

図 1 0 に記載の例では、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 5 0 を有し、多関節アーム 5 0 は、少なくとも 6 つの回転軸（R X 1、R X 2、R X 3、R X 4、R X 5、R X 6）を有する。より具体的には、多関節アーム 5 0 は、支持台 1 3 a に対して第 1 旋回軸 R X 1 まわりに旋回可能な第 1 部分 5 1 a と、第 1 部分 5 1 a に対して第 1 傾動軸 R X 2 まわりに傾動可能な第 2 部分 5 1 b と、第 2 部分 5 1 b に対して第 2 傾動軸 R X 3 まわりに傾動可能な第 3 部分 5 1 c と、第 3 部分 5 1 c に対して第 2 旋回軸 R X 4 まわりに旋回可能な第 4 部分 5 1 d と、第 4 部分 5 1 d に対して第 3 傾動軸 R X 5 まわりに傾動可能な第 5 部分 5 1 e と、第 5 部分 5 1 e に対して第 3 旋回軸 R X 6 まわりに旋回可能な第 6 部分 5 1 f と、を有する。図 1 0 に記載の例では、多関節アーム 5 0 は、少なくとも 3 つの傾動軸と、少なくとも 3 つの旋回軸とを有する。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 に記載の例では、多関節アーム 5 0 の先端部にリスト 5 2 が配置されている。換言すれば、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 5 0 の先端部に配置されるリスト 5 2 を有する。図 1 0 に記載の例では、リスト 5 2 は、上述の第 6 部分 5 1 f によって構成されている。第 1 ロボット 5 は、リスト 5 2 の位置、および、向きを自由に変更することができる。

【 0 0 5 2 】

第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 5 0 の複数の関節を動かす複数のアーム駆動装置（例えば、複数のモータ M T）を有する。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 に記載の例では、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 5 0（より具体的には、リスト 5 2）に取り付けられる工具支持装置 5 3 を有する。工具支持装置 5 3 は、第 2 回転工具 T 2 を支持可能である。

【 0 0 5 4 】

工具支持装置 5 3 は、第 2 回転工具 T 2 を第 2 回転軸 A D 2 まわりに回転させる第 2 回転駆動装置 5 4（より具体的には、モータ）を有する。

【 0 0 5 5 】

図 1 1 に記載の例では、工具支持装置 5 3 は、多関節アーム 5 0（より具体的には、リスト 5 2）に取り付けられる固定部 5 6 と、固定部 5 6 に対して、第 2 回転軸 A D 2 に平行な方向に直線的に相対移動可能な可動部 5 7 とを、有する。固定部 5 6 は、第 2 回転軸 A D 2 に平行な方向への可動部 5 7 の移動をガイドするリニアガイド 5 6 r を有していてもよい。第 2 回転工具 T 2 は、可動部 5 7 に配置されたスピンドルに取り付けられる。

【 0 0 5 6 】

図 1 1 に記載の例では、工具支持装置 5 3 は、第 2 回転工具 T 2 を第 2 回転軸 A D 2 に

平行な方向に移動させる工具移動装置（以下、「工具直動装置５５」という。）を有する。工具直動装置５５は、駆動源として、モータ、電動シリンダ等を有する。また、図１１に記載の例では、工具直動装置５５は、工具支持装置５３の固定部５６に対する工具支持装置５３の可動部５７の移動をガイドするリニアガイド５６ｒを有する。工具直動装置５５は、ボールねじ、ラックアンドピニオン等を含んでいてもよい。

【００５７】

工具支持装置５３が、第２回転駆動装置５４と工具直動装置５５とを有する場合、第２回転工具Ｔ２を第２回転軸ＡＤ２まわりに回転させつつ、第２回転工具Ｔ２を第２回転軸ＡＤ２に平行な方向に移動させることができる。よって、第２回転工具Ｔ２がワークＷに接触した後に、リスト５２の位置を変更することなく、第２回転工具Ｔ２を用いてワークＷに穴ＨＬを形成することができる。よって、ワークＷに穴を形成する加工の精度が維持される。換言すれば、第１ロボット５に多関節が存在することに起因する加工精度の低下は避けられないが、当該多関節が角度固定された状態でワークＷに穴を形成する加工が行われるため、過度な加工精度の低下は防止される。

【００５８】

図１に記載の例では、工作機械１Ａは、第１ロボット５を支持する支持台１３ａを有する。図１に記載の例では、支持台１３ａの上面１３１ａの高さは、テーブル２１の上面の高さよりも高い。また、支持台１３ａの上面１３１ａの高さは、テーブル装置２０の最上端の高さよりも高い。図１に記載の例では、支持台１３ａは、工作機械１Ａのベース１０に対して相対移動不能である。代替的に、支持台１３ａは、工作機械１Ａのベース１０に対して相対移動可能であってもよい。換言すれば、第１ロボット５の全体が、ベース１０に対して相対移動可能であってもよい。

【００５９】

（加工室ＣＢ、クーラント液供給装置９１）

図１２に記載の例では、工作機械１Ａは、壁１１によって規定される加工室ＣＢと、クーラント液供給装置９１とを備える。図１２において、加工室ＣＢを視認し易くするために、加工室ＣＢには、ドットによるハッチングが付加されている。

【００６０】

図１２に記載の例では、工作機械１Ａは、加工室ＣＢを規定する壁１１を有し、加工室ＣＢに、加工ヘッド３０と、第１ロボット５の多関節アーム５０とが配置されている。図１２に記載の例では、壁１１の一部（より具体的には、壁１１の一部である可動壁１１ｂ）は、加工室ＣＢと、加工ヘッド３０を３次元的移動させる複数の直動装置４の全体または大部分が配置される第２室ＣＤとを仕切る仕切壁である。

【００６１】

図１２に記載の例では、加工室ＣＢを規定する壁１１は、固定壁１１ａと、可動壁１１ｂとを有する。可動壁１１ｂは、加工ヘッド３０の移動に追従して移動する。

【００６２】

図３９に例示されるように、可動壁１１ｂは、鉛直方向に平行な方向における加工ヘッド３０の移動に追従して伸縮する第１可動壁１１ｂ－１と、水平面に平行な方向における加工ヘッド３０の移動に追従して伸縮する第２可動壁１１ｂ－２とを含んでいてもよい。

【００６３】

クーラント液供給装置９１は、テーブル２１によって支持されるワークＷに向けてクーラント液を供給する。クーラント液供給装置９１は、クーラント液を射出する射出ノズル９１ｎを有することが好ましい。図１２に記載の例では、加工ヘッド３０に射出ノズル９１ｎが配置されている。代替的に、あるいは、付加的に、第１ロボット５が射出ノズル９１ｎを有していてもよい。また、工作機械１Ａの天井部等に射出ノズル９１ｎが配置されていてもよい。

【００６４】

工作機械１Ａがクーラント液供給装置９１を有する場合、摩擦熱に起因する工具の過度な温度上昇が抑制され、また、ワークＷと回転工具との間の潤滑特性が向上する。更に、

10

20

30

40

50

ワークWに切屑が留まることが防止される。クーラント液をワークWに供給可能である場合、第1加工装置3を用いて、金属製のワークWを重切削することも可能である。

【0065】

クーラント液が飛散する加工室内には、一般的には、ロボットの多関節アームは配置されない。これに対し、図12に記載の例では、クーラント液が飛散する加工室CB内に、第1ロボット5の多関節アーム50が配置されている。多関節アーム50とクーラント液との相性が悪い場合には、多関節アーム50の一部（例えば、多関節アーム50の関節部分）、あるいは、多関節アーム50の実質的全体が、フレキシブルカバーで覆われてもよい。

【0066】

図12に記載の例では、ワーク通過口OPがドア12によって塞がれている。よって、ワークWに向けて供給されるクーラント液が、ワーク通過口OPを介して、工作機械1Aの外部に漏出することが防止される。

【0067】

（ワーク通過口OP、ドア12）

図4に記載の例では、加工室CBを規定する壁11にワークWが通過するワーク通過口OPが形成されている。図4に記載の例では、ワーク通過口OPは、固定壁11aに形成されている。

【0068】

図4に記載の例では、工作機械1Aは、加工室CBを規定する壁11と、当該壁11に形成されたワーク通過口OPを開閉するドア12と、を備える。ドア12が開位置にあるとき、工作機械1Aの外部から加工室CB内にワークWを搬入することができる。また、ドア12が開位置にあるとき、ワーク支持装置2のテーブル21から工作機械1Aの外部にワークWを搬出することができる。ドア12は、片開き式のドアであってもよいし、両開き式のドアであってもよいし、その他の形式のドアであってもよい。

【0069】

図4に記載の例では、平面視において、第1加工装置3とワーク通過口OPとの間にワーク支持装置2（より具体的には、テーブル装置20）が配置されている。よって、ワークWの搬入または搬出に際して、第1加工装置3が邪魔になることがない。例えば、ワークWの搬入または搬出時に、ワークWが第1加工装置3に衝突することが抑制され、当該衝突に起因して第1加工装置3が損傷することが抑制される。

【0070】

図12に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置2（より具体的には、テーブル装置20）の周囲に、反時計まわりに、ワーク通過口OP、第1ロボット5、第1加工装置3が、この順に配置されている。代替的に、平面視において、ワーク支持装置2（より具体的には、テーブル装置20）の周囲に、時計まわりに、ワーク通過口OP、第1ロボット5、第1加工装置3が、この順に配置されていてもよい。ワーク支持装置2を中心として、ワーク支持装置2の周囲に、ワーク通過口OP、第1ロボット5、および、第1加工装置3が配置される場合、平面視における工作機械1Aのサイズをコンパクトにすることができる。

【0071】

図12に記載の例では、第1加工装置3と第1ロボット5とが、平面視においてワーク支持装置2を中心として互いに略90度異なる領域に位置する。この場合、第1加工装置3を用いてワークWの第1主面Waまたは第2主面Wbが加工される際に、第1ロボット5を用いてワークWの側面を加工し易い。

【0072】

図12に記載の例では、加工室CBを規定する壁11が、第1壁11-1（例えば、上述の可動壁11bである第1壁11-1）と、当該第1壁11-1に対向する第2壁11-2と、第1壁11-1の一側部と第2壁11-2の一側部とを接続する第3壁11-3と、第3壁11-3に対向する第4壁11-4とを有する。そして、第1加工装置3の加

10

20

30

40

50

工ヘッド 30 が第 1 壁 11-1 の近傍に配置され、第 2 壁 11-2 にワーク通過口 OP が形成され、第 1 ロボット 5 が、第 3 壁 11-3 の近傍に配置されている。

【0073】

代替的に、図 13 に例示されるように、平面視において、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 が、ワーク支持装置 2 を挟むように配置されていてもよい。換言すれば、平面視において、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 との間にワーク支持装置 2 が配置されていてもよい。図 13 に記載の例において、テーブル装置 20 は、ワーク通過口 OP に向かう方向に移動可能であってもよい。

【0074】

(制御装置 7)

図 4 に記載の例では、工作機械 1A は、制御装置 7 を有する。制御装置 7 は、1 つのコンピュータによって構成されていてもよく、複数のコンピュータによって構成されていてもよい。例えば、工作機械 1A は、第 1 加工装置 3 およびワーク支持装置 2 を制御する第 1 のコンピュータと、第 1 ロボット 5 を制御する第 2 のコンピュータとを有していてもよい。この場合、第 1 のコンピュータと第 2 のコンピュータとは互いに通信し、第 1 のコンピュータと第 2 のコンピュータとが協働して工作機械 1A の制御装置 7 として機能する。

【0075】

制御装置 7 は、ワーク支持装置 2、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 を制御する。付加的に、制御装置 7 は、テーブル装置 20 を第 1 方向 DR1 に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置 18、および／または、第 1 加工装置 3 を第 1 方向 DR1 に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置 19d (必要であれば、図 8 を参照。) を制御してもよい。

【0076】

図 4 に記載の例では、制御装置 7 は、加工プログラムおよびデータを記憶するメモリ 72 と、メモリ 72 に記憶された加工プログラムを実行するプロセッサ 70 と、を有する。加工プログラムがプロセッサ 70 によって実行されることにより、制御装置 7 は、複数の制御指令 (例えば、後述の旋回指令 E1、移動指令 E3、第 1 回転指令 E4、第 1 動作指令 E5、第 2 回転指令 E6、工具移動指令 E7、テーブル移動指令 E11、加工装置移動指令 E12 等) を生成する。また、制御装置 7 は、生成された複数の制御指令を、複数の制御対象機器 (例えば、ワーク支持装置 2、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、第 3 駆動装置 18、図 8 に示される第 4 駆動装置 19d 等) に送信する。

【0077】

(第 1 加工装置 3 と、第 1 ロボット 5 とによる加工の分担)

図 2 に記載の例では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T1-1 を用いて、ワーク W を面加工 (例えば、フライス加工) することができる。第 1 加工装置 3 は高精度な加工が可能であるため、ワーク W の面加工を、好適に担当することができる。図 2 に示される第 1 回転工具 T1-1 は、フライス工具であってもよい。ワーク W の面加工が、第 1 加工装置 3 のみによって行われる場合、全ての面加工の精度が高精度に維持される。換言すれば、加工プログラムを実行する制御装置 7 は、ワーク W の面加工の全てを第 1 加工装置 3 に担当させることが好ましい。

【0078】

図 3 に記載の例において、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 の各々は、ワーク W に穴 HL を形成する加工を行うことができる。なお、本明細書において、ワーク W に穴を形成する加工には、ワーク W に穴を開ける加工 (換言すれば、ドリル加工) と、ワーク W の穴部にネジを形成する加工 (換言すれば、タップ加工) の両方が包含されるものとする。

【0079】

図 3 に記載の例では、第 1 加工装置 3 は、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T1-2 を用いて、ワーク W に穴を形成することができる。図 3 に記載の例において、第 1 回転工具 T1-2 は、例えば、ドリルまたはタップ工具である。また、第 1 ロボット 5 は、多関節アーム 50 に支持される第 2 回転工具 T2-2 を用いて、ワーク W に穴を形成することができる。図 3 に記載の例において、第 2 回転工具 T2-2 は、例えば、ドリルま

10

20

30

40

50

たはタップ工具である。

【0080】

ワークWに形成すべき穴の数が多い場合を想定する。図3に記載の例では、ワークWに複数の穴H1を形成する加工が、第1加工装置3および第1ロボット5の両方によって分担して行われる。よって、ワークWに多数の穴を形成することが、効率的に、より短時間で行われる。換言すれば、加工プログラムを実行する制御装置7は、ワークWに複数の穴を形成する加工の一部分を第1加工装置3に担当させ、ワークWに複数の穴を形成する加工の他の一部分を第1ロボット5に担当させることが好ましい。

【0081】

(ワーク加工方法)

続いて、第1の実施形態におけるワーク加工方法について説明する。第1の実施形態におけるワーク加工方法は、第1の実施形態における工作機械1Aを用いて行われてもよいし、他の工作機械1Aを用いて行われてもよい。

【0082】

第1ステップST1において、ワークWが、直接的または間接的に、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付けられる。第1ステップST1は、取付工程である。図4に記載の例では、第1ステップST1において、ワークWが、治具Jを介して、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付けられる。治具Jは、ワークWを治具Jに固定するチャックJ1（例えば、油圧チャックまたは電動チャック）を有していてもよい。図4に記載の例では、テーブル21に治具Jが固定されており、治具JにワークWが固定されている。

【0083】

第2ステップST2において、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される（図14を参照。）。第2ステップST2は、第1判断工程である。第1判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラムに基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

【0084】

第1判断工程（第2ステップST2）において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であると判断された場合、第1軸AX1まわりのワークWの旋回（より具体的には、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）が実行される。

【0085】

例えば、第1判断工程（第2ステップST2）において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される（旋回工程：第3ステップST3）。旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）は、ワーク支持装置2が有する第1駆動装置23を用いて行われる。換言すれば、旋回工程（第3ステップST3）において、第1駆動装置23は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる。

【0086】

図15に例示されるように、旋回工程（第3ステップST3）は、テーブル装置20を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。より具体的には、制御装置7によって、ワークWの直線的な移動と、ワークWの旋回との両方が必要であると判断された場合、テーブル装置20が直線的に移動され、且つ、テーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。

【0087】

例えば、ワークWの直線的な移動と、ワークWの旋回との両方が必要であると判断された場合、第1ステップST1（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、且つ、ワークWの向きが、受取位置P1におけるワークWの向きから、ワーク加工の初期段階に適したワークWの向きに変更される。

【0088】

10

20

30

40

50

他方、ワークWの直線的な移動のみが必要であると判断された場合、第1ステップST1（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、テーブル21の第1軸AX1まわりの回転角は維持される。

【0089】

制御装置7によってワークWの姿勢変更は不要と判断された場合（第2ステップST2：No）、または、ワークWの姿勢変更を完了した場合（第3ステップST3の完了）、第4ステップST4、および、第5ステップST5に進む。

【0090】

第4ステップST4において、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具（T1-1、T1-2）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第4ステップST4は、第1加工工程である。

【0091】

図2および図3に記載の例では、第1群の回転工具は、第1回転工具T1-1（例えば、フライス工具）と、他の第1回転工具T1-2（例えば、ドリルまたはタップ工具）とを含む。加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1-1を他の第1回転工具T1-1に交換することは、例えば、第1工具交換装置80a（必要であれば、図24を参照。）を用いて行われる。

【0092】

図2および図3に記載の例において、第1加工工程（第4ステップST4）は、テーブル21によって支持されたワークWに第1群の回転工具のいずれかが接触している状態で、複数の直動装置4を用いて、加工ヘッド30を移動させることを含む。ワークWの加工が、複数の直動装置4を用いて加工ヘッド30を移動させることによって行われる場合、ワークWの加工を高精度に行うことができる。

【0093】

なお、第1群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第1群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

【0094】

第5ステップST5において、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具（T2-1、T2-2）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第5ステップST5は、第2加工工程である。第2群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第2群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

【0095】

図2および図3に記載の例では、第2群の回転工具は、第2回転工具T2-1（例えば、第1のドリル）と、他の第2回転工具T2-2（例えば、第2のドリル、または、タップ工具）とを含む。多関節アーム50に支持される第2回転工具T2-1を他の第2回転工具T2-2に交換することは、例えば、第1工具交換装置、または、第1工具交換装置とは異なる第2工具交換装置を用いて行われる。

【0096】

図11に例示されるように、第2加工工程（第5ステップST5）は、多関節アーム50に取り付けられた工具支持装置53が、第2回転軸AD2まわりに回転する第2回転工具T2を、工具直動装置55を用いて、第2回転軸AD2に平行な方向に移動させることを含んでもよい。第2回転工具T2の移動が工具直動装置55を用いて行われる場合、第2回転工具T2を高精度に移動させることができる。

【0097】

第1加工工程（第4ステップST4）の一部と、第2加工工程（第5ステップST5）の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程（第4ステップST4）の一部は、第2加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第2加工工程（第5ステッ

10

20

30

40

50

プ S T 5)の一部は、第 1 加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

【 0 0 9 8 】

第 6 ステップ S T 6 において、ワーク W の加工を完了したか否かが判断される。第 6 ステップ S T 6 は、第 2 判断工程である。第 2 判断工程は、制御装置 7 によって行われる。より具体的には、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラムに基づいて、ワーク W の加工を完了したか否かを判断する。

【 0 0 9 9 】

第 2 判断工程 (第 6 ステップ S T 6) において、制御装置 7 によって、ワーク W の加工が完了していないと判断された場合 (第 6 ステップ S T 6 : N o)、第 2 ステップ S T 2 に戻る。

【 0 1 0 0 】

例えば、第 1 加工工程 (第 4 ステップ S T 4) の一部と、第 2 加工工程 (第 5 ステップ S T 5) の一部とが実行された後、第 2 ステップ S T 2 において、制御装置 7 によって、ワーク W の姿勢変更が必要であるか否かが判断される (より具体的には、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要であるか否かが判断される。)。より具体的には、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラムに基づいて、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要であるか否かを判断する。

【 0 1 0 1 】

第 1 判断工程 (第 2 ステップ S T 2) において、制御装置 7 によって、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要であると判断された場合 (第 2 ステップ S T 2 : Y e s)、第 3 ステップ S T 3 において、第 1 軸 A X 1 まわりにワーク W が旋回される (旋回工程)。

【 0 1 0 2 】

旋回工程は、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることを含む。図 2 および図 3 に記載の例において、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させる工程は、ワーク支持装置 2 が有する第 1 駆動装置 2 3 を用いて行われる。換言すれば、第 3 ステップ S T 3 において、第 1 駆動装置 2 3 は、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させる。

【 0 1 0 3 】

なお、ワーク W を支持するテーブル 2 1 の第 1 軸 A X 1 まわりの旋回の直前に、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方から離れる方向に直線的に移動され、ワーク W を支持するテーブル 2 1 の第 1 軸 A X 1 まわりの旋回の直後に、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方に近づく方向に直線的に移動されてもよい。テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方から離れる方向に移動されることにより、テーブル 2 1 の旋回時に、テーブル 2 1 およびワーク W が、第 1 加工装置 3 と干渉することが防止される。

【 0 1 0 4 】

例えば、第 1 判断工程 (第 2 ステップ S T 2) において、制御装置 7 によって、少なくとも、ワーク W の直線的な移動、および、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要と判断された場合、図 5 乃至図 7 に例示されるように、(1) テーブル装置 2 0 を進出位置 P 2 から退避位置 P 3 に移動させることと (図 5 を参照。)、(2) テーブル装置 2 0 が退避位置 P 3 に位置する状態において、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることと (図 6 を参照。)、(3) テーブル装置 2 0 を退避位置 P 3 から進出位置 P 2 に戻すことと (図 7 を参照。)、が実行されてもよい。なお、加工対象のワーク W が小型のワークである場合には、旋回工程 (第 3 ステップ S T 3) のみが実行され、テーブル装置 2 0 の移動は、不要である。

【 0 1 0 5 】

ワークの姿勢が変更された後 (より具体的には、旋回工程が実行された後)、再度、第 1 加工工程 (第 4 ステップ S T 4) および第 5 加工工程 (第 5 ステップ S T 5) が実行される。

10

20

30

40

50

【0106】

第1加工工程（第4ステップST4）および第2加工工程（第5ステップST5）の実行後、第6ステップST6において、ワークWの加工を完了したか否かが判断される。

【0107】

第2判断工程（第6ステップST6）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了したと判断された場合（第6ステップST6：Yes）、図16に例示されるように、ワークWが取外位置P6に移動される（第7ステップST7）。第7ステップST7は、取外位置へのワーク移動工程である。

【0108】

図16に記載の例では、取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、テーブル装置20を、進出位置P2から取外位置P6に移動させることを含む。取外位置P6は、受取位置P1（図4を参照。）と同じ位置であってもよいし、受取位置P1とは異なる位置であってもよい。

10

【0109】

取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、ワークWの向きを変更することを含んでいてもよい。図16に記載の例では、取外位置へのワーク移動工程（第7ステップST7）は、ワークWを第1軸AX1まわりに旋回させることを含む。図16に記載の例では、進出位置P2と取外位置P6との間の位置で（より具体的には、退避位置P3で）、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。

【0110】

第8ステップST8において、ワークWが、テーブル21から取り外される。第8ステップST8は、取外工程である。取外工程（第8ステップST8）は、ドア12を閉位置から開位置に移動させることと、ワーク通過口OPを横切るように、ワークWを加工室CBから加工室CBの外に移動させることと、を含んでいてもよい。

20

【0111】

第1の実施形態におけるワーク加工方法では、図2、図5および図6に例示されるように、第1加工工程（第4ステップST4）の一部と第2加工工程（第5ステップST5）の一部とが同時に実行された後、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、1つの旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を旋回させる工程）の実行前に同時に実行される。

30

【0112】

また、第1の実施形態におけるワーク加工方法では、図6、図7、および、図3に例示されるように、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回された後、第1加工工程（第4ステップST4）の一部と第2加工工程（第5ステップST5）の一部とが同時に実行される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、上述の1つの旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を旋回させる工程）の実行後に同時に実行される。

40

【0113】

1つの旋回工程の前後で、第1加工工程の一部と第2加工工程の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工が、効率的に、より短時間で行われる。

【0114】

ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させ、その後、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、第1の実施形態におけるワーク加工方法は、当該加工サイクルを、「N」回以上繰り返し実行することを含んでい

50

てもよい。なお、「N」は、例えば、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、・・・である。

【0115】

上述の複数の加工サイクルのうちのいくつかにおいて、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とが同時に実行されてもよい。

【0116】

1つのワークWに対して、上述の加工サイクルが複数回実行されることにより、複雑な形状のワークWを、容易に加工することができる。また、上述の複数の加工サイクルのうちのいくつかにおいて、加工ヘッド30を用いた加工の一部と多関節アーム50を用いた加工の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工効率が向上する。

【0117】

図2に記載の例では、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具に、面加工工具（例えば、フライス工具）が含まれ、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具に、穴形成工具（例えば、ドリル、または、タップ工具）が含まれる。第1の実施形態におけるワーク加工方法において、加工ヘッド30によって支持された面加工工具（例えば、フライス工具）によるワークWの面加工と、多関節アーム50によって支持された穴形成工具（例えば、ドリル、または、タップ工具）によってワークWに穴を形成する加工とが同時に実行されてもよい。

【0118】

（第2の実施形態）

図17乃至図38を参照して、第2の実施形態における工作機械1B、および、ワーク加工方法について説明する。図17は、第2の実施形態における工作機械1Bを模式的に示す概略斜視図である。図18は、変形例における加工ヘッド30を模式的に示す概略側面図である。図19は、第2の実施形態における工作機械1Bを模式的に示す概略平面図である。図20は、第2ロボット6および支持台13bの一例を模式的に示す概略斜視図である。図21は、第2多関節アーム60に取り付けられる第2工具支持装置63の一例を拡大して示す概略斜視図である。図22は、第2の実施形態における工作機械システム100を模式的に示す概略平面図である。図23は、第2の実施形態における工作機械1Bを模式的に示す概略平面図である。図24は、少なくとも1つの工具交換装置8が、加工ヘッド30に支持された第1回転工具T1を他の第1回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図25は、少なくとも1つの工具交換装置8が、第1ロボットの工具支持装置53に支持された第2回転工具T2を他の第2回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図26は、少なくとも1つの工具交換装置8が、第2ロボットの第2工具支持装置63に支持された第3回転工具T3を他の第3回転工具に交換可能な様子を模式的に示す図である。図27および図28は、第2の実施形態における工作機械1Bを模式的に示す概略斜視図である。図29は、制御装置7が複数の制御対象機器を制御可能な様子を模式的に示す図である。図30乃至図36の各々は、ワーク加工方法の一工程が実行されている様子を拡大して示す概略斜視図である。図37は、第2の実施形態におけるワーク加工方法の一例を示すフローチャートである。図38は、第2の実施形態におけるワーク加工方法の他の一例を示すフローチャートである。

【0119】

図17に例示されるように、第2の実施形態において、ワーク支持装置2は、第2軸AX2まわりにテーブル21を傾動させる第2駆動装置26を有する。代替的に、あるいは、付加的に、第2の実施形態における工作機械1Bは、第2ロボット6を備える。

【0120】

第2の実施形態では、第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。他方、第2の実施形態では、第1の実施形態で説明済みの事項についての繰り返しとなる説明は省略する。したがって、第2の実施形態において、明示的に説明をしなかったとしても、第1の実施

形態において説明済みの事項を第２の実施形態に適用できることは言うまでもない。逆に、第２の実施形態で説明される全ての事項は、第１の実施形態に適用可能である。

【０１２１】

図１７に記載の例では、第２の実施形態における工作機械１Ｂは、（１）ワークを支持するテーブル２１を有するワーク支持装置２と、（２）テーブル２１によって支持されるワークを加工する第１回転工具Ｔ１を支持可能な加工ヘッド３０、および、加工ヘッド３０を３次元的に移動させる複数の直動装置４を有する第１加工装置３と、（３）第２回転工具Ｔ２の位置および向きを変更する多関節アーム５０を有し、第２回転工具Ｔ２を用いてテーブル２１によって支持されるワークを加工する第１ロボット５と、を具備する。また、ワーク支持装置２は、第１軸ＡＸ１まわりにテーブル２１を回転させる第１駆動装置２３を有する。

10

【０１２２】

よって、第２の実施形態における工作機械１Ｂは、第１の実施形態における工作機械１Ａと同様の効果を奏する。

【０１２３】

（任意付加的な構成）

続いて、図１乃至図３８を参照して、第２の実施形態（あるいは、上述の第１の実施形態）において採用可能な任意付加的な構成について説明する。

【０１２４】

（第２駆動装置２６）

図１７に記載の例では、ワーク支持装置２は、第２軸ＡＸ２まわりにテーブル２１を傾動させる第２駆動装置２６（例えば、モータ）を有する。図１７に記載の例において、第２駆動装置２６は、ブロック２２を第２軸ＡＸ２まわりに傾動させることにより、ブロック２２に支持されたテーブル２１を第２軸ＡＸ２まわりに傾動させる。図１７に記載の例において、第２軸ＡＸ２は、第１軸ＡＸ１とは異なる軸である。より具体的には、第２軸ＡＸ２は、第１軸ＡＸ１に垂直である。第２軸ＡＸ２は、水平面に実質的に平行であってもよい。

20

【０１２５】

ワーク支持装置２が傾動軸を有する場合（換言すれば、テーブル２１が第２軸ＡＸ２まわりに傾動可能である場合）、第１回転工具Ｔ１の第１回転軸ＡＤ１に対して、ワークＷの傾斜面ＷＳ（必要であれば、図３３を参照。）を垂直に配置することができる。よって、加工ヘッド３０を用いた高精度な加工を、ワークＷの傾斜面ＷＳに適用することができる。よって、ワークＷの傾斜面ＷＳに対する精密加工を、必ずしも、工作機械１とは別の工作機械に担当させる必要がない。工作機械の台数が削減されることにより、事業所における工作機械の設置スペースを低減することができる。なお、ワークＷの傾斜面ＷＳとは、より具体的には、第１軸ＡＸに対して傾斜した面、あるいは、テーブル２１の上面に対して傾斜した面である。

30

【０１２６】

図３１乃至図３３に記載の例では、ワーク支持装置２（より具体的には、第２駆動装置２６）は、ワークＷの傾斜面ＷＳが、第１回転工具Ｔ１の第１回転軸ＡＤ１に対して傾斜した姿勢（より具体的には、図３１に例示されるように、ワークＷの傾斜面ＷＳが水平面に対して傾斜した姿勢）から、ワークＷの傾斜面ＷＳが、第１回転工具Ｔ１の第１回転軸ＡＤ１に対して実質的に垂直な姿勢（より具体的には、図３３に例示されるように、ワークＷの傾斜面ＷＳが水平面に対して実質的に垂直な姿勢）に姿勢変更されるよう、テーブル２１を第２軸ＡＸ２まわりに傾動させることができる。

40

【０１２７】

より具体的には、制御装置７は、メモリ７２に記憶された加工プログラムを実行することにより、ワークＷの傾斜面ＷＳが、第１回転工具Ｔ１の第１回転軸ＡＤ１に対して傾斜した姿勢から、ワークＷの傾斜面ＷＳが、第１回転工具Ｔ１の第１回転軸ＡＤ１に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、第２駆動装置２６に傾動指令Ｅ２（必要であ

50

れば、図 29 を参照。) を送信する。傾動指令 E 2 を受け取る第 2 駆動装置 26 は、ワーク W の傾斜面 W S が、第 1 回転工具 T 1 の第 1 回転軸 A D 1 に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更されるよう、テーブル 21 を第 2 軸 A X 2 まわりに傾動させる。

【0128】

図 33 に記載の例では、工作機械 1 は、ワーク W の傾斜面 W S が、第 1 回転軸 A D 1 に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、加工ヘッド 30 に支持された第 1 回転工具 T 1 によって、ワーク W の当該傾斜面 W S を加工可能なように構成されている。

【0129】

より具体的には、ワーク W の傾斜面 W S が、第 1 回転軸 A D 1 に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、制御装置 7 は、メモリ 72 に記憶された加工プログラムを実行することにより、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転状態の穴形成工具 T 1-5 (例えば、タップ工具、または、穴開け工具) が、第 1 回転軸 A D 1 に沿って直線的に移動するよう、複数の直動装置 4 のうちの 1 つである第 1 直動装置 41 に、第 1 移動指令 E 3-1 (必要であれば、図 29 を参照。) を送信する。第 1 移動指令 E 3-1 を受け取る第 1 直動装置 41 は、ワーク W の傾斜面 W S に穴 H L が形成されるよう、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転状態の穴形成工具 T 1-5 を第 1 回転軸 A D 1 に沿って直線的に移動させる。こうして、ワーク W の傾斜面 W S に高精度に穴 H L を形成することができる。

【0130】

代替的に、ワーク W の傾斜面 W S が、第 1 回転軸 A D 1 に対して実質的に垂直な姿勢に姿勢変更された後、制御装置 7 は、メモリ 72 に記憶された加工プログラムを実行することにより、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転状態の面加工工具 T 1-6 (例えば、フライス工具) が、傾斜面 W S を面加工するよう、複数の直動装置 4 に、移動指令 E 3 (必要であれば、図 29 を参照。) を送信してもよい。移動指令 E 3 を受け取る複数の直動装置 4 は、ワーク W の傾斜面 W S が面加工されるよう、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転状態の面加工工具を第 1 回転軸 A D 1 に垂直な方向に移動させる。こうして、ワーク W の傾斜面 W S の面加工が高精度に行われる。

【0131】

ワーク支持装置 2 が傾動軸を有する場合 (換言すれば、テーブル 21 が第 2 軸 A X 2 まわりに傾動可能である場合)、図 28 に例示されるように、ワーク W の頂面 W e を水平面に対して傾斜させることができる。この場合、多関節アーム 50 に支持された第 2 回転工具 T 2 (または、第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T 3) を、ワーク W の頂面 W e に対して鉛直下方にアプローチさせる必要がない。よって、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 50 のサイズ (あるいは、第 2 ロボット 6 の第 2 多関節アーム 60 のサイズ) を小さくすることができる。よって、第 1 ロボット 5 (あるいは、第 2 ロボット 6) を大型化させることなく、頂面 W e を含むワーク W の複数の面を効率的に加工することができる。

【0132】

図 17 に記載の例において、第 2 駆動装置 26 は、第 2 軸 A X 2 まわりに、無段階式で、テーブル 21 を傾動可能であることが好ましい。換言すれば、工作機械 1 は、テーブル 21 の傾斜角度を無段階式で調整可能であることが好ましい。第 2 駆動装置 26 は、水平面とテーブル 21 の上面との間のなす角度を、少なくとも 0 度以上 90 度以下の任意の角度に維持可能であってもよい。

【0133】

多関節アーム 50 は、第 2 回転工具 T 2 の向きを、任意の向きに変更することができるため、第 1 ロボット 5 を用いた加工において、ワーク W を傾動させる必要性は生じない。他方、加工ヘッド 30 の移動は、原則的には、複数の直動装置 4 を用いて行われるため、ワーク W に対して、加工ヘッド 30 の向きを変更することができない。もちろん、図 18 に例示されるように、第 2 の実施形態における工作機械 1 B (あるいは、第 1 の実施形態における工作機械 1 A) は、加工ヘッド 30 を傾動軸 A T まわりに傾動させる傾動駆動装置 35 を備えていてもよい。しかし、傾動駆動装置 35 を用いた傾動軸 A T まわりの傾動

10

20

30

40

50

にも限界がある。また、加工ヘッド 30 を任意の向きに姿勢変更させるためには、少なくとも 2 つの傾動軸が必要である。第 2 の実施形態における工作機械 1 B（あるいは、第 1 の実施形態における工作機械 1 A）は、加工ヘッド 30 を 2 つの傾動軸の各々のまわりに傾動させる傾動駆動装置を有していてもよいが、加工ヘッド 30 に傾動軸が設けられるにつれて、第 1 加工装置 3 を用いて行う加工の精度が低下するおそれがある。

【0134】

（ワーク支持装置 2）

図 17 に記載の例では、ワーク支持装置 2 は、テーブル装置 20 を有する。テーブル装置 20 は、テーブル 21 と、テーブル 21 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回可能に支持するブロック 22 と、テーブル 21 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させる第 1 駆動装置 23 と、ブロック 22 を第 2 軸 A X 2 まわりに傾動可能に支持する支持台 25 と、を有する。テーブル装置 20 は、第 2 軸 A X 2 まわりにテーブル 21 を傾動させる第 2 駆動装置 26 を有していてもよい。図 17 に記載の例では、ブロック 22 に第 1 駆動装置 23 が搭載されており、第 1 駆動装置 23 はブロック 22 とともに第 2 軸 A X 2 まわりに傾動可能である。換言すれば、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 21 の傾動に伴い、第 1 軸 A X 1 の向きも変わる。代替的に、テーブル 21 を傾動可能に支持するブロック 22 に第 2 駆動装置 26 が搭載され、第 2 駆動装置 26 がブロック 22 とともに第 1 軸 A X 1 まわりに旋回可能なように構成されてもよい。換言すれば、第 1 軸 A X 1 まわりのテーブル 21 の旋回に伴い、第 2 軸 A X 2 の向きが変わるように構成されてもよい。

【0135】

図 17 に記載の例では、支持台 25 は、ブロック 22 の第 1 端部 22 a を第 2 軸 A X 2 まわりに傾動可能に支持する第 1 支持台 25 a と、ブロック 22 の第 2 端部 22 b を傾動可能に支持する第 2 支持台 25 b とを含む。

【0136】

図 17 に記載の例では、テーブル 21 は、平面視で、円形の一部が切り欠かれた略円形状を有する。テーブル 21 の形状は、図 17 に記載の例に限定されない。テーブル 21 の形状は、例えば、多角形状であってもよい。

【0137】

図 17 に記載の例では、ブロック 22 は、第 1 支持台 25 a によって傾動可能に支持される第 1 端部 22 a と、第 2 支持台 25 b によって傾動可能に支持される第 2 端部 22 b と、第 1 端部 22 a と第 2 端部 22 b との間の中央部分 22 c とを有する。また、ブロック 22 は、第 1 端部 22 a および第 2 端部 22 b に対して中央部分 22 c が凹んだ凹形状を有する。図 17 に記載の例では、テーブル 21 の上面が水平面に平行に配置された状態において、中央部分 22 c の直上にテーブル 21 が配置されている。図 17 に記載の例では、テーブル 21 の上面が水平面に平行に配置された状態において、テーブル 21 の上面の高さは、第 2 軸 A X 2 の高さよりも低い。

【0138】

テーブル 21 を支持するブロック 22 は、第 1 軸 A X 1 に平行な方向に見て、第 2 方向 D R 2 を長手方向とする細長形状を有する。なお、ブロック 22 の形状は、図 17 に示される形状に限定されず、任意である。

【0139】

ワーク支持装置 2 は、テーブル装置 20 に加え、第 1 方向 D R 1 に平行な方向へのテーブル装置 20 の移動をガイドするガイドレール 24 を有していてもよい。

【0140】

（第 3 駆動装置 18）

工作機械 1 は、テーブル装置 20 を、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置 18 を有していてもよい。図 17 に記載の例では、第 1 方向 D R 1 は、水平面に実質的に平行であり、また、第 2 軸 A X 2 に実質的に垂直である。

【0141】

工作機械 1 は、第 3 駆動装置 18 の加えて、あるいは、第 3 駆動装置 18 に代えて、第

10

20

30

40

50

1 加工装置 3 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置 1 9 d（必要であれば、図 8 を参照。）を備えていてもよい。第 3 駆動装置 1 8、および、第 4 駆動装置 1 9 d については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、これらの構成についての繰り返しとなる説明は省略する。

【0142】

図 1 9 に記載の例では、テーブル装置 2 0 は、少なくとも受取位置 P 1 と進出位置 P 2 との間で、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動可能である。受取位置 P 1、進出位置 P 2 については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、これらの位置についての繰り返しとなる説明は省略する。

【0143】

図 1 9 に記載の例では、テーブル装置 2 0 は、少なくとも進出位置 P 2 と退避位置 P 3 との間で、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動可能である。進出位置 P 2、退避位置 P 3 については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、これらの位置についての繰り返しとなる説明は省略する。

【0144】

図 1 9 に記載の例では、受取位置 P 1 は、壁 1 1 に形成されたワーク通過口 O P の近傍に設定されている。受取位置 P 1 は、例えば、テーブル装置 2 0 の可動範囲の中で、第 1 方向 D R 1 の端位置である。進出位置 P 2 は、例えば、テーブル装置 2 0 の可動範囲の中で、第 1 方向 D R 1 とは反対方向の端位置、または、第 1 方向 D R 1 とは反対方向の端位置に近い位置である。図 1 9 には、進出位置 P 2 として、1 つの位置が示されているが、複数の進出位置 P 2 が存在してもよい。例えば、傾動状態のテーブル 2 1 に支持されたワーク W が第 1 加工装置 3 によって加工されるときに進出位置 P 2 が、非傾動状態のテーブル 2 1 に支持された当該ワーク W が第 1 加工装置 3 によって加工されるときに進出位置 P 2 と比較して、第 1 方向 D R 1 側に設定されてもよい。換言すれば、傾動状態のテーブル 2 1 に支持されたワーク W が第 1 加工装置 3 によって加工されるときにテーブル装置 2 0 の位置が、非傾動状態のテーブル 2 1 に支持された当該ワーク W が第 1 加工装置 3 によって加工されるときにテーブル装置 2 0 の位置と比較して、第 1 方向 D R 1 側に設定されてもよい（図 2 7 および図 2 8 の各々におけるテーブル装置 2 0 の位置を参照。）。

【0145】

退避位置 P 3 は、例えば、テーブル装置 2 0 の可動範囲のうちの第 1 方向 D R 1 の端位置と、テーブル装置 2 0 の可動範囲のうちの第 1 方向 D R 1 とは反対方向の端位置との間の所定の位置である。代替的に、退避位置 P 3 は、受取位置 P 1 と同じ位置であってもよい。

【0146】

（加工ヘッド 3 0）

加工ヘッド 3 0 については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、加工ヘッド 3 0 についての繰り返しとなる説明は省略する（加工ヘッド 3 0 については、例えば、図 9 を参照。）。図 1 9 に記載の例では、平面視において、第 1 回転工具 T 1 の回転軸である第 1 回転軸 A D 1（換言すれば、加工ヘッド 3 0 のスピンドル 3 1 の回転軸）は、第 2 軸 A X 2 に実質的に垂直である。

【0147】

（第 1 ロボット 5）

第 1 ロボット 5 については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、第 1 ロボット 5 についての繰り返しとなる説明は省略する（第 1 ロボット 5 については、例えば、図 1 0 および図 1 1 を参照。）。

【0148】

（第 2 ロボット 6）

図 1 7 に記載の例では、工作機械 1 は、第 2 ロボット 6 を備える。第 2 ロボット 6 は、第 3 回転工具 T 3 を用いてテーブル 2 1 によって支持されるワークを加工する。第 2 ロボット 6 は、第 3 回転工具 T 3 の位置および向きを変更する第 2 多関節アーム 6 0 を有する

10

20

30

40

50

。第2ロボット6は、第2の多関節ロボットであるということもできる。

【0149】

図17に記載の例では、平面視において、第1ロボット5と第2ロボット6との間にワーク支持装置2（例えば、テーブル装置20、あるいは、テーブル装置20を移動可能に支持するガイドレール24）が配置されている。第1ロボット5と第2ロボット6との間にワーク支持装置2が配置される場合、第1ロボット5および第2ロボット6は、ワークWの両側から同時にワークWを加工することができる。

【0150】

図20に記載の例では、第2ロボット6は、第2多関節アーム60を有し、第2多関節アーム60は、少なくとも6つの回転軸（RT1、RT2、RT3、RT4、RT5、RT6）を有する。より具体的には、第2多関節アーム60は、支持台13bに対して第1回転軸RT1まわりに回転可能な第1部分61aと、第1部分61aに対して第1傾動軸RT2まわりに傾動可能な第2部分61bと、第2部分61bに対して第2傾動軸RT3まわりに傾動可能な第3部分61cと、第3部分61cに対して第2回転軸RT4まわりに回転可能な第4部分61dと、第4部分61dに対して第3傾動軸RT5まわりに傾動可能な第5部分61eと、第5部分61eに対して第3回転軸RT6まわりに回転可能な第6部分61fと、を有する。図20に記載の例では、第2多関節アーム60は、少なくとも3つの傾動軸と、少なくとも3つの回転軸とを有する。

【0151】

図20に記載の例では、第2多関節アーム60の先端部に第2リスト62が配置されている。換言すれば、第2ロボット6は、第2多関節アーム60の先端部に配置される第2リスト62を有する。図20に記載の例では、第2リスト62は、上述の第6部分61fによって構成されている。第2ロボット6は、第2リスト62の位置、および、向きを自由に変更することができる。

【0152】

第2ロボット6は、第2多関節アーム60の複数の関節を動かす複数のアーム駆動装置（例えば、複数のモータMT）を有する。

【0153】

図20に記載の例では、第2ロボット6は、第2多関節アーム60（より具体的には、第2リスト62）に取り付けられる第2工具支持装置63を有する。第2工具支持装置63は、第3回転工具T3を支持可能である。

【0154】

第2工具支持装置63は、第3回転工具T3を第3回転軸AD3まわりに回転させる第3回転駆動装置64（より具体的には、モータ）を有する。

【0155】

図21に記載の例では、第2工具支持装置63は、第2多関節アーム60（より具体的には、第2リスト62）に取り付けられる固定部66と、固定部66に対して、第3回転軸AD3に平行な方向に直線的に相対移動可能な可動部67とを、有する。固定部66は、第3回転軸AD3に平行な方向への可動部67の移動をガイドするリニアガイド66rを有していてもよい。第3回転工具T3は、可動部67に配置されたスピンドルに取り付けられる。

【0156】

図21に記載の例では、第2工具支持装置63は、第3回転工具T3を第3回転軸AD3に平行な方向に移動させる工具移動装置（以下、「第2工具直動装置65」という。）を有する。第2工具直動装置65は、駆動源として、モータ、電動シリンダ等を有する。また、図21に記載の例では、第2工具直動装置65は、第2工具支持装置63の固定部66に対する第2工具支持装置63の可動部67の移動をガイドするリニアガイド66rを有する。第2工具直動装置65は、ボールねじ、ラックアンドピニオン等を含んでいてもよい。

【0157】

10

20

30

40

50

第2工具支持装置63が、第3回転駆動装置64と第2工具直動装置65とを有する場合、第3回転工具T3を第3回転軸AD3まわりに回転させつつ、第3回転工具T3を第3回転軸AD3に平行な方向に移動させることができる。よって、第3回転工具T3がワークWに接触した後に、第2リスト62の位置を変更することなく、第3回転工具T3を用いてワークWに穴HLを形成することができる。よって、ワークWに穴を形成する加工の精度が維持される。換言すれば、第2ロボット6に多関節が存在することに起因する加工精度の低下は避けられないが、当該多関節が角度固定された状態でワークWに穴を形成する加工が行われるため、過度な加工精度の低下は防止される。

【0158】

図17に記載の例では、工作機械1は、第2ロボット6を支持する支持台13bを有する。図17に記載の例では、支持台13bの上面131bの高さは、テーブル21の上面の高さよりも高い。また、支持台13bの上面131bの高さは、テーブル装置20の最上端の高さよりも高い。図17に記載の例では、支持台13bは、工作機械1のベース10に対して相対移動不能である。代替的に、支持台13bは、工作機械1のベース10に対して相対移動可能であってもよい。換言すれば、第2ロボット6の全体が、ベース10に対して相対移動可能であってもよい。

【0159】

(第3ロボット101)

図22に例示されるように、第2の実施形態における工作機械システム100は、工作機械1（例えば、第1の実施形態における工作機械1A、あるいは、第2の実施形態における工作機械1B）と、工作機械1の外部に配置される第3ロボット101と、を備える。

【0160】

第3ロボット101は、工作機械1の外部から加工室CB内へのワークWの搬入、および／または、テーブル21から加工室CBの外部へのワークの搬出（すなわち、加工済みワークの搬出）を行う。図22に記載の例では、第3ロボット101と、第1ロボット5との間には、加工室CBを規定する壁11（より具体的には、固定壁11a）が配置されている。なお、ワーク搬入出用のロボットの数は、1台に限定されない。換言すれば、工作機械システム100は、第3ロボット101に加えて、ワーク搬入出用の他のロボットを有していてもよい。

【0161】

図22に記載の例において、第3ロボット101は、ワーク通過口OPを介して、工作機械1の外部から工作機械1の加工室CB内にワークWを搬入する。より具体的には、第3ロボット101は、ワーク通過口OPを介して、工作機械1の外部から工作機械1の加工室CB内にワークWを搬入し、テーブル装置20（より具体的には、テーブル21）は、第3ロボット101からワークWを受け取る。テーブル装置20が受取位置P1に位置する場合、テーブル装置20は、第3ロボット101からワークWを円滑に受け取ることができる。

【0162】

図22に記載の例では、第3ロボット101は、第3多関節アーム102を有し、第3多関節アーム102は、ワーク通過口OPを横切ることができる。また、第3ロボット101は、ワークWを把持可能な把持体103を有する。把持体103は、例えば、第3多関節アーム102の先端部に取り付けられる。

【0163】

(加工室CB)

図23に記載の例では、工作機械1は、加工室CBを規定する壁11を備える。図23に記載の例では、加工室CBに、加工ヘッド30と、第1ロボット5の多関節アーム50と、第2ロボット6の第2多関節アーム60とが配置されている。図23に記載の例では、壁11は、第1壁11-1と、第2壁11-2とを含む。

【0164】

図23に記載の例では、第1壁11-1は、加工室CBと、加工ヘッド30を3次元

10

20

30

40

50

移動させる複数の直動装置 4 の全体または大部分が配置される第 2 室 C D とを仕切る。また、第 1 壁 1 1 - 1 は、可動壁 1 1 b を含む。

【 0 1 6 5 】

第 2 壁 1 1 - 2 には、ワーク通過口 O P が形成されている。図 2 3 に記載の例では、第 2 壁 1 1 - 2 は、第 1 壁 1 1 - 1 に対向配置されている。

【 0 1 6 6 】

図 2 3 に記載の例では、加工室 C B を規定する壁 1 1 は、第 1 壁 1 1 - 1 の一側部と第 2 壁 1 1 - 2 の一側部とを接続する第 3 壁 1 1 - 3 と、第 3 壁 1 1 - 3 に対向する第 4 壁 1 1 - 4 とを有する。

【 0 1 6 7 】

図 2 3 に記載の例では、加工室 C B を規定する壁 1 1 は、加工ヘッド 3 0 の移動に追従して移動する可動壁 1 1 b を含む。図 3 9 に例示されるように、可動壁 1 1 b は、鉛直方向に平行な方向における加工ヘッド 3 0 の移動に追従して伸縮する第 1 可動壁 1 1 b - 1 と、水平面に平行な方向における加工ヘッド 3 0 の移動に追従して伸縮する第 2 可動壁 1 1 b - 2 とを含んでいてもよい。

【 0 1 6 8 】

(クーラント液供給装置 9 1)

図 2 3 に記載の例では、工作機械 1 は、テーブル 2 1 によって支持されるワーク W に向けてクーラント液を供給するクーラント液供給装置 9 1 を備える。クーラント液供給装置 9 1 については、第 1 の実施形態において説明済みであるため、クーラント液供給装置 9 1 についての繰り返しとなる説明は省略する。

【 0 1 6 9 】

(ワーク通過口 O P、ドア 1 2)

図 2 3 に記載の例では、加工室 C B を規定する壁 1 1 にワーク W が通過するワーク通過口 O P が形成されている。また、工作機械 1 は、壁 1 1 に形成されたワーク通過口 O P を開閉するドア 1 2 を備える。

【 0 1 7 0 】

図 2 3 に記載の例では、平面視において、第 1 加工装置 3 とワーク通過口 O P との間にワーク支持装置 2 が配置されている。よって、ワーク W の搬入または搬出に際して、第 1 加工装置 3 が邪魔になることがない。

【 0 1 7 1 】

図 2 3 に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置 2 (より具体的には、テーブル装置 2 0) の周囲に、ワーク通過口 O P、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、および、第 2 ロボット 6 が配置されている。より具体的には、平面視において、ワーク支持装置 2 を中心として、ワーク支持装置 2 の周囲に、ワーク通過口 O P、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、および、第 2 ロボット 6 が配置されている。この場合、平面視における工作機械 1 のサイズをコンパクトにすることができる。

【 0 1 7 2 】

図 2 3 に例示されるように、ワーク支持装置 2 の周囲に、反時計まわりに (または、時計まわりに)、ワーク通過口 O P、第 1 ロボット 5、第 1 加工装置 3、第 2 ロボット 6 が、この順に配置されていてもよい。

【 0 1 7 3 】

図 2 3 に記載の例では、第 1 加工装置 3 と第 1 ロボット 5 とが、平面視においてワーク支持装置 2 を中心として互いに略 90 度異なる領域に位置し、第 1 加工装置 3 と第 2 ロボット 6 とが、平面視においてワーク支持装置 2 を中心として互いに略 90 度異なる領域に位置している。この場合、第 1 加工装置 3 を用いてワーク W の第 1 主面 W a または第 2 主面 W b が加工される際に、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 は、ワーク W の両側面を加工し易い。

【 0 1 7 4 】

図 2 3 に記載の例では、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 3 0 が第 1 壁 1 1 - 1 の近傍に配

10

20

30

40

50

置され、第1ロボット5が第3壁11-3の近傍に配置され、第2ロボット6が第4壁11-4の近傍に配置されている。

【0175】

代替的に、図23に記載の例において、第1加工装置3の位置と、第1ロボット5の位置とが互いに入れ替えられてもよい。代替的に、図23に記載の例において、第1加工装置3の位置と、第2ロボット6の位置とが互いに入れ替えられてもよい。

【0176】

(第1加工装置3の移動体)

図17に記載の例では、第1加工装置3は、加工ヘッド30を3次元的に移動させる移動体を有する。より具体的には、第1加工装置3は、第1移動体36と、第2移動体37と、第3移動体38と、を有する。

10

【0177】

第1移動体36は、加工ヘッド30とともにY軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、第1移動体36は、加工ヘッド30を支持し、Y軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、Y軸は、例えば、第1回転工具T1の回転軸である第1回転軸AD1と実質的に平行である。また、Y軸は、第1方向DR1と実質的に平行であってもよい。

【0178】

第2移動体37は、加工ヘッド30とともにZ軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、第2移動体37は、第1移動体36を介して加工ヘッド30を支持し、Z軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、Z軸は、鉛直方向と実質的に平行である。

20

【0179】

第3移動体38は、加工ヘッド30とともにX軸に平行な方向に移動可能である。図17に記載の例では、第3移動体38は、第1移動体36および第2移動体37を介して加工ヘッド30を支持し、X軸に平行な方向に移動可能である。第3移動体38は、例えば、第2移動体37を移動可能に支持するコラム38cである。図17に記載の例では、X軸は、水平面に実質的に平行である。また、X軸は、Y軸に対して実質的に垂直である。

【0180】

図17に記載の例では、工作機械1は、ベース10を有し、当該ベース10は、第3移動体38を、X軸に平行な方向に移動可能なように支持する。

30

【0181】

(複数の直動装置4)

図17に記載の例では、工作機械1(より具体的には、第1加工装置3)は、加工ヘッド30を3次元的に移動させる複数の直動装置4を有する。また、複数の直動装置4は、第1直動装置41と、第2直動装置44と、第3直動装置47と、を含む。第1直動装置41は、加工ヘッド30をY軸に平行な方向に移動させる。第2直動装置44は、加工ヘッド30をZ軸に平行な方向に移動させる。第3直動装置47は、加工ヘッド30をX軸に平行な方向に移動させる。

【0182】

第1直動装置41は、第1移動体36を、Y軸に平行な方向に移動させる駆動装置42(例えば、モータ)を有する。第1直動装置41は、Y軸に平行な方向への第1移動体36の移動をガイドする第1リニアガイド43を有することが好ましい。図17に記載の例では、第1リニアガイド43は、第2移動体37に配置されている。

40

【0183】

第2直動装置44は、第2移動体37を、Z軸に平行な方向に移動させる駆動装置45(例えば、モータ)を有する。第2直動装置44は、Z軸に平行な方向への第2移動体37の移動をガイドする第2リニアガイド46を有することが好ましい。図17に記載の例では、第2リニアガイド46は、第3移動体38に配置されている。

【0184】

50

第3直動装置47は、第3移動体38を、X軸に平行な方向に移動させる駆動装置48（例えば、モータ）を有する。第3直動装置47は、X軸に平行な方向への第3移動体38の移動をガイドする第3リニアガイド49を有することが好ましい。図17に記載の例では、第3リニアガイド49は、第3移動体38を移動可能に支持する。また、第3リニアガイド49は、工作機械1のベース10に配置されている。

【0185】

（工具交換装置8）

工作機械1は、少なくとも1つの工具交換装置8を備えることが好ましい。少なくとも1つの工具交換装置8は、工作機械1の任意の位置に配置される。少なくとも1つの工具交換装置8は、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1を、他の第1回転工具に交換可能である。少なくとも1つの工具交換装置8は、第1ロボット5の多関節アーム50に支持された第2回転工具T2を、他の第2回転工具に交換可能である。工作機械1が、第2ロボット6を有する場合には、少なくとも1つの工具交換装置8は、第2ロボット6の第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3を、他の第3回転工具に交換可能である。

【0186】

図24に記載の例では、少なくとも1つの工具交換装置8は、第1工具交換装置80aを含む。第1工具交換装置80aは、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1-1を、他の第1回転工具T1-2に交換する。図24に記載の例では、第1工具交換装置80aは、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1-1を、少なくとも1つの工具ストッカ93から取り出された他の第1回転工具T1-2に交換する。

【0187】

図24に記載の例では、第1工具交換装置80aは、第1回転工具T1-1を把持可能な第1把持部82aと、他の第1回転工具T1-2を把持可能な第2把持部83aとを有する。

【0188】

図24に例示されるように、第1工具交換装置80aは、工具交換アーム81aと、工具交換アーム81aを回転させるアーム回転装置84aと、工具交換アーム81aを直線的に移動させるアーム移動装置85aとを有していてもよい。

【0189】

なお、加工ヘッド30が、工具ストッカ93にアクセスして、加工ヘッド30が、直接的に、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1を、他の第1回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、加工ヘッド30に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

【0190】

図25に記載の例では、少なくとも1つの工具交換装置8は、第2工具交換装置80bを含む。第2工具交換装置80bは、工具支持装置53を介して多関節アーム50に支持された第2回転工具T2-1を、他の第2回転工具T2-2に交換する。図25に例示されるように、第2工具交換装置80bは、工具支持装置53を介して多関節アーム50に支持された第2回転工具T2-1を、少なくとも1つの工具ストッカ93から取り出された他の第2回転工具T2-2に交換してもよい。図25に記載の例において、各第2回転工具T2は、第1加工装置3の加工ヘッド30に取り付け不能な工具であり、図24に記載の例において、各第1回転工具T1は、第1ロボット5の工具支持装置53に取り付け不能な工具である。

【0191】

なお、工具支持装置53が、工具ストッカ93にアクセスして、工具支持装置53が、直接的に、工具支持装置53に支持された第2回転工具T2を、他の第2回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、工具支持装置53に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

【0192】

10

20

30

40

50

図 26 に記載の例では、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 2 工具支持装置 63 を介して第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T3-1 を、他の第 3 回転工具 T3-2 に交換する。図 26 に例示されるように、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 2 工具支持装置 63 を介して第 2 多関節アーム 60 に支持された第 3 回転工具 T3-1 を、少なくとも 1 つの工具ストッカ 93 から取り出された他の第 3 回転工具 T3-2 に交換してもよい。図 26 に記載の例において、各第 3 回転工具 T3 は、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 に取り付け不能な工具であり、図 24 に記載の例において、各第 1 回転工具 T1 は、第 2 ロボット 6 の第 2 工具支持装置 63 に取り付け不能な工具である。

【0193】

なお、第 2 工具支持装置 63 が、工具ストッカ 93 にアクセスして、第 2 工具支持装置 63 が、直接的に、第 2 工具支持装置 63 に支持された第 3 回転工具 T3 を、他の第 3 回転工具に交換するように構成されてもよい。この場合、第 2 工具支持装置 63 に対して工具交換を行う工具交換装置は省略される。

【0194】

(非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W の加工)

図 17 に例示されるように、本明細書において、「テーブル 21 が非傾動状態である」とは、第 1 軸 AX1 が水平面に対して実質的に垂直な状態を意味するものとする。なお、テーブル 21 が第 1 軸 AX1 まわりに旋回しないテーブルである場合、本明細書において、「テーブル 21 が非傾動状態である」とは、テーブルの上面が、水平面に対して実質的に平行な状態を意味するものとする。

【0195】

図 27 に記載の例では、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

【0196】

図 27 に記載の例では、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、非傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

【0197】

(傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W の加工)

図 28 に例示されるように、本明細書において、「テーブル 21 が傾動状態である」とは、第 1 軸 AX1 が鉛直方向に非平行な状態を意味するものとする。なお、テーブル 21 が第 1 軸 AX1 まわりに旋回しないテーブルである場合には、本明細書において、「テーブル 21 が傾動状態である」とは、テーブルの上面が、水平面に対して傾斜している状態を意味するものとする。

【0198】

図 28 に記載の例では、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

【0199】

図 28 に記載の例では、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、傾動状態のテーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。換言すれば、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態であるときに、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。

【0200】

10

20

30

40

50

図 27 および図 28 に記載の例では、ワーク W を支持するテーブル 21 が非傾動状態である場合と、ワーク W を支持するテーブル 21 が傾動状態である場合との各々において、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 は、当該テーブル 21 によって支持されたワーク W を、同時に加工可能である。よって、複雑な形状を有するワーク W を効率的に加工することができる。

【0201】

(制御装置 7)

図 19 に記載の例において、制御装置 7 は、ワーク支持装置 2、第 1 加工装置 3、および、第 1 ロボット 5 を制御する。工作機械 1 が第 2 ロボット 6 を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 2 ロボット 6 を制御する。工作機械 1 が、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 を有する場合には、制御装置 7 は、当該少なくとも 1 つの工具交換装置 8 を制御する。工作機械 1 が、テーブル装置 20 を第 1 方向 DR1 に平行な方向に移動させる第 3 駆動装置 18 を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 3 駆動装置 18 を制御する。また、工作機械 1 が、第 1 加工装置 3 を第 1 方向 DR1 に平行な方向に移動させる第 4 駆動装置 19d (図 8 を参照。) を有する場合には、制御装置 7 は、当該第 4 駆動装置 19d を制御する。第 1 の実施形態と同様に、制御装置 7 は、1 つのコンピュータによって構成されていてもよく、複数のコンピュータによって構成されていてもよい。例えば、工作機械 1 は、第 1 加工装置 3 およびワーク支持装置 2 を制御する第 1 のコンピュータと、第 1 ロボット 5 を制御する第 2 のコンピュータと、第 2 ロボット 6 を制御する第 3 のコンピュータと、を有していてもよい。また、これらのコンピュータが協働して、工作機械 1 の制御装置 7 として機能してもよい。

【0202】

図 29 に例示されるように、制御装置 7 は、ハードウェアプロセッサ 70 (以下、単に、「プロセッサ 70」という。) と、メモリ 72 と、通信回路 74 と、入力装置 76 (例えば、タッチパネル付きディスプレイ 762) と、を備える。プロセッサ 70 と、メモリ 72 と、通信回路 74 と、入力装置 76 とは、バス 78 を介して互いに接続されている。ワーク W の加工に必要なデータ (例えば、ワーク W の形状データおよびワーク W の加工位置データを含むワークデータ 726 等) は、入力装置 76 を介して制御装置 7 に入力されてもよいし、他のコンピュータから通信回路 74 を介して制御装置 7 に入力されてもよい。なお、入力装置 76 は、タッチパネル付きディスプレイ 762 に限定されない。例えば、制御装置 7 は、ボタン、スイッチ、レバー、ポインティングデバイス、キーボード等の入力装置 76 と、当該入力装置 76 に入力されたデータ、あるいは、その他の情報を表示するディスプレイと、を備えていてもよい。

【0203】

制御装置 7 は、メモリ 72 に記憶された加工プログラム 722 を実行することにより、複数の制御指令を生成する。また、通信回路 74 は、制御装置 7 によって生成された複数の制御指令を、複数の制御対象機器 (例えば、ワーク支持装置 2、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、第 2 ロボット 6、少なくとも 1 つの工具交換装置 8、第 3 駆動装置 18、図 8 に示される第 4 駆動装置 19d 等) に送信する。こうして、制御装置 7 は、複数の制御対象機器を制御することができる。

【0204】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、ワーク支持装置 2 の第 1 駆動装置 23 に旋回指令 E1 を送信してもよい。制御装置 7 から旋回指令 E1 を受け取る第 1 駆動装置 23 は、テーブル 21 を第 1 軸 AX1 まわりに旋回させる。

【0205】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、ワーク支持装置 2 の第 2 駆動装置 26 に傾動指令 E2 を送信してもよい。制御装置 7 から傾動指令 E2 を受け取る第 2 駆動装置 26 は、テーブル 21 を第 2 軸 AX2 まわりに傾動させる。

【0206】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3 の複数の直動装置 4 に移動

指令 E 3 を送信してもよい。制御装置 7 から移動指令 E 3 を受け取る複数の直動装置 4 は、加工ヘッド 30 を移動させる。より具体的には、制御装置 7 は、第 1 直動装置 4 1 に第 1 移動指令 E 3 - 1 を送信し、第 1 移動指令 E 3 - 1 を受け取る第 1 直動装置 4 1 は、加工ヘッド 30 を、Y 軸に平行な方向（例えば、第 1 回転軸 A D 1 に平行な方向）に移動させる。制御装置 7 は、第 2 直動装置 4 4 に第 2 移動指令 E 3 - 2 を送信し、第 2 移動指令 E 3 - 2 を受け取る第 2 直動装置 4 4 は、加工ヘッド 30 を、Z 軸に平行な方向（例えば、鉛直方向に平行な方向）に移動させる。また、制御装置 7 は、第 3 直動装置 4 7 に第 3 移動指令 E 3 - 3 を送信し、第 3 移動指令 E 3 - 3 を受け取る第 3 直動装置 4 7 は、加工ヘッド 30 を、X 軸に平行な方向（例えば、Y 軸および Z 軸の両方に垂直な方向）に移動させる。

10

【0207】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3 の第 1 回転駆動装置 3 4 に第 1 回転指令 E 4 を送信してもよい。制御装置 7 から第 1 回転指令 E 4 を受け取る第 1 回転駆動装置 3 4 は、第 1 回転工具 T 1 を第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転させる。

【0208】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 1 ロボット 5 の複数のアーム駆動装置 5 9（例えば、複数のモータ M T）に第 1 動作指令 E 5 を送信してもよい。制御装置 7 から第 1 動作指令 E 5 を受け取る複数のアーム駆動装置 5 9 は、多関節アーム 5 0 の複数の関節を動作させる。

20

【0209】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、工具支持装置 5 3 の第 2 回転駆動装置 5 4 に第 2 回転指令 E 6 を送信してもよい。制御装置 7 から第 2 回転指令 E 6 を受け取る第 2 回転駆動装置 5 4 は、第 2 回転工具 T 2 を第 2 回転軸 A D 2 まわりに回転させる。

【0210】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、工具支持装置 5 3 の工具直動装置 5 5 に工具移動指令 E 7 を送信してもよい。制御装置 7 から工具移動指令 E 7 を受け取る工具直動装置 5 5 は、第 2 回転軸 A D 2 に平行な方向に第 2 回転工具 T 2 を移動させる。

【0211】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 2 ロボット 6 の複数のアーム駆動装置 6 9（例えば、複数のモータ M T）に第 2 動作指令 E 8 を送信してもよい。制御装置 7 から第 2 動作指令 E 8 を受け取る複数のアーム駆動装置 6 9 は、第 2 多関節アーム 6 0 の複数の関節を動作させる。

30

【0212】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 2 工具支持装置 6 3 の第 3 回転駆動装置 6 4 に第 3 回転指令 E 9 を送信してもよい。制御装置 7 から第 3 回転指令 E 9 を受け取る第 3 回転駆動装置 6 4 は、第 3 回転工具 T 3 を第 3 回転軸 A D 3 まわりに回転させる。

【0213】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 2 工具支持装置 6 3 の第 2 工具直動装置 6 5 に第 2 工具移動指令 E 10 を送信してもよい。制御装置 7 から第 2 工具移動指令 E 10 を受け取る第 2 工具直動装置 6 5 は、第 3 回転軸 A D 3 に平行な方向に第 3 回転工具 T 3 を移動させる。

40

【0214】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、第 3 駆動装置 1 8 にテーブル移動指令 E 11 を送信してもよい。制御装置 7 からテーブル移動指令 E 11 を受け取る第 3 駆動装置 1 8 は、テーブル装置 20 を、第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる。代替的に、あるいは、付加的に、制御装置 7 は、第 4 駆動装置 1 9 d に加工装置移動指令 E 12 を送信してもよい。制御装置 7 から加工装置移動指令 E 12 を受け取る第 4 駆動装置 1 9 d は、第 1 加工装置 3 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に移動させる。

【0215】

図 29 に記載の例において、制御装置 7 は、少なくとも 1 つの工具交換装置 8 に工具交

50

換指令 E 1 3 を送信してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 1 3 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、加工ヘッド 3 0 に保持された第 1 回転工具 T 1 を、他の第 1 回転工具に交換してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 1 3 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 を、他の第 2 回転工具に交換してもよい。制御装置 7 から工具交換指令 E 1 3 を受け取る少なくとも 1 つの工具交換装置 8 は、第 2 多関節アーム 6 0 に支持された第 3 回転工具 T 3 を、他の第 3 回転工具に交換してもよい。

【0216】

例えば、制御装置 7 は、第 1 工具交換装置 8 0 a に第 1 工具交換指令 E 1 3 - 1 を送信し、第 1 工具交換指令 E 1 3 - 1 を受け取る第 1 工具交換装置 8 0 a は、加工ヘッド 3 0 に保持された第 1 回転工具 T 1 を、他の第 1 回転工具に交換する。また、制御装置 7 は、第 2 工具交換装置 8 0 b に第 2 工具交換指令 E 1 3 - 2 を送信し、第 2 工具交換指令 E 1 3 - 2 を受け取る第 2 工具交換装置 8 0 b は、多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 を、他の第 2 回転工具に交換する。

【0217】

(第 1 加工モード M 1)

制御装置 7 は、加工ヘッド 3 0 に支持された第 1 回転工具 T 1 によってテーブル 2 1 に支持されたワーク W が加工されるよう、複数の直動装置 4 に移動指令 E 3 を送信することと、第 1 回転駆動装置 3 4 に第 1 回転指令 E 4 を送信することを含む第 1 加工モード M 1 を実行可能である。第 1 加工モード M 1 では、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転する第 1 回転工具 T 1 の移動が、複数の直動装置 4 を用いて行われるため、ワーク W を高精度に加工することができる。

【0218】

加工ヘッド 3 0 に支持された第 1 回転工具 T 1 が、面加工工具（例えば、フライス工具）である場合、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転する面加工工具がテーブル 2 1 によって支持されたワーク W に接触している状態で、面加工工具が第 1 回転軸 A D 1 に実質的に垂直な方向に移動するよう、制御装置 7 は、複数の直動装置 4 に移動指令 E 3 を送信することと、第 1 回転駆動装置 3 4 に第 1 回転指令 E 4 を送信することを実行する。こうして、ワーク W の面加工が高精度で行われる。

【0219】

加工ヘッド 3 0 に支持された第 1 回転工具 T 1 が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転する穴開け工具がテーブル 2 1 によって支持されたワーク W に接触している状態で、穴開け工具が第 1 回転軸 A D 1 に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置 7 は、第 1 直動装置 4 1 に第 1 移動指令 E 3 - 1 を送信することと、第 1 回転駆動装置 3 4 に第 1 回転指令 E 4 を送信することを実行する。第 1 移動指令 E 3 - 1 を受け取る第 1 直動装置 4 1 は、第 1 回転軸 A D 1 に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワーク W に穴を開ける加工が高精度で行われる。

【0220】

加工ヘッド 3 0 に支持された第 1 回転工具 T 1 が、タップ工具である場合、第 1 回転軸 A D 1 まわりに回転するタップ工具がテーブル 2 1 によって支持されたワーク W に接触している状態で、タップ工具が第 1 回転軸 A D 1 に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置 7 は、第 1 直動装置 4 1 に第 1 移動指令 E 3 - 1 を送信することと、第 1 回転駆動装置 3 4 に第 1 回転指令 E 4 を送信することを実行する。第 1 移動指令 E 3 - 1 を受け取る第 1 直動装置 4 1 は、第 1 回転軸 A D 1 に実質的に平行な方向にタップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワーク W にネジ穴が高精度に形成される。

【0221】

(第 2 加工モード M 2)

制御装置 7 は、多関節アーム 5 0 に支持された第 2 回転工具 T 2 によってテーブル 2 1 に支持されたワーク W が加工されるよう、第 1 ロボット 5 の複数のアーム駆動装置 5 9 に

第1動作指令E5を送信することと、工具支持装置53の第2回転駆動装置54に第2回転指令E6を送信することと、工具支持装置53の工具直動装置55に工具移動指令E7を送信することとを含む第2加工モードM2を実行可能である。第2加工モードM2では、第2回転工具T2がワークWに接触する前の段階において、第2回転工具T2の位置および向きが多関節アーム50を用いて変更される。このため、ワークWの形状、大きさ、向き、姿勢等に対応して、第2回転工具T2の位置および向きを自由に設定することができる。

【0222】

多関節アーム50に支持された第2回転工具T2が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第2回転軸AD2まわりに回転する穴開け工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、穴開け工具が第2回転軸AD2に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第2回転駆動装置54に第2回転指令E6を送信することと、工具直動装置55に工具移動指令E7を送信することとを実行する。工具移動指令E7を受け取る工具直動装置55は、第2回転軸AD2に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWに穴を開ける加工が高精度に行われる。

【0223】

多関節アーム50に支持された第2回転工具T2が、タップ工具である場合、第2回転軸AD2まわりに回転するタップ工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、タップ工具が第2回転軸AD2に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第2回転駆動装置54に第2回転指令E6を送信することと、工具直動装置55に工具移動指令E7を送信することとを実行する。工具移動指令E7を受け取る工具直動装置55は、第2回転軸AD2に実質的に平行な方向にタップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWにネジ穴が高精度に形成される。

【0224】

（第3加工モードM3）

制御装置7は、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3によってテーブル21に支持されたワークWが加工されるよう、少なくとも、第2ロボット6の複数のアーム駆動装置69に第2動作指令E8を送信することと、第2工具支持装置63の第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具支持装置63の第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することとを含む第3加工モードM3を実行可能である。第3加工モードM3では、第3回転工具T3がワークWに接触する前の段階において、第3回転工具T3の位置および向きが第2多関節アーム60を用いて変更される。このため、ワークWの形状、大きさ、向き、姿勢等に対応して、第3回転工具T3の位置および向きを自由に設定することができる。

【0225】

第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が、穴開け工具（例えば、ドリル）である場合、第3回転軸AD3まわりに回転する穴開け工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、穴開け工具が第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することとを実行する。第2工具移動指令E10を受け取る第2工具直動装置65は、第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に穴開け工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWに穴を開ける加工が高精度に行われる。

【0226】

第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が、タップ工具である場合、第3回転軸AD3まわりに回転するタップ工具がテーブル21によって支持されたワークWに接触している状態で、タップ工具が第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に移動するよう、制御装置7は、第3回転駆動装置64に第3回転指令E9を送信することと、第2工具直動装置65に第2工具移動指令E10を送信することとを実行する。第2工具移動指令E10を受け取る第2工具直動装置65は、第3回転軸AD3に実質的に平行な方向に

タップ工具を直線的に移動させる。こうして、ワークWにネジ穴が高精度に形成される。

【0227】

(旋回モードM4)

制御装置7は、テーブル21に支持されたワークWが第1軸AX1まわりに旋回されるよう、ワーク支持装置2の第1駆動装置23に旋回指令E1を送信することを含む旋回モードM4を実行可能である。旋回モードM4は、テーブル装置20を進出位置P2から退避位置P3に移動させることと、テーブル装置20が退避位置P3にある状態でワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることと、テーブル装置20を退避位置P3から進出位置P2に戻すことと、を含んでもよい。この場合、制御装置7は、進出位置P2から退避位置P3へのテーブル装置20の移動、第1軸AX1まわりのワークWの旋回、および、退避位置P3から進出位置P2へのテーブル装置20の移動が行われるよう、制御装置7は、第3駆動装置18にテーブル移動指令E11を送信することと、ワーク支持装置2の第1駆動装置23に旋回指令E1を送信することとを実行する。なお、加工対象のワークWが小型のワークである場合には、旋回モードM4の実行に際して、テーブル装置20を進出位置P2と退避位置P3との間で移動させる必要はない。

10

【0228】

テーブル21が傾動状態である場合、テーブル21の状態が傾動状態から非傾動状態に変更された後、制御装置7は、旋回モードM4を実行してもよい。代替的に、傾動状態のテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させてもワークWと周囲の構造物との干渉が生じない場合には、旋回モードM4において、傾動状態のテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回されてもよい。

20

【0229】

制御装置7が旋回モードM4を実行可能であることにより、工作機械1は、第1加工装置3に対するワークWの向きを変更することができる。こうして、第1加工装置3は、ワークWの第1主面Wa（例えば、ワークWの正面）に加え、ワークWの第1側面Wc（例えば、ワークWの左側面）、ワークWの第2主面Wb（例えば、ワークWの背面）、および、ワークWの第2側面Wd（例えば、ワークWの右側面）を、容易に加工することができる。

【0230】

(傾動モードM5)

制御装置7は、テーブル21に支持されたワークWが第2軸AX2まわりに傾動されるよう、ワーク支持装置2の第2駆動装置26に傾動指令E2を送信することを含む傾動モードM5を実行可能である。

30

【0231】

制御装置7が傾動モードM5を実行可能であることにより、工作機械1は、第1加工装置3に対するワークWの姿勢を変更することができる。こうして、第1加工装置3は、複雑な形状のワークWを容易に加工することができる（図28を参照。）。また、第1加工装置3は、ワークWが傾動された状態において、当該ワークWの頂面Weを加工することも可能である。

【0232】

図10に記載の例では、第1ロボット5は、多関節アーム50の先端部に配置されるリスト52を有する。制御装置7は、第2駆動装置26が第2軸AX2まわりのワークWの姿勢を変更することに応じて、リスト52の位置および向きを補正する指令を第1ロボット5に送信してもよい。例えば、制御装置7は、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に追従してリスト52の位置および向きが補正されるよう、第1ロボット5の複数のアーム駆動装置59に第1動作指令E5を送信する。第1動作指令E5を受け取る複数のアーム駆動装置59は、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に追従してリスト52の位置および向きを補正する。

40

【0233】

ワークWの姿勢変更に応じて、リスト52の位置および向きが補正されることにより、

50

ワークWと第1ロボット5との間の意図せぬ干渉が防止される。また、ワークWの姿勢変更が行われた後、第1ロボット5は、速やかにワークWの加工を再開することができる。

【0234】

代替的に、あるいは、付加的に、制御装置7は、第1駆動装置23が第1軸AX1まわりにテーブル21を回転させることに応じて、リスト52の位置および向きを補正する指令を第1ロボット5に送信してもよい。

【0235】

図20に記載の例では、第2ロボット6は、第2多関節アーム60の先端部に配置される第2リスト62を有する。制御装置7は、第2駆動装置26が第2軸AX2まわりのワークWの姿勢を変更することに依拠して、第2リスト62の位置および向きを補正する指令を第1ロボット5に送信してもよい。例えば、制御装置7は、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に追従して第2リスト62の位置および向きが補正されるよう、第2ロボット6の複数のアーム駆動装置69に第2動作指令E8を送信する。第2動作指令E8を受け取る複数のアーム駆動装置69は、第2軸AX2まわりのテーブル21の傾動に追従して第2リスト62の位置および向きを補正する。

【0236】

ワークWの姿勢変更に応じた、第2リスト62の位置および向きが補正されることにより、ワークWと第2ロボット6との間の意図せぬ干渉が防止される。また、ワークWの姿勢変更が行われた後、第2ロボット6は、速やかにワークWの加工を再開することができる。

【0237】

代替的に、あるいは、付加的に、制御装置7は、第1駆動装置23が第1軸AX1まわりにテーブル21を回転させることに依拠して、第2リスト62の位置および向きを補正する指令を第2ロボット6に送信してもよい。

【0238】

(第1工具交換モードM6)

制御装置7は、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1が他の第1回転工具に交換されるよう、第1工具交換装置80aに第1工具交換指令E13-1を送信することを包含する第1工具交換モードM6を実行可能である。

【0239】

制御装置7が、第1工具交換モードM6を実行可能であることにより、第1加工装置3は、1つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、面加工、穴開け加工、タップ加工、摩擦攪拌接合等）を行うことができる。

【0240】

(第2工具交換モードM7)

制御装置7は、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2が他の第2回転工具に交換されるよう、第2工具交換装置80bに第2工具交換指令E13-2を送信することを包含する第2工具交換モードM7を実行可能である。

【0241】

制御装置7が、第2工具交換モードM7を実行可能であることにより、第1ロボット5は、1つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、穴開け加工、タップ加工等）を行うことができる。

【0242】

(第3工具交換モードM8)

制御装置7は、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3が他の第3回転工具に交換されるよう、第2工具交換装置80bあるいは第2工具交換装置80bとは異なる工具交換装置に、第3工具交換指令E13-3を送信することを包含する第3工具交換モードM8を実行可能である。

【0243】

制御装置7が、第3工具交換モードM8を実行可能であることにより、第2ロボット6

は、１つのワークWに対して複数種類の加工（例えば、穴開け加工、タップ加工等）を行うことができる。

【０２４４】

ワークWを支持するテーブル２１の第１軸AX１まわりの旋回、および、ワークWを支持するテーブル２１の第２軸AX２まわりの傾動のうちの少なくとも一方を行い、その後、加工ヘッド３０によって順次支持される第１群の回転工具を用いて、テーブル２１によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、制御装置７は、メモリ７２に記憶された加工プログラム７２２を実行することにより、当該加工サイクルを「N」回以上繰り返し実行するように構成される。なお、「N」は、例えば、１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、・・・である。

10

【０２４５】

例えば、制御装置７は、メモリ７２に記憶された加工プログラム７２２を実行することにより、第１の加工サイクルと、第２の加工サイクルとを含む複数の加工サイクルを実行するように構成されていてもよい。第１の加工サイクルは、制御装置７が、上述の第１加工モードM１の一部と、上述の第２加工モードM２の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。また、第１の加工サイクルは、制御装置７が、上述の第１加工モードM１の一部と、上述の第２加工モードM２の一部と、上述の第３加工モードM３の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。第２の加工サイクルは、制御装置７が、上述の第１加工モードM１の一部と、上述の第２加工モードM２の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。また、第２の加工サイクルは、制御装置７が、上述の第１加工モードM１の一部と、上述の第２加工モードM２の一部と、上述の第３加工モードM３の一部とを同時に実行することを含んでいてもよい。

20

【０２４６】

第１の加工サイクル、および／または、第２の加工サイクルの実行中に、制御装置７は、（１）第１加工装置３に第１群の制御指令を送信することにより、加工ヘッド３０に保持された第１回転工具T１によってワークWを加工することと、（２）少なくとも１つの工具交換装置８（例えば、第１工具交換装置８０a）に第１工具交換指令E１３－１を送信することにより、加工ヘッド３０に保持された第１回転工具T１を他の第１回転工具に交換することと、（３）第１加工装置３に第２群の制御指令を送信することにより、加工ヘッド３０に保持された他の第１回転工具によってワークWを加工することと、を実行してもよい。

30

【０２４７】

第１の加工サイクル、および／または、第２の加工サイクルの実行中に、制御装置７は、（１）第１ロボット５に第３群の制御指令を送信することにより、多関節アーム５０に支持された第２回転工具T２によってワークWを加工することと、（２）少なくとも１つの工具交換装置８（例えば、第２工具交換装置８０b）に第２工具交換指令E１３－２を送信することにより、多関節アーム５０に支持された第２回転工具T２を他の第２回転工具に交換することと、（３）第１ロボット５に第４群の制御指令を送信することにより、多関節アーム５０に支持された他の第２回転工具によってワークWを加工することと、を実行してもよい。

40

【０２４８】

第１の加工サイクル、および／または、第２の加工サイクルの実行中に、制御装置７は、（１）第２ロボット６に第５群の制御指令を送信することにより、第２多関節アーム６０に支持された第３回転工具T３によってワークWを加工することと、（２）少なくとも１つの工具交換装置８に第３工具交換指令E１３－３を送信することにより、第２多関節アーム６０に支持された第３回転工具T３を他の第３回転工具に交換することと、（３）第２ロボット６に第６群の制御指令を送信することにより、第２多関節アーム６０に支持された他の第３回転工具を用いてワークWを加工することと、を実行してもよい。

【０２４９】

制御装置７が、第１加工モードM１と、第２加工モードM２と、旋回モードM４および

50

傾動モードM5のうちの少なくとも一方と、第1工具交換モードM6と、第2工具交換モードM7とを組み合わせることで実行することにより、複雑な形状のワークを、複数種類の工具を用いて、効率的に加工することができる。

【0250】

また、制御装置7が、第1加工モードM1と、第2加工モードM2と、第3加工モードM3と、旋回モードM4および傾動モードM5のうちの少なくとも一方と、第1工具交換モードM6と、第2工具交換モードM7、第3工具交換モードM8とを組み合わせることで実行することにより、複雑な形状のワークを、複数種類の工具を用いて、更に効率的に加工することができる。

【0251】

(第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6とによる加工の分担)

メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行する制御装置7は、ワークWの面加工の全てが第1加工装置3によって行われるよう、第1加工装置3に制御指令を送信してもよい。また、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行する制御装置7は、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の一部分が第1加工装置3によって行われ、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の他の一部分が第1ロボット5によって行われ、ワークWに複数の穴HLを形成する加工の更に他の一部分が第2ロボット6によって行われるよう、第1加工装置3、第1ロボット5、および、第2ロボット6の各々に制御指令を送信してもよい。

【0252】

(ワーク加工方法)

続いて、第2の実施形態におけるワーク加工方法について説明する。第2の実施形態におけるワーク加工方法は、第1の実施形態における工作機械1Aを用いて行われてもよいし、第2の実施形態における工作機械1Bを用いて行われてもよいし、他の工作機械を用いて行われてもよい。

【0253】

第1ステップST101において、ワークWが、直接的または間接的に、ワーク支持装置2のテーブル21に取り付けられる。第1ステップST101は、取付工程である。取付工程(第1ステップST101)は、第1の実施形態における取付工程(第1ステップST1)と同様であるため、当該取付工程(第1ステップST101)についての繰り返しとなる説明は省略する。

【0254】

第2ステップST102において、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される(図37を参照。)。第2ステップST102は、第1判断工程である。第1判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

【0255】

第1判断工程(第2ステップST102)において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であると判断された場合、第1軸AX1まわりのワークWの旋回と、第2軸AX2まわりのワークWの傾動とのうちの少なくとも一方(より具体的には、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることと、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることとのうちの少なくとも一方)が実行される。

【0256】

例えば、第1判断工程(第2ステップST102)において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される(旋回工程:第3ステップST103)。

【0257】

10

20

30

40

50

例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第2軸AX2まわりのワークWの傾動が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動される（傾動工程：第4ステップST104）。以下、旋回工程（第3ステップST103）と、傾動工程（第4ステップST104）とを、包括的に姿勢変更工程という。

【0258】

姿勢変更工程は、テーブル装置20を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい（図38を参照。）。より具体的には、制御装置7によって、ワークWの直線的な移動と、ワークWの姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、テーブル装置20が直線的に移動され、且つ、テーブル21が旋回または傾動される。

10

【0259】

例えば、ワークWの直線的な移動と、ワークWの姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、第1ステップST101（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、且つ、ワークWの姿勢が、受取位置P1におけるワークWの姿勢から、ワーク加工の初期段階に適したワークWの姿勢に変更される。他方、ワークWの直線的な移動のみが必要であると判断された場合、第1ステップST101（取付工程）の実行後に、テーブル装置20が、受取位置P1から進出位置P2に直線的に移動され、ワークWの姿勢は維持される。

【0260】

制御装置7によってワークWの姿勢変更は不要と判断された場合（第2ステップST102：No）、または、ワークWの姿勢変更を完了した場合、第5ステップST105、第6ステップST106、および／または、第7ステップST107に進む。

20

【0261】

第5ステップST105において、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具（T1-3、T1-4、T1-5、T1-6）を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第5ステップST105は、第1加工工程である。第1群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。

【0262】

図30、図31、図34に記載の例では、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具は、穴開け工具T1-3（例えば、ドリル）と、タップ工具T1-4と、面加工工具T1-6（例えば、フライス工具）と、を含む。加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具は、摩擦攪拌接合工具T1-7（必要であれば、図24を参照。）を含んでいてもよい。加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1（例えば、穴開け工具T1-3、タップ工具T1-4、あるいは、穴形成工具T1-5）を、他の第1回転工具（例えば、面加工工具T1-6、あるいは、摩擦攪拌接合工具T1-7）に交換することは、例えば、第1工具交換装置80a（図24を参照。）を用いて行われる。第1群の回転工具は、工具径が互いに異なる複数の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第1群の回転工具は、工具径が第1の大きさである第1のドリルと、工具径が第2の大きさである第2のドリルとを含んでいてもよい。

30

【0263】

第1加工工程（第5ステップST105）は、テーブル21によって支持されたワークWに第1群の回転工具のいずれかが接触している状態で、複数の直動装置4を用いて、加工ヘッド30を移動させることを含む。ワークWの加工が、複数の直動装置4を用いて加工ヘッド30を移動させることによって行われる場合、ワークWの加工を高精度に行うことができる。

【0264】

第1群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第1群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定さ

40

50

れていることが好ましい。

【0265】

第6ステップST106において、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具(T2-3、T2-4、T2-5)を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第6ステップST106は、第2加工工程である。第2群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。

【0266】

図33、図34に記載の例では、第1ロボット5の工具支持装置53によって順次支持される第2群の回転工具は、穴開け工具T2-3(例えば、ドリル)と、タップ工具T2-4と、を含む。多関節アーム50に支持される第2回転工具T2(例えば、穴開け工具T2-3)を、他の第2回転工具(例えば、タップ工具T2-4)に交換することは、例えば、第2工具交換装置80b(図25を参照。)を用いて行われる。第2群の回転工具は、工具径が互いに異なる複数の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第2群の回転工具は、工具径が第3の大きさである第3のドリルと、工具径が第4の大きさである第4のドリルとを含んでいてもよい。

【0267】

図11に例示されるように、第2加工工程(第6ステップST106)は、多関節アーム50に取り付けられた工具支持装置53が、第2回転軸AD2まわりに回転する第2回転工具T2を、工具直動装置55を用いて、第2回転軸AD2に平行な方向に移動させることを含んでいてもよい。第2回転工具T2の移動が工具直動装置55を用いて行われる場合、第2回転工具T2を高精度に移動させることができる。

【0268】

第2群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには(換言すれば、第2群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには)、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

【0269】

第1加工工程(第5ステップST105)の一部と、第2加工工程(第6ステップST106)の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程(第5ステップST105)の一部は、第2加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第2加工工程(第6ステップST106)の一部は、第1加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

【0270】

第7ステップST107において、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具(T3-3、T3-4、T3-5)を用いて、テーブル21によって支持されたワークWが加工される。第7ステップST107は、第3加工工程である。第3群の回転工具によって加工されるワークWの加工対象箇所は、10箇所以上、20箇所以上、あるいは、30箇所以上であってもよい。なお、工作機械1が、第2ロボット6を有さない場合には、第3加工工程(第7ステップST107)は、省略される。

【0271】

図30、図31に記載の例では、第2ロボット6の第2工具支持装置63によって順次支持される第3群の回転工具は、穴開け工具T3-3(例えば、ドリル)と、タップ工具T3-4と、を含む。第2多関節アーム60に支持される第3回転工具T3(例えば、穴開け工具T3-3)を、他の第3回転工具(例えば、タップ工具T3-4)に交換することは、第2工具交換装置80b(図25を参照。)、または、第2工具交換装置80bとは異なる工具交換装置を用いて行われる。第3群の回転工具は、工具径が互いに異なる複数の同種の工具を含んでいてもよい。例えば、第3群の回転工具は、工具径が第5の大きさである第5のドリルと、工具径が第6の大きさである第6のドリルとを含んでいてもよい。

【0272】

図21に例示されるように、第3加工工程（第7ステップST107）は、第2多関節アーム60に取り付けられた第2工具支持装置63が、第3回転軸AD3まわりに回転する第3回転工具T3を、第2工具直動装置65を用いて、第3回転軸AD3に平行な方向に移動させることを含んでもよい。第3回転工具T3の移動が第2工具直動装置65を用いて行われる場合、第3回転工具T3を高精度に移動させることができる。

【0273】

第3群の回転工具を用いてワークWが加工されているときには（換言すれば、第3群の回転工具のいずれかとワークWとが接触しているときには）、第1軸AX1まわりのテーブル21の角度位置は固定され、第2軸AX2まわりのテーブル21の角度位置は固定されていることが好ましい。

10

【0274】

第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とは同時に実行されてもよい。第1加工工程（第5ステップST105）の一部は、第3加工工程が行われていないときに実行されてもよい。また、第3加工工程（第7ステップST107）の一部は、第1加工工程が行われていないときに実行されてもよい。

【0275】

第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とは同時に実行されてもよい。

20

【0276】

第8ステップST108において、ワークWの加工を完了したか否かが判断される。第8ステップST108は、第2判断工程である。第2判断工程は、制御装置7によって行われる。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの加工を完了したか否かを判断する。

【0277】

第2判断工程（第8ステップST108）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了していないと判断された場合（第8ステップST108：No）、第2ステップST102に戻る。

30

【0278】

例えば、上述の第1加工工程の一部と、上述の第2加工工程の一部とが実行された後（あるいは、上述の第1加工工程の一部と、上述の第2加工工程の一部と、上述の第3加工工程の一部とが実行された後）、第2ステップST102において、制御装置7によって、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かが判断される。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722に基づいて、ワークWの姿勢変更が必要であるか否かを判断する。

【0279】

例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第1軸AX1まわりのワークWの旋回が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第1軸AX1まわりに旋回される（旋回工程：第3ステップST103）。旋回工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させること）は、ワーク支持装置2が有する第1駆動装置23を用いて行われる。換言すれば、旋回工程（第3ステップST103）において、第1駆動装置23は、ワークWを支持するテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させる。

40

【0280】

例えば、第1判断工程（第2ステップST102）において、制御装置7によって、少なくとも、第2軸AX2まわりのワークWの傾動が必要と判断された場合、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動される（傾動工程：第4ステップST104）。傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわり

50

に傾動させること）は、ワーク支持装置 2 が有する第 2 駆動装置 2 6 を用いて行われる。換言すれば、傾動工程（第 4 ステップ S T 1 0 4）において、第 2 駆動装置 2 6 は、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 2 軸 A X 2 まわりに傾動させる。

【 0 2 8 1】

旋回工程（第 3 ステップ S T 1 0 3）および傾動工程（第 4 ステップ S T 1 0 4）の両方が実行されてもよい（図 3 4 および図 3 5 を参照。）。より具体的には、制御装置 7 によって、少なくとも、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回と、第 2 軸 A X 2 まわりのワーク W の傾動との両方が必要と判断された場合、第 1 軸 A X 1 まわりのテーブル 2 1 の旋回、および、第 2 軸 A X 2 まわりのテーブル 2 1 の傾動の両方が実行される（旋回傾動工程）。旋回傾動工程において、テーブル 2 1 の旋回と、テーブル 2 1 の傾動とは、どちらが先に実行されてもよい。また、旋回傾動工程において、テーブル 2 1 の旋回の一部と、テーブル 2 1 の傾動の一部とが同時に実行されてもよい。

10

【 0 2 8 2】

旋回工程（第 3 ステップ S T 1 0 3）は、テーブル装置 2 0 を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。傾動工程（第 4 ステップ S T 1 0 4）は、テーブル装置 2 0 を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。また、旋回傾動工程（第 3 ステップ S T 1 0 3、および、第 4 ステップ S T 1 0 4）は、テーブル装置 2 0 を移動させる移動工程と組み合わせられて実行されてもよい。

【 0 2 8 3】

より具体的には、第 1 判断工程（第 2 ステップ S T 1 0 2）において、制御装置 7 によって、ワーク W の直線的な移動とワーク W の姿勢変更との両方が必要であると判断された場合、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回と第 2 軸 A X 2 まわりのワーク W の傾動とのうちの少なくとも一方と、テーブル装置 2 0 の直線的な移動と、が組み合わせられて実行される。なお、テーブル装置 2 0 の直線的な移動は、第 3 駆動装置 1 8 を用いて実行される。

20

【 0 2 8 4】

例えば、第 1 判断工程（第 2 ステップ S T 1 0 2）において、制御装置 7 によって、少なくとも、ワーク W の直線的な移動、および、第 1 軸 A X 1 まわりのワーク W の旋回が必要と判断された場合、（1）テーブル装置 2 0 を退避位置 P 3 に向けて第 1 方向 D R 1 に直線的に移動させることと（図 5 を参照。）、（2）テーブル装置 2 0 が退避位置 P 3 に位置する状態において、ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに旋回させることと（図 6 を参照。）、（3）テーブル装置 2 0 を進出位置 P 2 に向けて第 1 方向 D R 1 とは反対の方向に直線的に移動させることと、が実行される。

30

【 0 2 8 5】

例えば、第 1 判断工程（第 2 ステップ S T 1 0 2）において、制御装置 7 によって、少なくとも、ワーク W の直線的な移動、および、第 2 軸 A X 2 まわりのワーク W の傾動が必要と判断された場合、（1）テーブル装置 2 0 を第 1 方向 D R 1 に平行な方向に直線的に移動させることと、（2）ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 2 軸 A X 2 まわりに傾動させることと、が実行される。

【 0 2 8 6】

なお、ワーク W を支持するテーブル 2 1 の第 1 軸 A X 1 まわりの旋回の直前に、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方から離れる方向に直線的に移動され、ワーク W を支持するテーブル 2 1 の第 1 軸 A X 1 まわりの旋回の直後に、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方に近づく方向に直線的に移動されてもよい。テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの一方が、テーブル 2 1 および第 1 加工装置 3 のうちの他方から離れる方向に移動されることにより、テーブル 2 1 の旋回時に、テーブル 2 1 およびワーク W が、第 1 加工装置 3 と干渉することが防止される。

40

【 0 2 8 7】

上述の旋回工程（第 3 ステップ S T 1 0 3）は、傾動状態のテーブル 2 1 を第 1 軸 A X

50

1 まわりに旋回させることを含んでいてもよい。代替的に、上述の旋回工程（第3ステップST103）は、テーブル21の状態が、傾動状態から非傾動状態に変更された後、非傾動状態のテーブル21を第1軸AX1まわりに旋回させることを含んでいてもよい。

【0288】

上述の傾動工程（第4ステップST104）において、制御装置7は、第2駆動装置26が第2軸AX2まわりのワークWの姿勢を変更することに応じて、リスト52の位置および向きを補正する指令を第1ロボット5に送信してもよい。

【0289】

上述の傾動工程（第4ステップST104）において、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させることは、テーブル装置20が退避位置P3（図19を参照。）に位置する状態で実行されてもよいし、テーブル装置20が進出位置P2（図19を参照。）に位置する状態で実行されてもよい。

【0290】

ワークの姿勢が変更された後、再度、第1加工工程（第5ステップST105）、第2加工工程（第6ステップST106）、および／または、第3加工工程（第7ステップST107）が実行される。

【0291】

第8ステップST108において、再度、ワークWの加工を完了したか否かが判断される（第2判断工程）。第2判断工程（第8ステップST108）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了していないと判断された場合（第8ステップST108：No）、第2ステップST102に戻る。

【0292】

他方、第2判断工程（第8ステップST108）において、制御装置7によって、ワークWの加工が完了したと判断された場合（第8ステップST108：Yes）、ワークWが取外位置P6（必要であれば、図16を参照。）に移動される（第9ステップST109）。第9ステップST109は、取外位置へのワーク移動工程である。

【0293】

取外位置へのワーク移動工程（第9ステップST109）は、テーブル装置20を、進出位置P2から取外位置P6（必要であれば、図16を参照。）に移動させることを含む。取外位置P6は、受取位置P1（図19を参照。）と同じ位置であってもよいし、受取位置P1とは異なる位置であってもよい。

【0294】

取外位置へのワーク移動工程（第9ステップST109）は、ワークWの姿勢を変更することを含んでいてもよい。

【0295】

第10ステップST110において、ワークWが、テーブル21から取り外される。第10ステップST110は、取外工程である。取外工程（第10ステップST110）は、ドア12を閉位置から開位置に移動させることと、ワーク通過口OPを横切るように、ワークWを加工室CBから加工室CBの外に移動させることと、を含んでいてもよい。

【0296】

第2の実施形態におけるワーク加工方法では、図30、図32に例示されるように、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と第2加工工程（第6ステップST106）の一部とが同時に実行された後、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、1つの傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる工程）の実行前に同時に実行される。

【0297】

また、第2の実施形態におけるワーク加工方法では、図32、図34に例示されるよう

10

20

30

40

50

に、ワークWを支持するテーブル21が第2軸AX2まわりに傾動された後、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と第2加工工程（第6ステップST106）の一部とが同時に実行される。換言すれば、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具を用いてテーブル21によって支持されたワークWを加工する工程の一部とは、上述の1つの傾動工程（換言すれば、ワークWを支持するテーブル21を第2軸AX2まわりに傾動させる工程）の実行後に同時に実行される。

【0298】

1つの傾動工程の前後で、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と第2加工工程（第6ステップST106）の一部とが同時に実行されることにより、ワークWの加工が、効率的に、より短時間で行われる。図30、図32、図34に例示されるように、1つの傾動工程の前後で、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とが同時に実行されてもよい。

【0299】

図34、図36に例示されるように、（1）第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とが同時に実行され、（2）その後、テーブル21が第1軸AX1まわりに旋回され、且つ、テーブル21が第2軸AX2まわりに傾動され、（3）更にその後、第1加工工程（第5ステップST105）の一部と、第2加工工程（第6ステップST106）の一部と、第3加工工程（第7ステップST107）の一部とが同時に実行されてもよい。

【0300】

ワークWを支持するテーブル21の第1軸AX1まわりの旋回、および、ワークWを支持するテーブル21の第2軸AX2まわりの傾動のうちの少なくとも一方を行い、その後、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを加工することを、加工サイクルと定義するとき、第2の実施形態におけるワーク加工方法は、当該加工サイクルを「N」回以上繰り返し実行することを含んでいてもよい。なお、「N」は、例えば、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、・・・である。

【0301】

例えば、第2の実施形態におけるワーク加工方法は、第1の加工サイクルと、第2の加工サイクルとを含む複数の加工サイクルを実行するように構成されていてもよい。

【0302】

第1の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでいてもよい。付加的に、第1の加工サイクルは、テーブル21によって支持された当該ワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具と、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでいてもよい。

【0303】

第2の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでいてもよい。付加的に、第2の加工サイクルは、テーブル21によって支持されたワークWを、加工ヘッド30によって順次支持される第1群の回転工具と、多関節アーム50によって順次支持される第2群の回転工具と、第2多関節アーム60によって順次支持される第3群の回転工具とによって、同時に加工することを含んでいてもよい。

【0304】

第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1によってワークWを加工することと、加工ヘッド30に保持された第1回転工具T1を他の第1回転工具に交換することと、加工ヘッド30に保持された他の第1回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

【0305】

第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2によってワークWを加工することと、多関節アーム50に支持された第2回転工具T2を他の第2回転工具に交換することと、多関節アーム50に支持された他の第2回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

10

【0306】

第1の加工サイクル、および、第2の加工サイクルのうちの少なくとも一方は、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3によってワークWを加工することと、第2多関節アーム60に支持された第3回転工具T3を他の第3回転工具に交換することと、第2多関節アーム60に支持された他の第3回転工具によってワークWを加工することと、を含んでいてもよい。

【0307】

(加工のバリエーション)

20

図30に記載の例では、工作機械1は、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によるワークWの第1主面Waの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの第1側面Wcの加工と、を同時に実行可能である。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、第1回転工具T1によるワークWの第1主面Waの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの第1側面Wcの加工とが同時に実行されるよう、制御装置7は、第1加工装置3および第1ロボット5に制御指令を送信する。

【0308】

図33および図34に記載の例では、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によるワークWの加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2によるワークWの加工とを同時に実行可能である。より具体的には、制御装置7は、メモリ72に記憶された加工プログラム722を実行することにより、傾動状態のテーブル21によって支持されたワークWが、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2とによって同時に加工されるよう、制御装置7は、第1加工装置3および第1ロボット5に制御指令を送信する。図33に例示されるように、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によって、ワークWの傾斜面WSを加工可能であってもよい（例えば、ワークWの傾斜面WSに穴を形成する加工を実行可能であってもよい。）。図34に例示されるように、工作機械1は、テーブル21が傾動状態であるときに、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1によって、ワークWの頂面Weを加工可能であってもよい（例えば、ワークWの頂面Weを面加工可能であってもよい。）。

30

40

【0309】

図34または図36に記載の例では、工作機械1は、加工ヘッド30に支持される第1回転工具T1（より具体的には、面加工工具T1-6）によるワークWの面加工と、多関節アーム50に支持される第2回転工具T2（例えば、タップ工具T2-4、または、穴開け工具T2-5）によってワークWに穴HLを形成する加工と、を同時に実行可能である。付加的に、第2多関節アーム60に支持される第3回転工具T3によってワークWに穴HLを形成する加工も同時に実行可能であってもよい。

【0310】

50

より具体的には、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラム 7 2 2 を実行することにより、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W が、加工ヘッド 3 0 に支持される面加工工具 T 1 - 6 と、多関節アーム 5 0 に支持されるタップ工具 T 2 - 4 または穴開け工具 T 2 - 5 と、第 2 多関節アーム 6 0 に支持されるタップ工具 T 3 - 4 または穴開け工具 T 3 - 5 とによって同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5 および第 2 ロボット 6 に制御指令を送信する。

【0311】

代替的に、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラム 7 2 2 を実行することにより、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W が、加工ヘッド 3 0 に支持される摩擦攪拌接合工具 T 1 - 7（図 2 4 を参照。）と、多関節アーム 5 0 に支持されるタップ工具 T 2 - 4 または穴開け工具 T 2 - 5 とによって同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 に制御指令を送信してもよい。

【0312】

図 3 4、または、図 3 6 に記載の例では、工作機械 1 は、加工ヘッド 3 0 に支持される第 1 回転工具 T 1 と、多関節アーム 5 0 に支持される第 2 回転工具 T 2 と、第 2 多関節アーム 6 0 に支持される第 3 回転工具 T 3 とを用いて、ワーク W の 3 つの異なる面を同時に加工可能である。

【0313】

より具体的には、制御装置 7 は、メモリ 7 2 に記憶された加工プログラム 7 2 2 を実行することにより、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W の異なる 3 面が、加工ヘッド 3 0 に支持される第 1 回転工具 T 1 と、多関節アーム 5 0 に支持される第 2 回転工具 T 2 と、第 2 多関節アーム 6 0 に支持される第 3 回転工具 T 3 とによって同時に加工されるよう、制御装置 7 は、第 1 加工装置 3、第 1 ロボット 5、および、第 2 ロボット 6 に制御指令を送信する。

【0314】

本発明は上記各実施形態または各変形例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態または各変形例は適宜変形又は変更され得ることは明らかである。また、各実施形態または各変形例で用いられる種々の技術は、技術的矛盾が生じない限り、他の実施形態または他の変形例にも適用可能である。さらに、各実施形態または各変形例における任意付加的な構成は、適宜省略可能である。

【0315】

図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりの異なる複数の割出角度位置（Q 1、Q 2）のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能である。例えば、ワーク支持装置 2 は、第 1 軸 A X 1 まわりの第 1 の割出角度位置 Q 1 にテーブル 2 1 を割り出し可能であり、且つ、第 1 軸 A X 1 まわりの第 2 の割出角度位置 Q 2 にテーブル 2 1 を割り出し可能である。図 4 0 および図 4 1 に記載の例では（あるいは、図 4 2 および図 4 3 に記載の例では）、第 2 の割出角度位置 Q 2 は、第 1 の割出角度位置 Q 1 と、第 1 軸 A X 1 まわりに 90 度異なる位置である。代替的に、第 2 の割出角度位置 Q 2 は、第 1 の割出角度位置 Q 1 と、第 1 軸 A X 1 まわりに任意の所定角度だけ異なる位置であってもよい。また、ワーク支持装置 2 は、少なくとも、第 1 軸 A X 1 まわりに 90 度毎異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能であってもよい。ワーク支持装置 2 は、少なくとも、第 1 軸 A X 1 まわりに 45 度毎異なる複数の割出角度位置のそれぞれに、テーブル 2 1 を割り出し可能であってもよい。

【0316】

図 4 0 および図 4 1 に記載の例では、工作機械 1 は、（1）第 1 加工装置 3 および第 1 ロボット 5 によって、それぞれ支持された 2 つの回転工具を用いて、テーブル 2 1 によって支持されたワーク W を同時に加工することと、（2）当該 2 つの回転工具を用いてワーク W が加工された後、当該ワーク W を支持するテーブル 2 1 を第 1 軸 A X 1 まわりに所定角度（例えば、90 度、あるいは、180 度）旋回させることと、（3）テーブル 2 1 が

第1軸A X 1まわりに所定角度旋回された後、当該2つの回転工具、あるいは、工具交換によって第1加工装置3および第1ロボット5によって、それぞれ新たに支持された他の2つの回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを同時に加工すること、を実行可能である。

【0317】

図42および図43に記載の例では、工作機械1は、(1)第1加工装置3、第1ロボット5および第2ロボット6によって、それぞれ支持された3つの回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを同時に加工すること、(2)当該3つの回転工具を用いてワークWが加工された後、当該ワークWを支持するテーブル21を第1軸A X 1まわりに所定角度(例えば、90度、あるいは、180度)旋回させることと、(3)テーブル21が第1軸A X 1まわりに所定角度旋回された後、当該3つの回転工具、あるいは、工具交換によって第1加工装置3、第1ロボット5および第2ロボット6によって、それぞれ新たに支持された他の3つの回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWを同時に加工すること、を実行可能である。

【0318】

図42に記載の例では、工作機械1は、第1加工装置3、第1ロボット5および第2ロボット6によって、それぞれ支持された3つの回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWの第1主面Waと、当該ワークWの第1側面Wcと、当該ワークWの第2側面Wdとを同時に加工可能である。また、図43に記載の例では、工作機械1は、第1加工装置3、第1ロボット5および第2ロボット6によってそれぞれ支持された、3つの回転工具を用いて、テーブル21によって支持されたワークWの第1主面Waと、当該ワークWの第2主面Wbと、当該ワークWの側面(例えば、第2側面Wd)とを同時に加工可能である。

【0319】

図40および図41に記載の例では(あるいは、図42および図43に記載の例では)、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる2つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、および、第1加工装置3が配置されている。この場合、第1加工装置3と第1ロボット5とを互いに干渉させることなく、第1加工装置3と第1ロボット5とによってワークWを同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が向上し、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。図40および図41に記載の例では(あるいは、図42および図43に記載の例では)、加工ヘッド30と、多関節アーム50とは、平面視において、略90度異なる角度から、テーブル21に支持されたワークWにアプローチ可能である。よって、第1加工装置3と第1ロボット5との干渉が更に効果的に抑制される。

【0320】

図40および図41に記載の例では(あるいは、図42および図43に記載の例では)、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる3つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、第1加工装置3、および、ワーク通過口OPが配置されている。この場合、加工室CBに対するワークWの搬入出を容易に行うことができる。また、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。更に、ワーク通過口OPを介して機内を見ることにより、第1回転工具T1および第2回転工具T2を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。なお、ドア12には、加工室CB外から加工室CB内を視認可能な窓121が配置されていることが好ましい。この場合、窓121を介して機内を見ることにより、第1回転工具T1および第2回転工具T2を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。

【0321】

図42および図43に記載の例では、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる4つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、第2ロボット6、第1加工装置3、および、ワーク通過口OPが配置されている。この場合、第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6とを互いに干渉させることなく、第1加工装置3と、第1ロボット

5と、第2ロボット6とによってワークWを同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が更に向上し、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。図42および図43に記載の例では、加工ヘッド30と、多関節アーム50とは、平面視において、略90度異なる角度から、テーブル21に支持されたワークWにアプローチ可能である。また、加工ヘッド30と、第2多関節アーム60とは、平面視において、略90度異なる角度から、テーブル21に支持されたワークWにアプローチ可能である。よって、第1加工装置3と、第1ロボット5と、第2ロボット6との干渉が更に効果的に抑制される。

【0322】

また、平面視において、ワーク支持装置2の周囲の異なる4つの角度位置に、それぞれ、第1ロボット5、第2ロボット6、第1加工装置3、および、ワーク通過口OPが配置されているため、加工室CBに対するワークWの搬入出を容易に行うことができる。また、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。更に、ワーク通過口OPあるいは窓121を介して機内を見ることにより、第1回転工具T1、第2回転工具T2、第3回転工具T3を含む複数の工具の状態を容易に確認することができる。

【0323】

図42および図43に記載の例では、平面視において、第1ロボット5と第2ロボット6との間にワーク支持装置2が配置されている。この場合、第1ロボット5と第2ロボット6とを互いに干渉させることなく、第1ロボット5と第2ロボット6とによってワークWを同時に加工させることが容易になる。よって、加工効率が向上し、工作機械1の設置スペースの拡大が抑制される。

【0324】

図44に記載の例では、工作機械1は、テーブル装置20を移動可能に支持するリニアガイドLG（より具体的には、ガイドレール24）を有する。図44に例示されるように、テーブル装置20がリニアガイドLGによってガイドされる方向を第3方向DR3と定義する。また、図44に例示されるように、テーブル装置20によって占有される領域を第3方向DR3に平行な方向に仮想的に延長することにより形成される領域を仮想領域RGと定義する。図44において、仮想領域RGを把握し易くするために、当該仮想領域RGにはドットによるハッチングが付加されている。図44に記載の例では、第1加工装置3は、平面視において、当該仮想領域RGと重なる位置に配置されている。また、加工室CBを規定する壁11に形成されたワーク通過口OPは、平面視において、当該仮想領域RGと重なる位置に配置されている。また、第1ロボット5は、平面視において、当該仮想領域RGの一側部に配置されている。また、第2ロボット6は、平面視において、当該仮想領域RGの他の一側部に配置されている。換言すれば、平面視において、仮想領域RGは、第1ロボット5と第2ロボット6との間を通過している。図44に記載の例では、第1ロボット5を支持する支持台13aは、平面視において、当該仮想領域RGの外に配置されている。また、第2ロボット6を支持する支持台13bは、平面視において、当該仮想領域RGの外に配置されている。図44に記載の例では、第1ロボット5は、平面視において、リニアガイドLGに面する位置に配置されている。また、第2ロボット6は、平面視において、リニアガイドLGに面する位置に配置されている。

【0325】

図44に例示されるように、テーブル21が第1加工装置3に最も近い位置にあるときのテーブル21の面積中心（より具体的には、テーブル21が第1加工装置3に最も近い位置にあるときのテーブル21の上面の面積中心）を第1中心C1と定義する。なお、テーブル21は、第1加工装置3から離れる方向に移動可能なテーブルであってもよいし、第1加工装置3から離れる方向に移動しないテーブルであってもよい。

【0326】

図44に例示されるように、平面視において第1中心C1からワーク通過口OPの中心C2（より具体的には、平面視におけるワーク通過口OPの面積中心）に向かう方向を12時の方向DT12と定義する。第1加工装置3は、例えば、平面視において、第1中心C1から5時の方向に延びる半直線DT5、第1中心C1から6時の方向に延びる半直線

10

20

30

40

50

D T 6、および、第 1 中心 C 1 から 7 時の方向に延びる半直線 D T 7 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置される。第 1 ロボット 5 は、例えば、平面視において、第 1 中心 C 1 から 2 時の方向に延びる半直線 D T 2、第 1 中心 C 1 から 3 時の方向に延びる半直線 D T 3、第 1 中心 C 1 から 4 時の方向に延びる半直線 D T 4、第 1 中心 C 1 から 8 時の方向に延びる半直線 D T 8、第 1 中心 C 1 から 9 時の方向に延びる半直線 D T 9、第 1 中心 C 1 から 10 時の方向に延びる半直線 D T 10 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置される。第 1 ロボット 5 が、平面視において、第 1 中心 C 1 から 8 時の方向に延びる半直線 D T 8、第 1 中心 C 1 から 9 時の方向に延びる半直線 D T 9、第 1 中心 C 1 から 10 時の方向に延びる半直線 D T 10 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置され、第 2 ロボット 6 が、第 1 中心 C 1 から 2 時の方向に延びる半直線 D T 2、第 1 中心 C 1 から 3 時の方向に延びる半直線 D T 3、第 1 中心 C 1 から 4 時の方向に延びる半直線 D T 4 のうちの少なくとも 1 つと重なる位置に配置されてもよい。

10

【0327】

図 1、図 17 に記載の例において、加工ヘッド 30 に支持される第 1 回転工具 T 1 の回転軸である第 1 回転軸 A D 1 は、水平面に実質的に平行である。代替的に、当該第 1 回転軸 A D 1 は、鉛直方向に実質的に平行であってもよいし、水平面および鉛直方向の両方に対して傾斜していてもよい。

【0328】

第 1 の実施形態および第 2 の実施形態では、テーブル 21 が第 1 軸 A X 1 まわりに旋回可能な例について説明された。

20

【0329】

代替的に、第 1 実施形態における工作機械 1 A および第 2 の実施形態における工作機械 1 B の各々において、テーブル 21 が第 1 軸 A X 1 まわりに旋回可能な構成は、任意付加的な構成とされてもよい。

【0330】

換言すれば、第 1 の実施形態における工作機械 1 A および第 2 の実施形態における工作機械 1 B の各々は、(1) ワークを支持するテーブル 21 を有するワーク支持装置 2 と、(2) テーブル 21 によって支持されるワークを加工する第 1 回転工具 T 1 を支持可能な加工ヘッド 30、および、加工ヘッド 30 を 3 次元的に移動させる複数の直動装置 4 を有する第 1 加工装置 3 と、(3) 第 2 回転工具 T 2 の位置および向きを変更する多関節アーム 50 を有し、第 2 回転工具 T 2 を用いてテーブル 21 によって支持されるワークを加工する第 1 ロボット 5 と、を具備する。他方、上述の第 1 の実施形態または第 2 の実施形態において説明された複数の構成のうち、上記 (1) 乃至 (3) 以外の構成は、第 1 の実施形態における工作機械 1 A、または、第 2 の実施形態における工作機械 1 B において、採用されてもよいし、採用されなくてもよい。

30

【0331】

また、第 1 実施形態におけるワーク加工方法、および、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法の各々は、(1) ワーク W を、直接的または間接的に、ワーク支持装置 2 のテーブル 21 に取り付ける工程と、(2) テーブル 21 によって支持されたワーク W を、第 1 加工装置 3 の加工ヘッド 30 によって順次支持される第 1 群の回転工具を用いて加工する工程(第 1 加工工程)と、(3) テーブル 21 によって支持されたワーク W を、第 1 ロボット 5 の多関節アーム 50 によって順次支持される第 2 群の回転工具を用いて加工する工程(第 2 加工工程)と、を具備する。他方、上述の第 1 の実施形態または第 2 の実施形態において説明された複数の工程のうち、上記 (1) 乃至 (3) 以外の工程は、第 1 実施形態におけるワーク加工方法、または、第 2 の実施形態におけるワーク加工方法において、採用されてもよいし、採用されなくてもよい。

40

【符号の説明】

【0332】

1、1 A、1 B…工作機械、2…ワーク支持装置、3…第 1 加工装置、4…直動装置、5…第 1 ロボット、6…第 2 ロボット、7…制御装置、8…工具交換装置、10…ベース、

50

11…壁、11-1…第1壁、11-2…第2壁、11-3…第3壁、11-4…第4壁、
 11a…固定壁、11b…可動壁、11b-1…第1可動壁、11b-2…第2可動壁、
 12…ドア、13a、13b…支持台、18…第3駆動装置、19d…第4駆動装置、
 19r…ガイドレール、20…テーブル装置、21…テーブル、22…ブロック、22a
 …第1端部、22b…第2端部、22c…中央部分、23…第1駆動装置、24…ガイド
 レール、25…支持台、25a…第1支持台、25b…第2支持台、26…第2駆動装置、
 30…加工ヘッド、31…スピンドル、32…支持体、33…軸受、34…第1回転駆
 動装置、35…傾動駆動装置、36…第1移動体、37…第2移動体、38…第3移動体
 、38c…コラム、41…第1直動装置、42…駆動装置、43…第1リニアガイド、4
 4…第2直動装置、45…駆動装置、46…第2リニアガイド、47…第3直動装置、4
 8…駆動装置、49…第3リニアガイド、50…多関節アーム、51a…多関節アームの
 第1部分、51b…多関節アームの第2部分、51c…多関節アームの第3部分、51d
 …多関節アームの第4部分、51e…多関節アームの第5部分、51f…多関節アームの
 第6部分、52…リスト、53…工具支持装置、54…第2回転駆動装置、55…工具直
 動装置、56…固定部、56r…リニアガイド、57…可動部、59…アーム駆動装置、
 60…第2多関節アーム、61a…第2多関節アームの第1部分、61b…第2多関節ア
 ームの第2部分、61c…第2多関節アームの第3部分、61d…第2多関節アームの第
 4部分、61e…第2多関節アームの第5部分、61f…第2多関節アームの第6部分、
 62…第2リスト、63…第2工具支持装置、64…第3回転駆動装置、65…第2工具
 直動装置、66…固定部、66r…リニアガイド、67…可動部、69…アーム駆動装置、
 70…ハードウェアプロセッサ、72…メモリ、74…通信回路、76…入力装置、7
 8…バス、80a…第1工具交換装置、80b…第2工具交換装置、81a…工具交換ア
 ーム、82a…第1把持部、83a…第2把持部、84a…アーム回転装置、85a…ア
 ーム移動装置、91…クーラント液供給装置、91n…射出ノズル、93…工具ストッカ
 、100…工作機械システム、101…第3ロボット、102…第3多関節アーム、10
 3…把持体、121…窓、131a、131b…支持台の上端、722…加工プログラム
 、726…ワークデータ、762…タッチパネル付きディスプレイ、CB…加工室、CD
 …第2室、E1…旋回指令、E2…傾動指令、E3…移動指令、E3-1…第1移動指令
 、E3-2…第2移動指令、E3-3…第3移動指令、E4…第1回転指令、E5…第1
 動作指令、E6…第2回転指令、E7…工具移動指令、E8…第2動作指令、E9…第3
 回転指令、E10…第2工具移動指令、E11…テーブル移動指令、E12…加工装置移
 動指令、E13…工具交換指令、E13-1…第1工具交換指令、E13-2…第2工具
 交換指令、E13-3…第3工具交換指令、HL…穴、J…治具、J1…チャック、LG
 …リニアガイド、MT…モータ、OP…ワーク通過口、T1、T1-1、T1-2…第1
 回転工具、T1-3…穴開け工具、T1-4…タップ工具、T1-5…穴形成工具、T1
 -6…面加工工具、T1-7…摩擦攪拌接合工具、T2、T2-1、T2-2…第2回転
 工具、T2-3…穴開け工具、T2-4…タップ工具、T2-5…穴開け工具、T3、T
 3-1、T3-2…第3回転工具、T3-3…穴開け工具、T3-4…タップ工具、T3
 -5…穴開け工具、W…ワーク、WS…ワークの傾斜面、Wa…ワークの第1主面、Wb
 …ワークの第2主面、Wc…ワークの第1側面、Wd…ワークの第2側面、We…ワーク
 の頂面

【要約】

工作機械は、ワークを支持するテーブルを有するワーク支持装置と、テーブルによって
 支持されるワークを加工する第1回転工具を支持可能な加工ヘッド、および、加工ヘッド
 を3次的に移動させる複数の直動装置を有する第1加工装置と、第2回転工具の位置お
 よび向きを変更する多関節アームを有し、第2回転工具を用いてテーブルによって支持さ
 れるワークを加工する第1ロボットと、を具備する。ワーク支持装置は、第1軸まわりに
 テーブルを旋回させる第1駆動装置を有する。

10

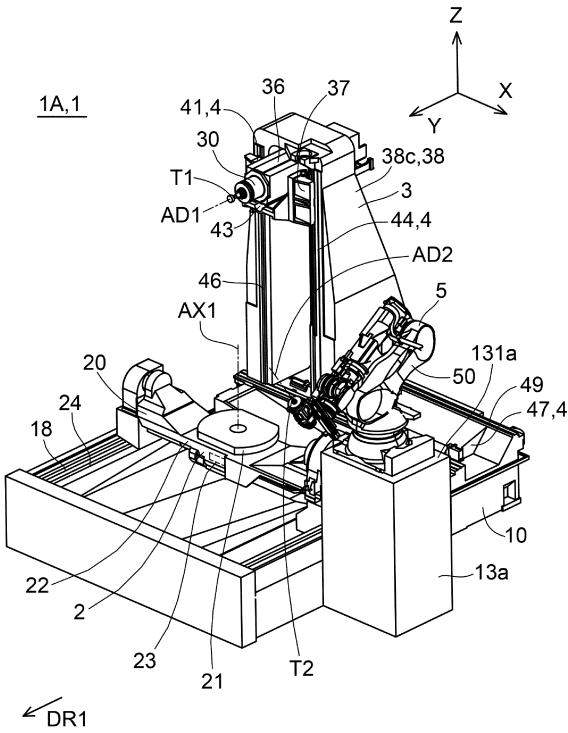
20

30

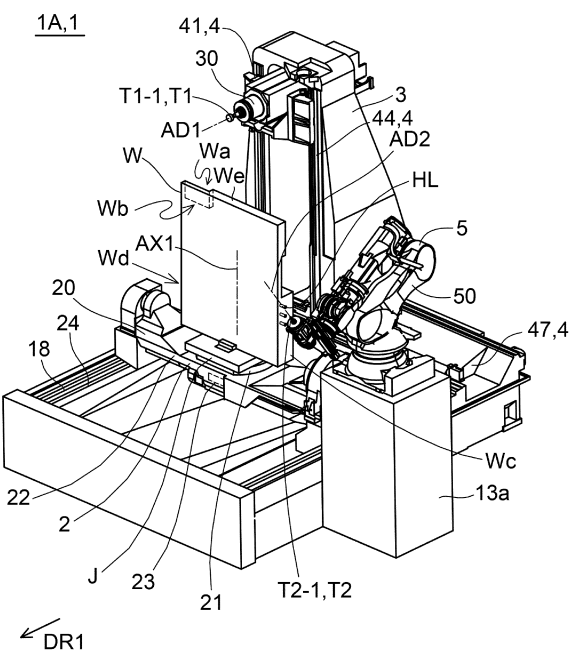
40

50

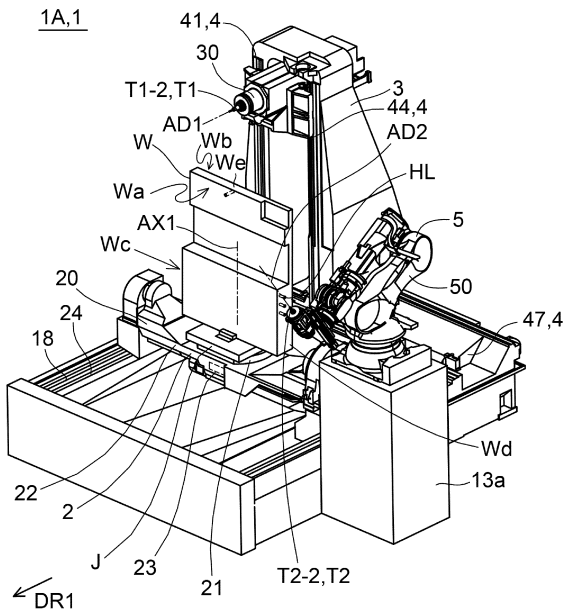
【図面】
【図 1】



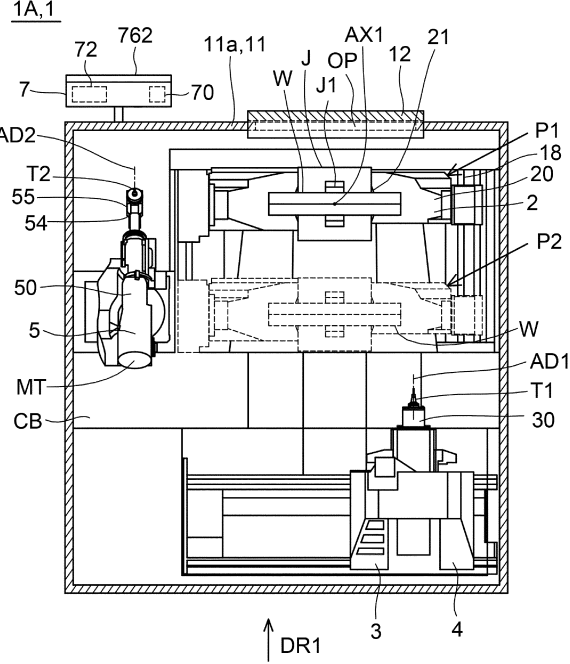
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

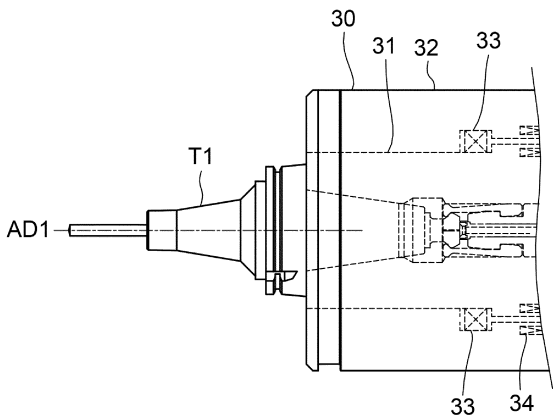
20

30

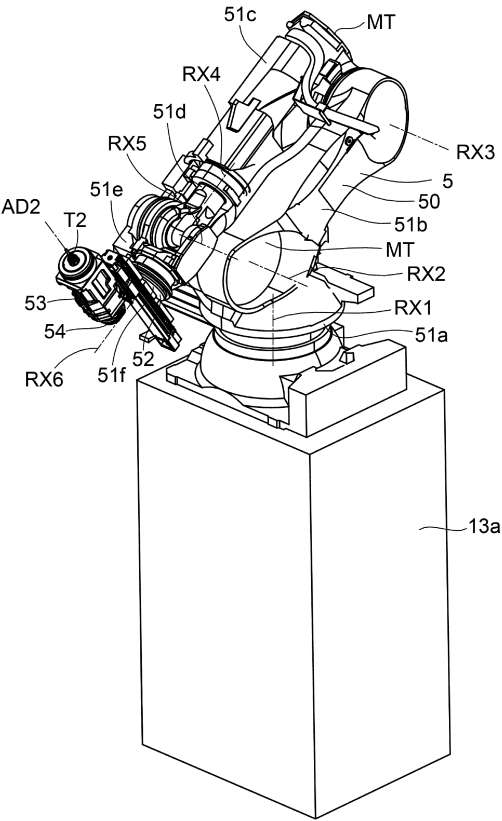
40

50

【図 9】



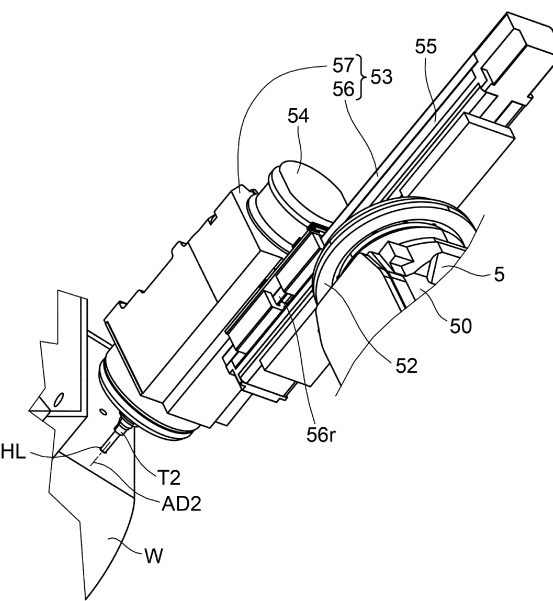
【図 10】



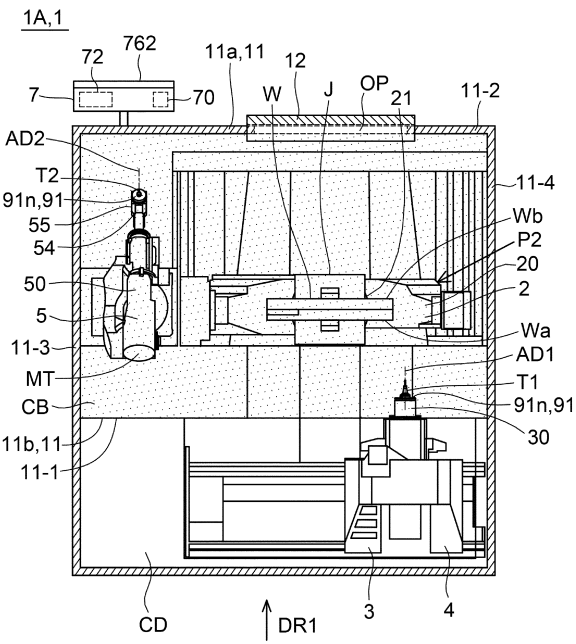
10

20

【図 11】



【図 12】

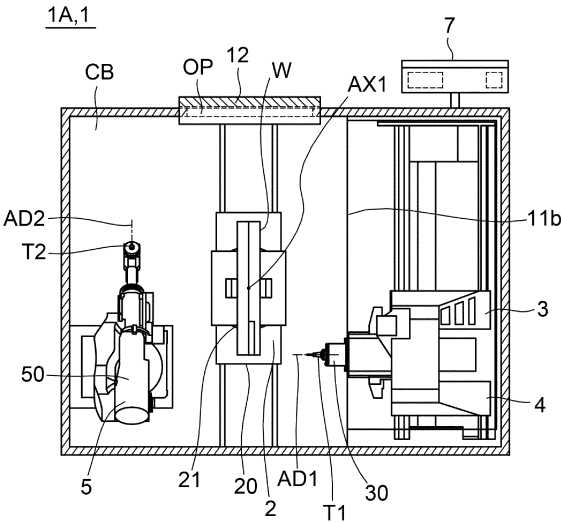


30

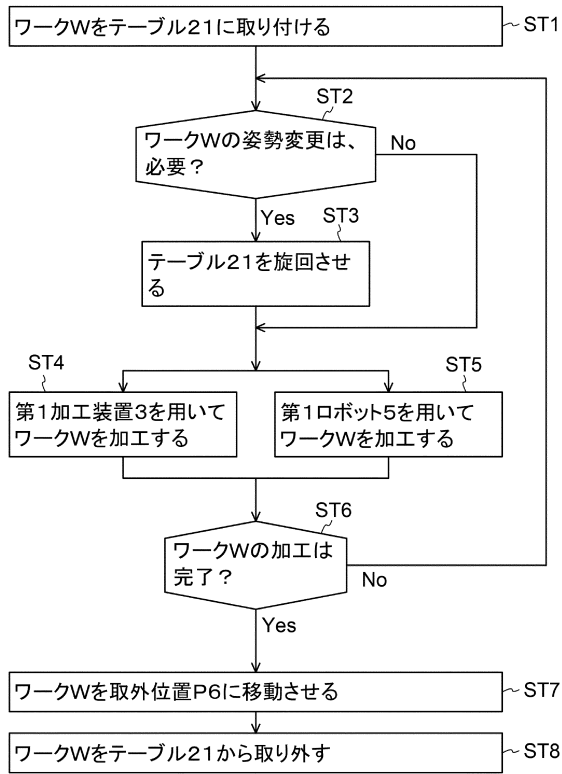
40

50

【図 1 3】



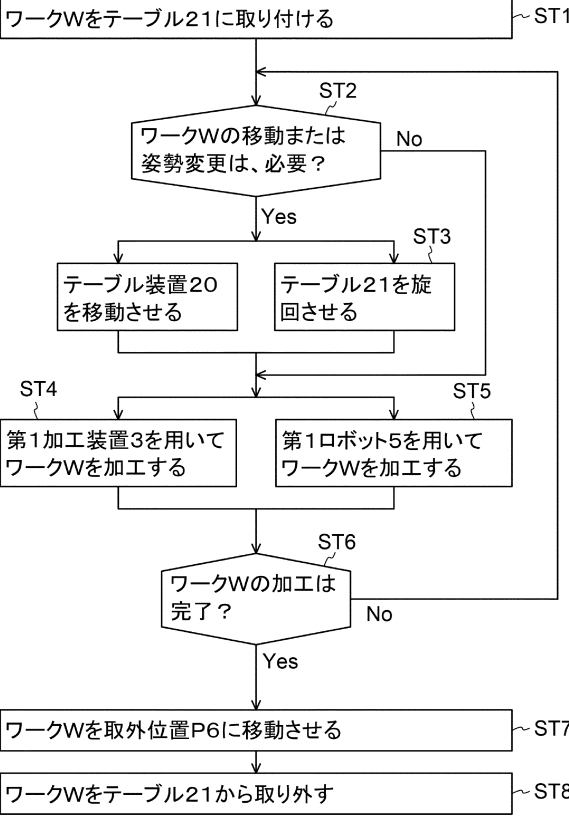
【図 1 4】



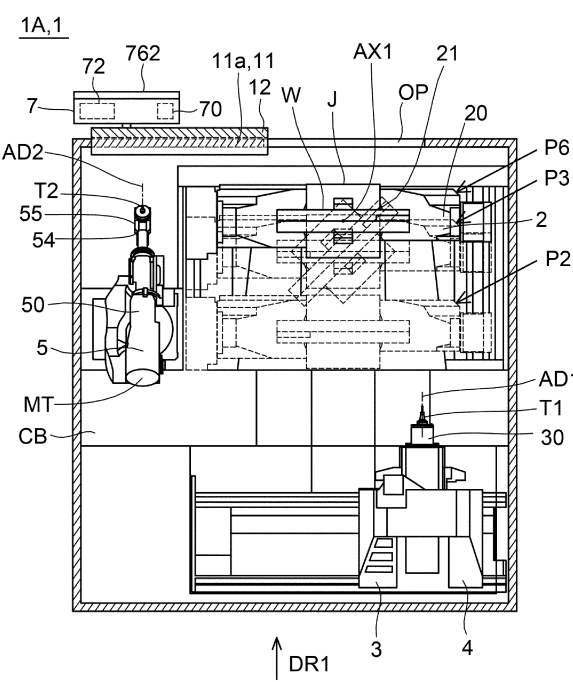
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

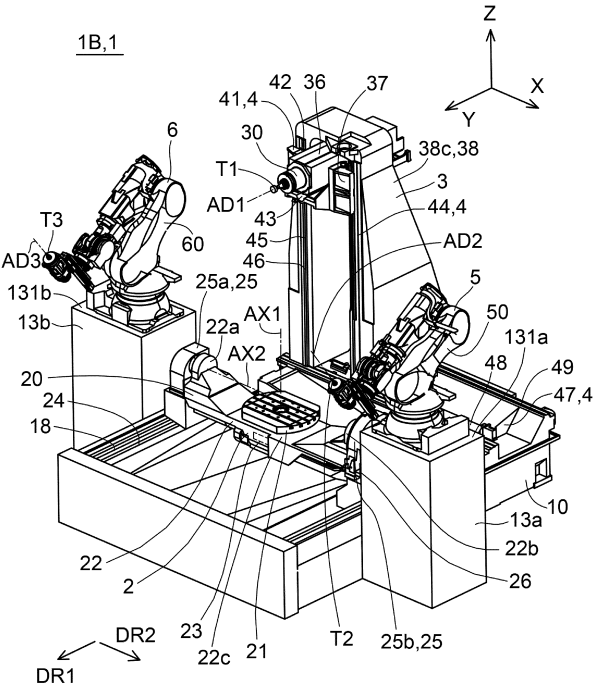


30

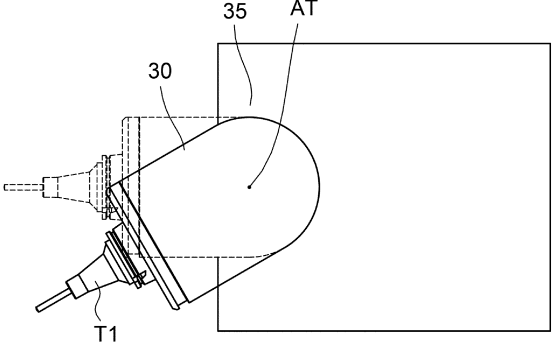
40

50

【図 17】



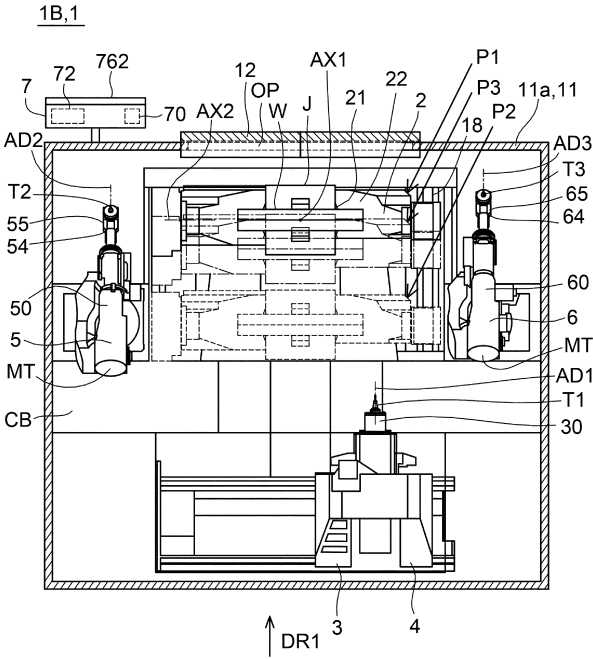
【図 18】



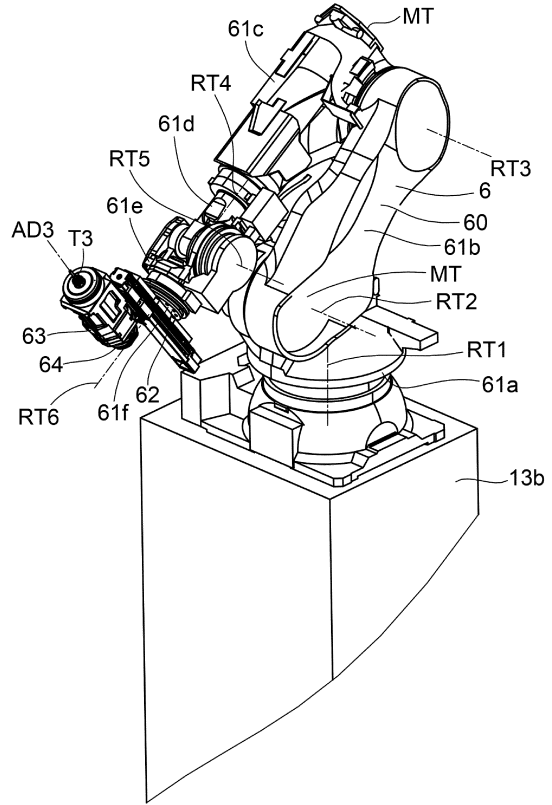
10

20

【図 19】



【図 20】

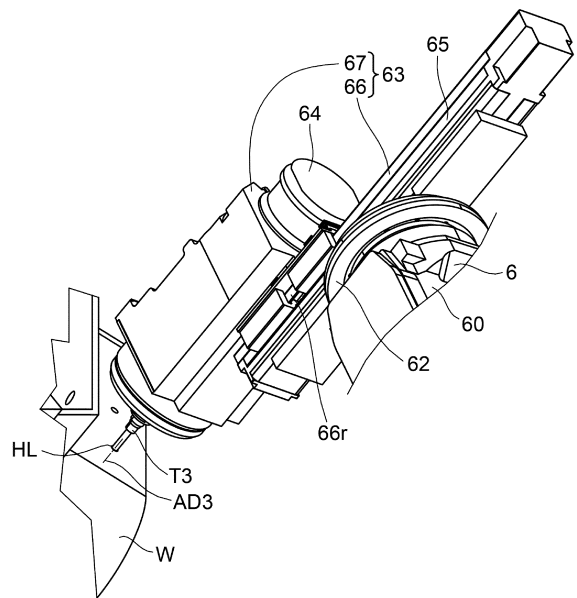


30

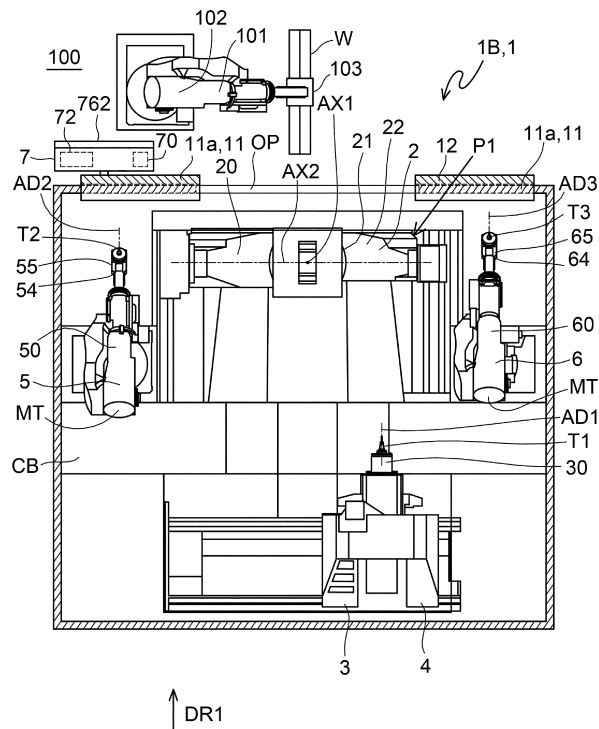
40

50

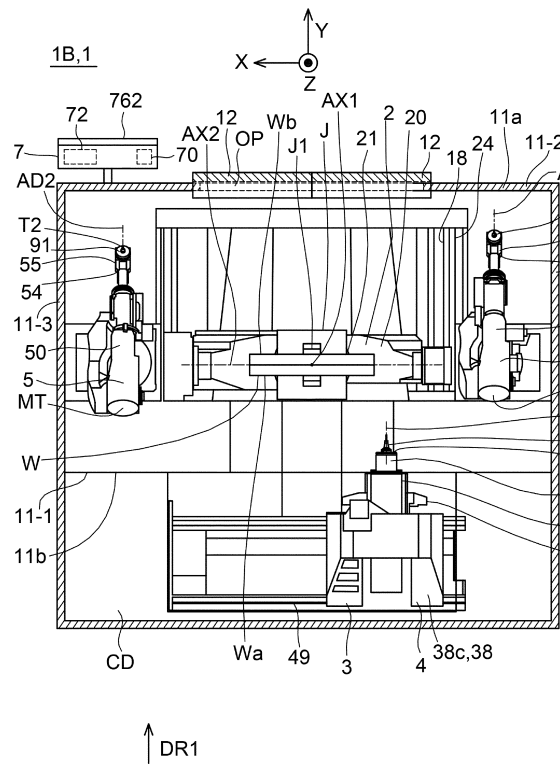
【図 2 1】



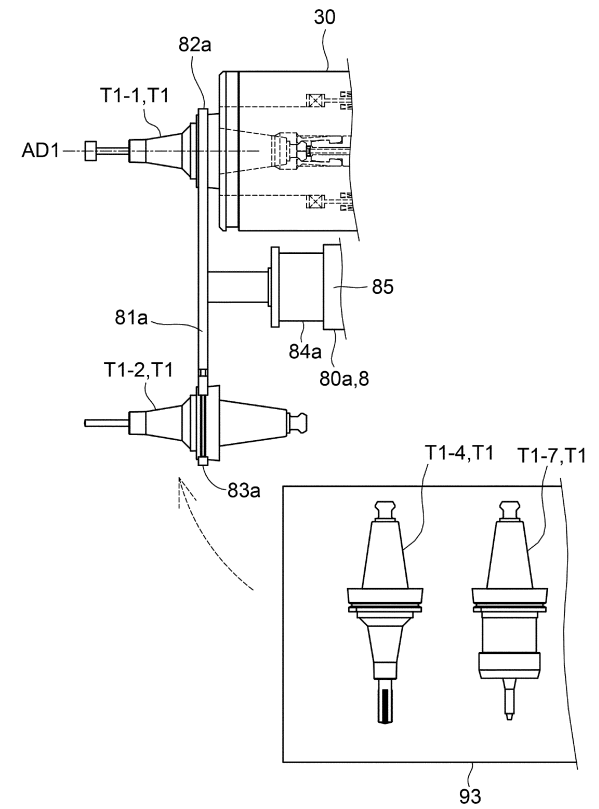
【図 2 2】



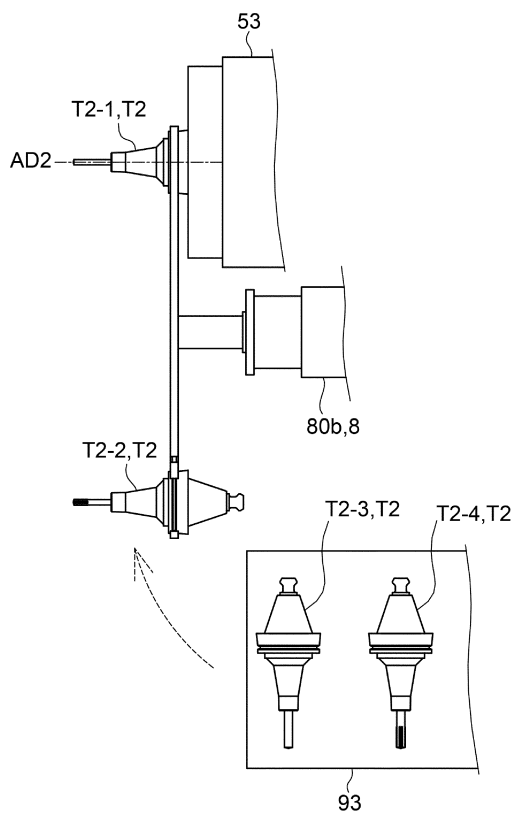
【図 2 3】



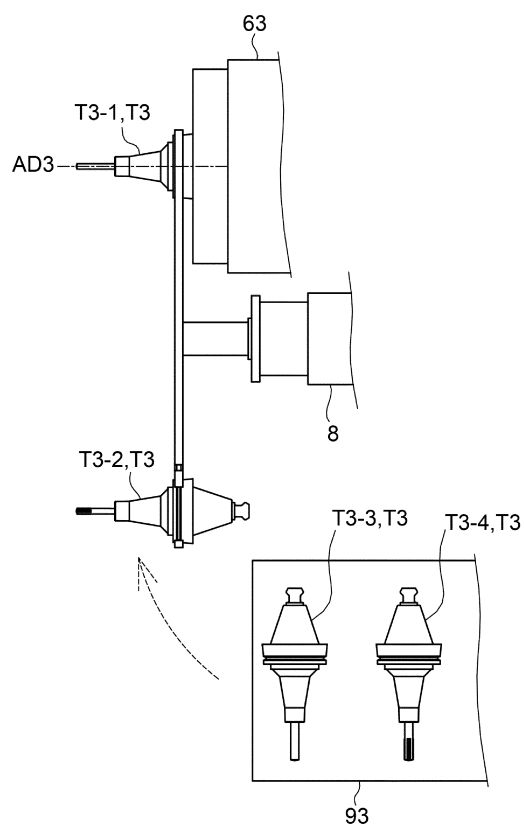
【図 2 4】



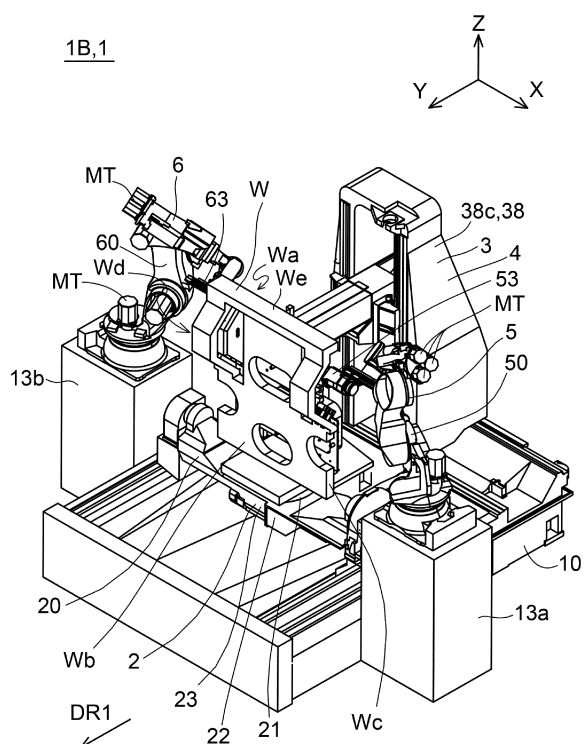
【圖 25】



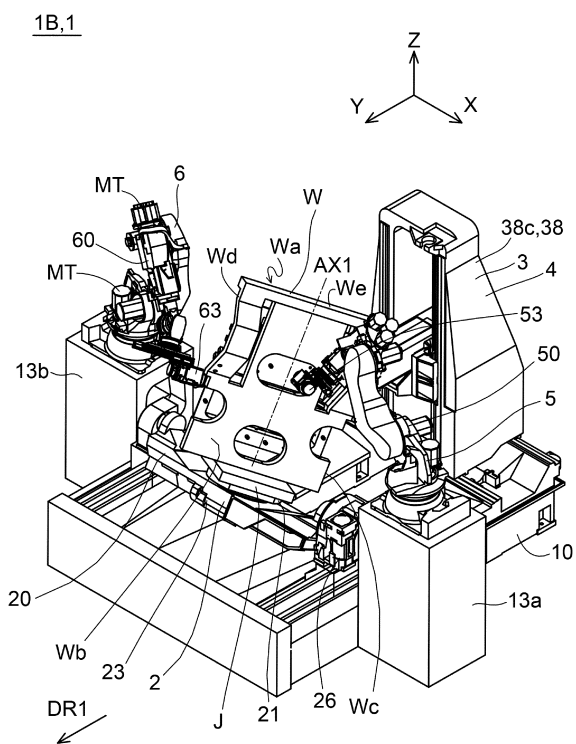
【圖 2 6】



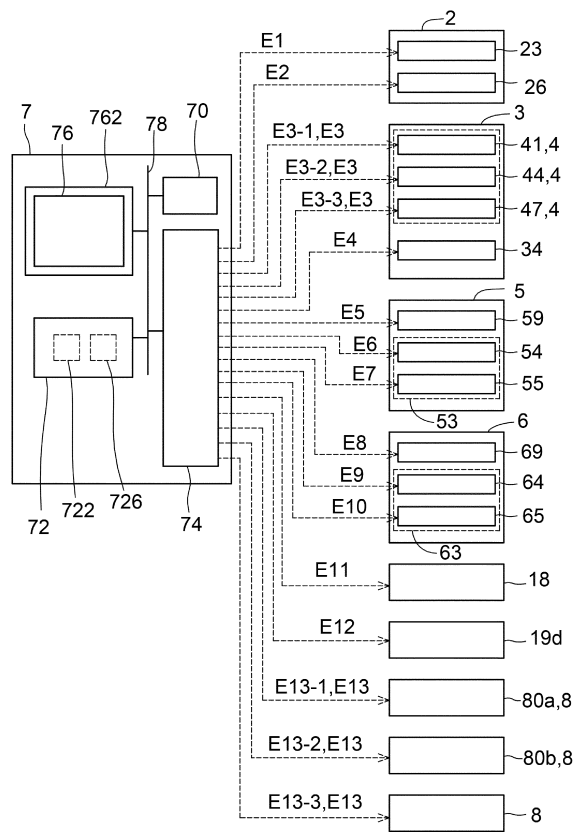
【図 27】



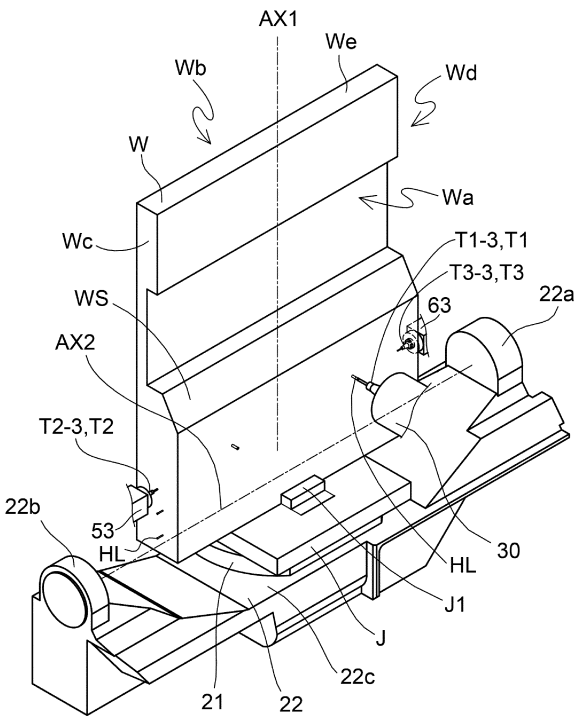
【図 28】



【図 29】



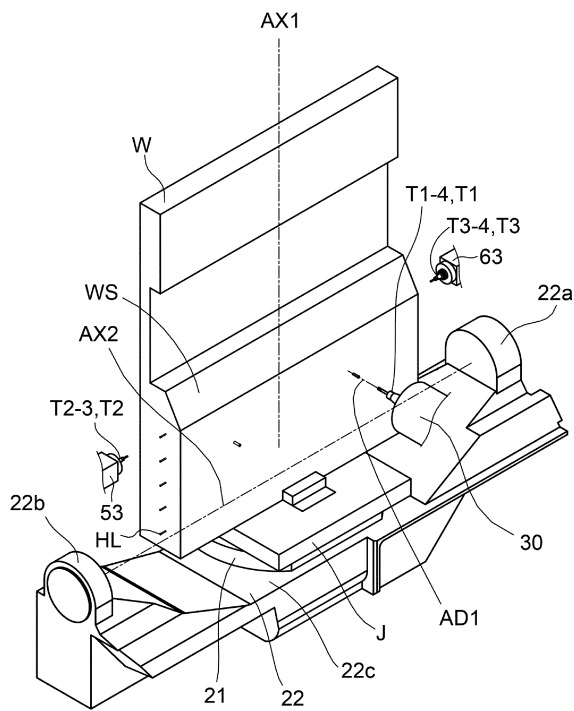
【図 30】



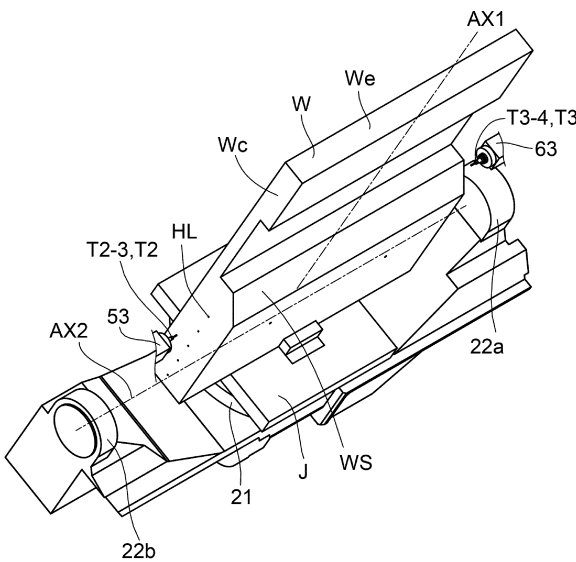
10

20

【図 31】



【図 32】

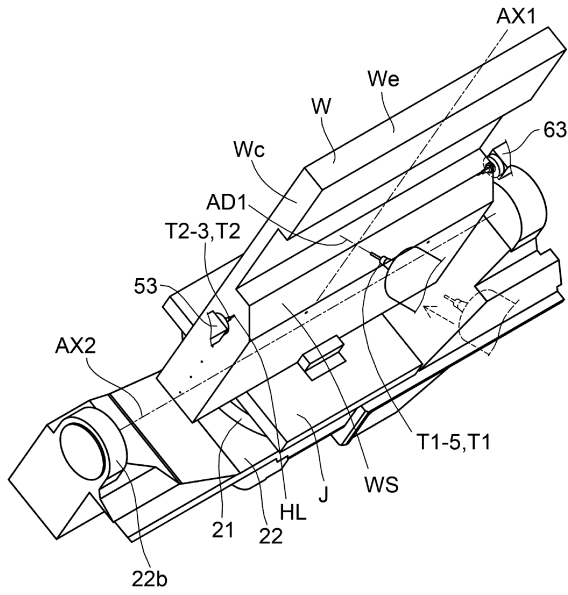


30

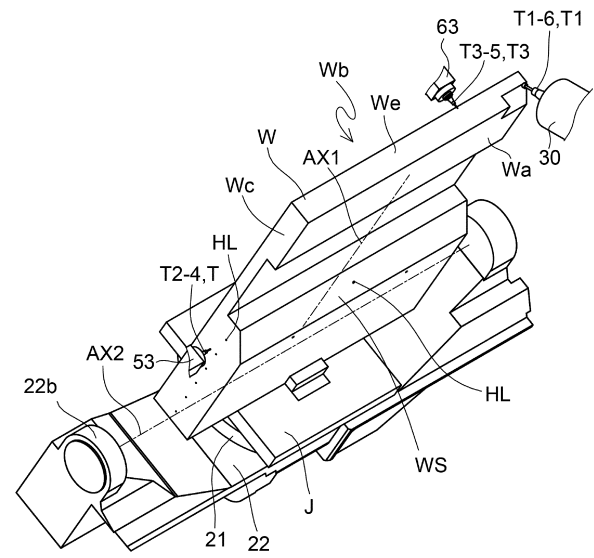
40

50

【図 3 3】

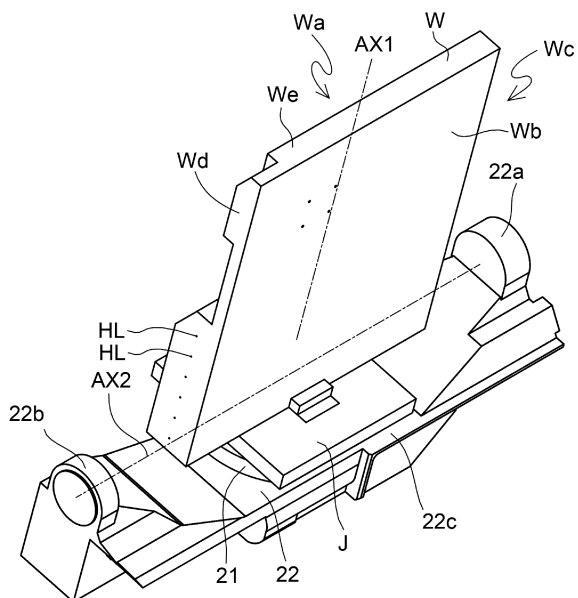


【図 3 4】

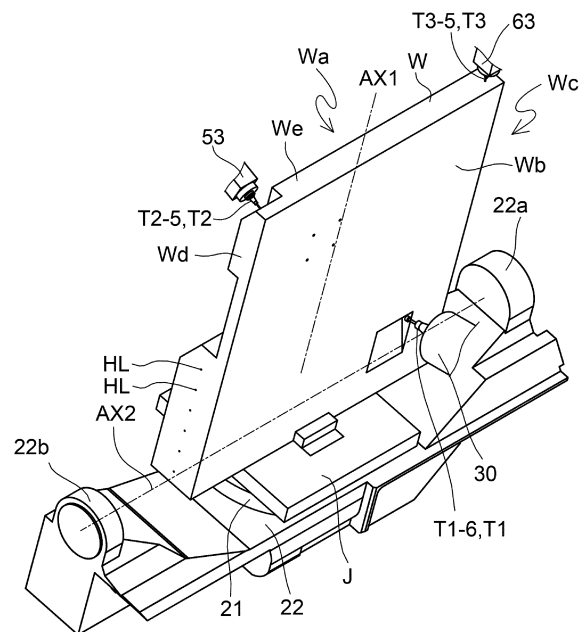


10

【図 3 5】



【図 3 6】

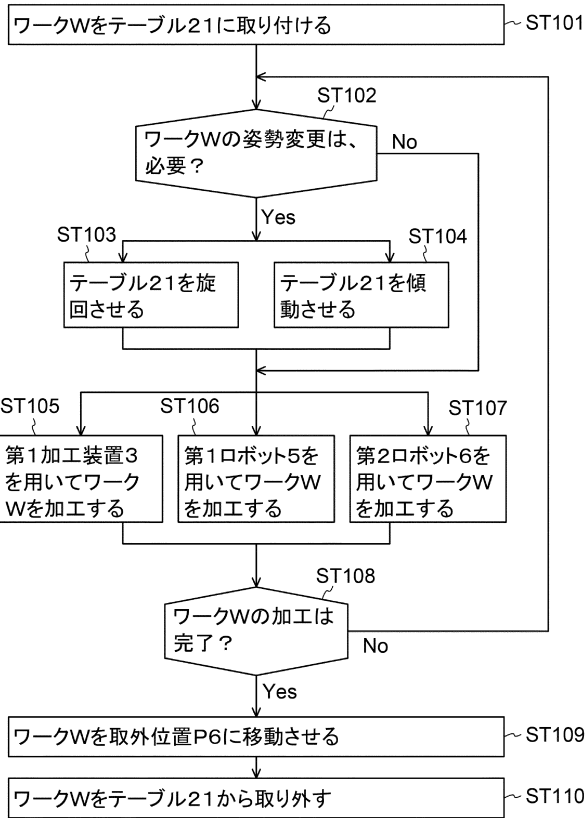


20

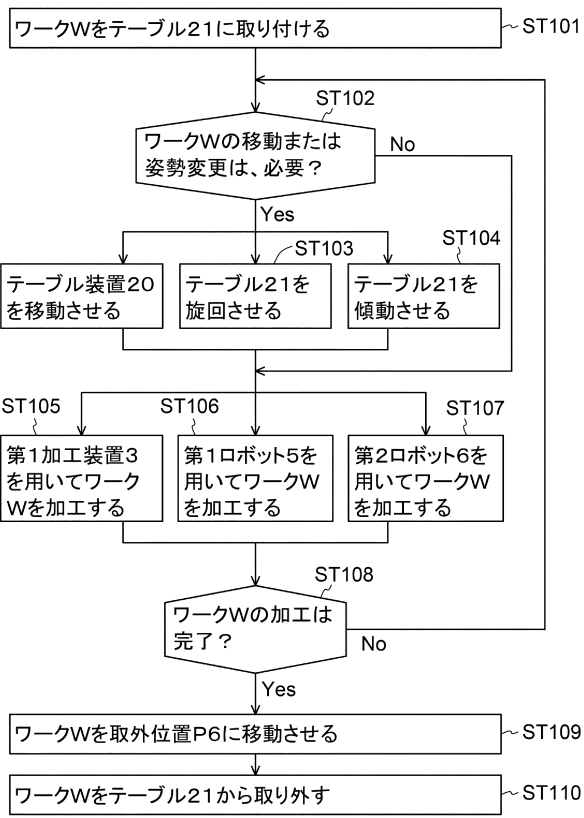
30

40

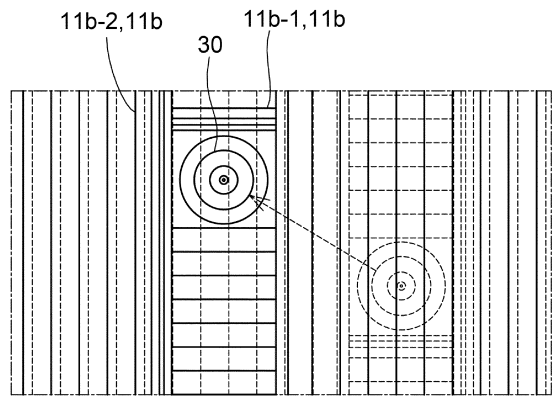
【図 3 7】



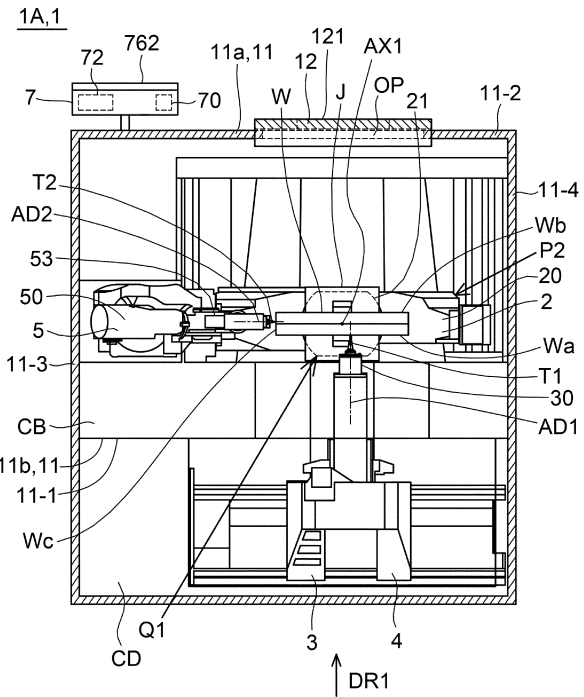
【図 3 8】



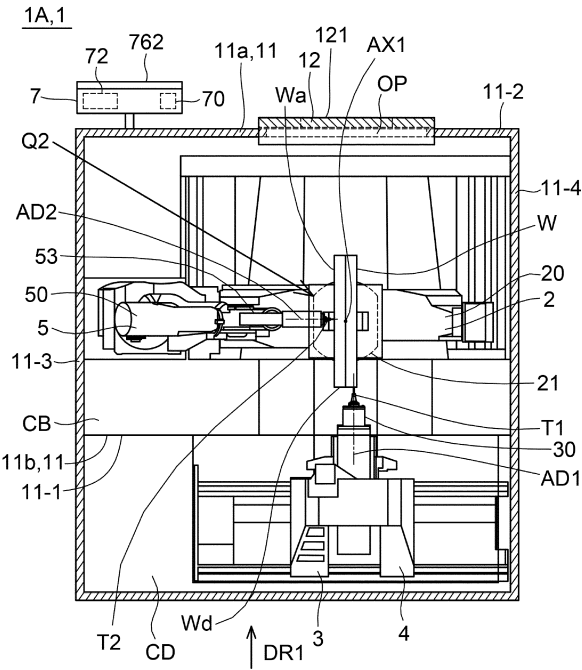
【図 3 9】



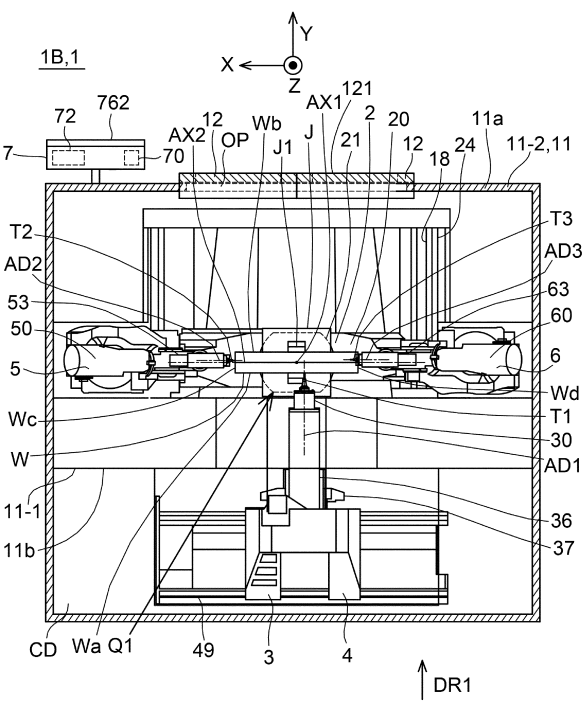
【図 4 0】



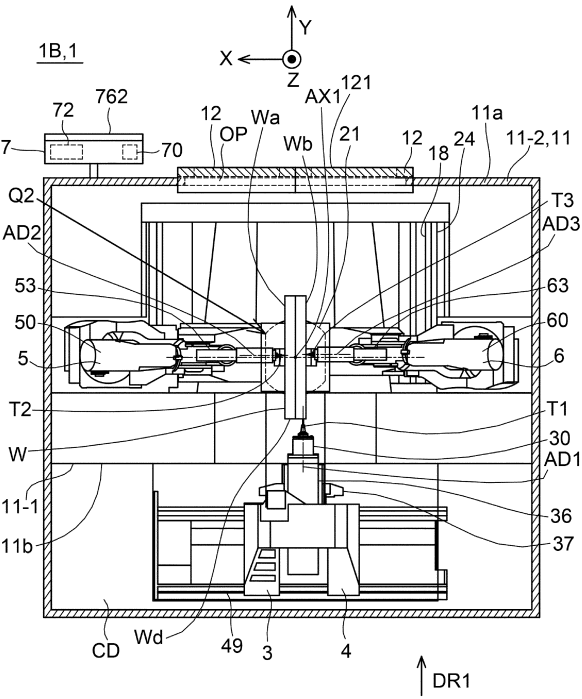
【図 4 1】



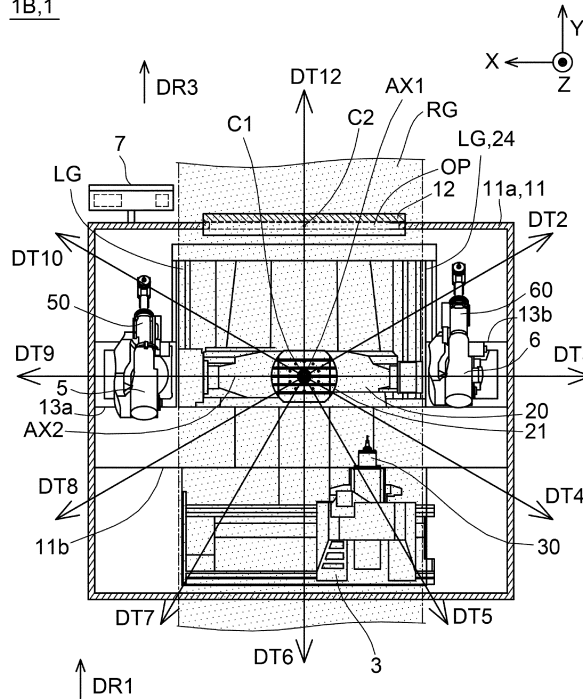
【図 4 2】



【図 4 3】



【図 4 4】



フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
B 2 5 J 13/00 (2006.01) B 2 5 J 13/00 Z

(72)発明者 北原 尚
愛知県丹羽郡大口町竹田 1-131 ヤマザキマザック株式会社内

審査官 小川 真

(56)参考文献 中国特許出願公開第 1 1 3 0 2 1 0 1 7 (CN, A)
中国実用新案第 2 1 1 9 6 6 6 2 5 (CN, U)
特開 2 0 0 4-1 3 0 4 6 8 (JP, A)
国際公開第 2 0 1 4/0 2 4 3 1 9 (WO, A 1)
特開 2 0 1 3-0 1 8 1 0 6 (JP, A)
国際公開第 2 0 1 7/1 0 9 9 8 0 (WO, A 1)
特開 2 0 1 3-2 0 2 7 4 2 (JP, A)
特開 2 0 1 7-1 6 4 8 2 9 (JP, A)
米国特許出願公開第 2 0 2 2/0 0 5 5 1 6 3 (US, A 1)
特開 2 0 1 7-2 0 2 5 4 7 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B 2 3 P 2 3/0 2
B 2 3 P 2 3/0 0
B 2 3 Q 1/4 8
B 2 3 Q 1/5 0
B 2 3 Q 1/6 2
B 2 5 J 2 1/0 0