

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7203254号
(P7203254)

(45)発行日 令和5年1月12日(2023.1.12)

(24)登録日 令和4年12月28日(2022.12.28)

(51)国際特許分類	F I
B 2 3 Q 3/155(2006.01)	B 2 3 Q 3/155 F
B 2 3 Q 41/00 (2006.01)	B 2 3 Q 3/155 A
	B 2 3 Q 41/00 F

請求項の数 6 (全36頁)

(21)出願番号	特願2022-13925(P2022-13925)	(73)特許権者	000146847
(22)出願日	令和4年2月1日(2022.2.1)		D M G 森精機株式会社
審査請求日	令和4年4月25日(2022.4.25)	(74)代理人	110002273
早期審査対象出願			弁理士法人インターブレイン
		(72)発明者	青山 晃久
			奈良県大和郡山市北郡山町106番地
		(72)発明者	D M G 森精機株式会社内
			浅田 哲志
			奈良県大和郡山市北郡山町106番地
			D M G 森精機株式会社内
		審査官	増山 慎也

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】

複数の工具を保持可能な複数のホルダを有する刃物台と、
加工プログラムにしたがって、前記刃物台に保持される工具を制御し、ワークを加工する加工制御部と、
複数の工具を格納する工具格納部と、
工具を搬送可能な工具搬送部と、
工具搬送順を示す搬送スケジュールを生成するスケジュール生成部と、
前記搬送スケジュールにしたがって前記工具搬送部を制御することにより、前記刃物台における工具の保持位置を変更する工具搬送制御部と、を備え、
前記スケジュール生成部は、
前記刃物台における交換前の工具の配置を示す事前配置情報と、搬送後の工具の配置を示す目標配置情報にしたがって、
前記刃物台に配置済みの工具を空きホルダに移動させる第1工程と、
前記工具格納部に格納される工具を前記刃物台の空きホルダに保持させる第2工程と、
を順番に実行する工具の搬送順として前記搬送スケジュールを生成する、工作機械。

10

【請求項2】

前記第1工程および前記第2工程の実行後、更に、
前記刃物台のホルダ間において工具の保持位置を変更する第3工程と、
前記工具格納部に格納される工具と前記刃物台に保持される工具を交換する第4工程と

20

を順番に実行する工具の搬送順として前記搬送スケジュールを生成する、請求項 1 に記載の工作機械。

【請求項 3】

前記スケジュール生成部は、前記搬送スケジュールを生成した後、更に、前記工具搬送部により前記刃物台と前記工具格納部間における 1 回あたりの工具の搬送本数を変更することにより、前記搬送スケジュールを調整する、請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 4】

前記刃物台は、ワークの内径側を削るために工具を保持する第 1 のホルダと、ワークの外径側を削るために工具を保持する第 2 のホルダと、を含み、

前記工具搬送部は、複数の工具を同時に保持可能であり、かつ、旋回または回転により第 1 ホルダまたは第 2 のホルダに対して工具の着脱が可能である、請求項 1 に記載の工作機械。

10

【請求項 5】

前記刃物台は、工具を旋削加工可能に保持する旋削ホルダと、工具を回転加工可能に保持する回転ホルダと、を含み、

前記工具搬送部は、複数の工具を同時に保持可能であり、かつ、旋回または回転により前記旋削ホルダまたは前記回転ホルダに対して工具の着脱が可能である、請求項 1 に記載の工作機械。

【請求項 6】

前記スケジュール生成部は、前記第 1 工程において、工具を保持されている複数のホルダから、同数以上の空いている複数のホルダに工具を搬送させる際、前記工具が保持されている複数のホルダから前記工具搬送部が 1 本ずつ工具を取り外して前記空いているホルダに搬送する前記搬送スケジュールを生成する、請求項 1 に記載の工作機械。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械における工具交換技術、に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械は、ワークを所望の形状に切削加工する装置や、金属粉末などを積層してワークを作る装置がある。切削加工する工作機械には、回転するワークに切削用の工具を当てることでワークを加工するターニングセンタと、回転する工具をワークに当てることでワークを加工するマシニングセンタ、これらの機能を複合的に備える複合加工機などがある。

30

【0003】

刃物台を備える工作機械は、刃物台に複数の工具が装着されることがある。工作機械は、あらかじめ用意された加工プログラムにしたがって、刃物台を三次元的に動かしつつ、刃物台に装着される複数の工具からワークに当てる工具を選びながらワークを加工する。

【0004】

工作機械には、多数の工具を格納する工具格納部を有するものもある。工作機械は、必要な工具が刃物台に装着されていないときには、指定された工具を工具格納部から刃物台に装着した上で、ワークの加工を続行する。以下、刃物台に装着される工具を「作業工具」とよび、工具格納部に格納される工具を「予備工具」とよぶ。特に区別しないときには単に「工具」とよぶ（特許文献 1 - 3 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2008 - 225738 号公報

特開 2000 - 218459 号公報

特開昭 62 - 236642 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

刃物台には複数のステーションとよばれる領域が設けられ、ステーションにホルダが取り付けられ、ホルダに工具が取り付けられる。工作機械は、作業工具を随時交換しながらワークを加工する。以下、刃物台に保持される作業工具の組み合わせを「工具パターン」とよぶ。刃物台上において、ある作業工具と別の作業工具の取り付け位置を交換することを「内部交換」、刃物台上の作業工具と工具格納部に格納される予備工具を交換することを「外部交換」とよぶ。

【0007】

このような工作機械において、工具交換に要する時間を短くし、加工に関連する総時間を短くすることが求められている。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のある態様における工作機械は、複数の工具を保持可能な複数のホルダを有する刃物台と、加工プログラムにしたがって、刃物台に保持される工具を制御し、ワークを加工する加工制御部と、複数の工具を格納する工具格納部と、工具を搬送可能な工具搬送部と、工具搬送順を示す搬送スケジュールを生成するスケジュール生成部と、搬送スケジュールにしたがって工具搬送部を制御することにより、刃物台における工具の保持位置を変更する工具搬送制御部と、を備える。

スケジュール生成部は、刃物台における交換前の工具の配置を示す事前配置情報と、交換後の工具の配置を示す目標配置情報にしたがって、刃物台に配置済みの工具を空きホルダに移動させる第1工程と、工具格納部に格納される工具を刃物台の空きホルダに保持させる第2工程と、刃物台のホルダ間において工具の保持位置を変更する第3工程と、工具格納部に格納される工具と刃物台に保持される工具を交換する第4工程と、を順番に実行する工具の搬送順として搬送スケジュールを生成する。

20

【0009】

本発明の別の態様における工作機械は、複数の工具を保持可能な複数のホルダを有する刃物台と、加工プログラムにしたがって、刃物台に保持される工具を制御し、ワークを加工する加工制御部と、複数の工具を格納する工具格納部と、工具を搬送可能な工具搬送部と、工具搬送順を示す搬送スケジュールを生成するスケジュール生成部と、搬送スケジュールにしたがって工具搬送部を制御することにより、刃物台における工具の保持位置を変更する工具搬送制御部と、を備える。

30

スケジュール生成部は、刃物台における交換前の工具の配置を示す事前配置情報と、交換後の工具の配置を示す目標配置情報にしたがって、刃物台のホルダ間において工具の保持位置を変更する第3工程と、工具格納部に格納される工具と刃物台に保持される工具を交換する第4工程と、を実行する工具搬送順として搬送スケジュールを生成する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、工具の段取り等を含めた加工に関連する総時間を短くすることが可能になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態における工作機械の概略構成を示す平面図である。

【図2】工作機械の斜視図である。

【図3】工具格納部および工具交換部の斜視図である。

【図4】図3に示すA部の拡大斜視図である。

【図5】タレットの外観斜視図である。

【図6】工作機械のハードウェア構成図である。

【図7】情報処理装置の機能ブロック図である。

【図8】工具搬送部の直進動作を説明するための模式図である。

50

- 【図 9】 工具搬送部の旋回動作を説明するための模式図である。
- 【図 10】 工具搬送部の回転動作を説明するための模式図である。
- 【図 11】 搬送スケジュールの生成過程を示すフローチャートである。
- 【図 12】 第 1 工程の処理過程を示すフローチャートである。
- 【図 13】 図 12 の S 3 2 における第 1 工程の詳細を示すフローチャートである。
- 【図 14】 第 1 交換の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 15】 第 1 交換の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 16】 第 2 交換の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 17】 第 2 交換の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 18】 第 3 交換の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 19】 第 3 交換の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 20】 第 4 交換の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 21】 第 4 交換の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 22】 第 2 工程の処理過程を示すフローチャートである。
- 【図 23】 図 22 の S 6 2 における第 2 工程の詳細を示すフローチャートである。
- 【図 24】 第 2 工程の 2 本搬送時における第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 25】 第 2 工程の 2 本搬送時における第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 26】 第 3 工程の処理過程を示すフローチャートである。
- 【図 27】 第 3 工程の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 28】 第 3 工程の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 29】 第 4 工程の処理過程を示すフローチャートである。
- 【図 30】 第 4 工程の第 1 搬送順を示す図である。
- 【図 31】 第 4 工程の第 2 搬送順を示す図である。
- 【図 32】 第 1 例における第 5 工程実行前の搬送スケジュールを示す図である。
- 【図 33】 第 1 例における第 5 工程実行後の搬送スケジュールを示す図である。
- 【図 34】 第 2 例における第 5 工程実行前の搬送スケジュールを示す図である。
- 【図 35】 第 2 例における第 5 工程実行後の搬送スケジュールを示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

【0012】

本実施形態における工作機械は、ターニングセンタまたは複合加工機である。まず、図 1 から図 5 に関連して工作機械の構造を中心として説明する。図 6 以降に関連して、本実施形態における工具交換制御の詳細を説明する。

本実施形態における「交換」は工具 T a のついている第 1 の場所と別の工具 T b がついている第 2 の場所の間で工具 T a と工具 T b を交換する場合だけでなく、工具 T a のついている第 1 の場所から工具がついていない第 3 の場所に工具 T a を移す場合も含む。

【0013】

図 1 は、本実施形態における工作機械 100 の概略構成を示す平面図である。

工作機械 100 は、制御装置 160、加工装置 112、工具搬送部 114 および工具格納部 106 を備える。工具格納部 106 は、一般的には「マガジン」ともよばれる。制御装置 160 は、図 6 に関連して後述する情報処理装置 118 および加工制御部 116 に対応する。タレットベース 102 やタレット 164 は、X、Y、Z 軸方向に移動可能である。タレットベース 102 とタレット 164 とを含めて刃物台 230 という場合と、タレット 164 のみを刃物台 230 という場合がある。図 1 は、X - Z 方向平面に見た場合の平面図である。タレット 164 は Z 軸を中心として回転可能にタレットベース 102 に設置される。工具格納部 106 (マガジン) は、タレットベース 102 の Z 軸正方向側に設けられる。工具搬送部 114 は、工具 T を移送する。

【0014】

図 2 は、工作機械 100 の斜視図である。

角柱体型のタレット 164 には、その外周平面に、工具 T を保持可能に構成される複数のホルダ 168 を有する。ホルダ 168 はタレット本体から着脱可能に装着される。着脱

10

20

30

40

50

位置 P T のホルダ 1 6 8 に装着される工具 T が着脱対象となる。タレット 1 6 4 を矢示 B - C 方向 (Z 軸が回転軸) に回転させることにより、各ホルダ 1 6 8 を着脱位置 P T に割り出すことができる。

【 0 0 1 5 】

工具格納部 1 0 6 は、矢示 D - E 方向 (X 軸が回転軸) に回転可能に設けられた保持板 1 7 0 と、保持板 1 7 0 の周縁に等間隔に配設された保持ポット 1 7 4 と、保持板 1 7 0 を回転させる駆動モータ 1 7 6 (図 3 参照) を備える。保持ポット 1 7 4 は工具 T を保持することができる。保持ポット 1 7 4 は、X 軸の負方向に突出する。着脱位置 P M の保持ポット 1 7 4 にある工具 T が着脱対象となる。駆動モータ 1 7 6 が保持板 1 7 0 を回転させることにより、各保持ポット 1 7 4 を着脱位置 P M に割り出すことができる。

10

【 0 0 1 6 】

図 3 は、工具格納部 1 0 6 および工具搬送部 1 1 4 の斜視図である。

工具搬送部 1 1 4 は、タレットベース 1 0 2 および工具格納部 1 0 6 よりも、X 軸の負方向側に設けられる (図 1 参照) 。工具搬送部 1 1 4 は、Z 軸に沿って設けられた送り機構 1 7 8 と、送り機構 1 7 8 により Z 軸に沿って移動される移動台 1 8 0 と、移動台 1 8 0 に取り付けられた第 1 ハンド 1 8 2 および第 2 ハンド 1 9 4 などを含む。以下においては、工具搬送部 1 1 4 は、移動台 1 8 0 と、移動台 1 8 0 に取り付けられる第 1 ハンド 1 8 2 および第 2 ハンド 1 9 4 を含み、工具 T を搬送するための機構である。

【 0 0 1 7 】

送り機構 1 7 8 は、Z 軸に平行に配設されるレール保持台 1 8 4 と、レール保持台 1 8 4 の下面に、Z 軸に平行に取り付けられる 2 本のガイドレール 1 8 6 と、各ガイドレール 1 8 6 に係合するようにそれぞれ 2 個ずつ設けられたスライダ 1 8 8 と、レール保持台 1 8 4 に沿って配設されたボールねじ 1 9 0 と、ボールねじ 1 9 0 に螺合するボールナット 1 9 2 と、ボールねじ 1 9 0 の端部に連結して、ボールねじ 1 9 0 を軸線中心に回転させるサーボモータ 1 9 6 を備える。スライダ 1 8 8 は移動台 1 8 0 の上面に固設される。

20

【 0 0 1 8 】

移動台 1 8 0 の下面には、矢示 F - G 方向 (Y 軸が回転軸) に回転可能、かつ、X 軸方向に移動可能に保持部材 1 9 8 が配設される。保持部材 1 9 8 は、移動シリンダ 2 0 0 により X 軸方向に駆動される。保持部材 1 9 8 は、ラック & ピニオン機構などの機構を介し、駆動シリンダ 2 0 2 により駆動されて、矢示 F - G 方向に 9 0 度の角度範囲で旋回する。すなわち、保持部材 1 9 8 は X - Z 方向に平面移動可能であり、かつ、F - G 方向に回転可能に構成されている。図 3 は、保持部材 1 9 8 が F 方向に回転したときの状態を示している。

30

【 0 0 1 9 】

保持部材 1 9 8 には回転軸 2 0 4 が貫通して取り付けられる。回転軸 2 0 4 は、ラック & ピニオン機構などの機構を介し、駆動シリンダ 2 0 6 により駆動されて、矢示 J - K 方向に 1 8 0 度の角度範囲で回転する。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、図 3 に示す A 部の拡大斜視図である。

回転軸 2 0 4 の端部には、回転軸 2 0 4 の軸心を中心とした点対称、かつ、上下平行となるように、第 1 ハンド 1 8 2 および第 2 ハンド 1 9 4 が取り付けられる。第 1 ハンド 1 8 2 および第 2 ハンド 1 9 4 は同一構成である。第 1 ハンド 1 8 2 は、工具 T を把持するための一对の把持爪 2 0 8 を有し、把持爪 2 0 8 により工具 T を把持可能である。同様にして、第 2 ハンド 1 9 4 も一对の把持爪 2 1 0 を有し、把持爪 2 1 0 により工具 T を把持可能である。

40

【 0 0 2 1 】

保持部材 1 9 8 が矢示 F 方向側に回転したとき (図 3 , 図 4 に示す回転状態) 、第 1 ハンド 1 8 2 と第 2 ハンド 1 9 4 それぞれの把持爪 2 0 8 および把持爪 2 1 0 は Z 軸方向 (把持爪 2 0 8 等により把持される工具 T の軸線方向と直交する直交方向) に沿った姿勢となる。保持部材 1 9 8 が矢示 G 方向側に回転したとき、第 1 ハンド 1 8 2 と第 2 ハンド 1

50

94それぞれの把持爪208および把持爪210はX軸方向に沿った姿勢となる。

【0022】

保持部材198がX軸正方向側の移動端（この位置を「第1X位置」という）にあり、かつ、F方向の回転端にあるとき、着脱位置PMに割り出された保持ポット174に保持されている工具Tは、第1ハンド182または第2ハンド194により把持できる。

【0023】

また、第1ハンド182が上側において工具Tを把持し、着脱位置PMの保持ポット174に工具Tが保持されていないときには、第1ハンド182が把持する工具Tを着脱位置PMの保持ポット174（空の保持ポット）に収容できる。

【0024】

工具搬送部114がタレット164と工具格納部106の中間位置にあるとする。ここで、保持部材198をX軸負方向の移動端（この位置を「第2X位置」という）に移動させ、かつ、矢示F方向の回転端に回転させる。次に、工具搬送部114をZ軸正方向に移動させ、第1ハンド182に把持される工具Tの軸心（X方向）と保持ポット174の軸心を一致させる（このときのZ座標を「第1Z位置」という）。続いて、保持部材198をX軸正方向に「第1X位置」まで移動させて、第1ハンド182の工具Tを着脱位置PMの空の保持ポット174に装着する。このあと、工具搬送部114をZ軸負方向に移動させることにより（この位置を「第2Z位置」という）、第1ハンド182による工具Tの把持が解除される。

【0025】

一方、上側に第1ハンド182が位置し、第1ハンド182の把持爪208には工具Tが把持されておらず、着脱位置PMに工具Tが保持されているときには、着脱位置PMの工具Tを第1ハンド182により取り出すことができる。

【0026】

工具搬送部114がタレット164と工具格納部106と中間位置にあるとする。ここで、保持部材198を矢示F方向の回転端に回転させ（図3、図4に示す回転状態）、工具搬送部114を「第2Z位置」に移動させた後、工具搬送部114を「第1X位置」に移動させ、次いで、工具搬送部114を前記「第1Z位置」に移動させる。これにより、着脱位置PMに装着された工具Tは、一对の把持爪208の開口部分に侵入し、把持爪208により把持される。次に、保持部材198を「第2X位置」に移動させる。これにより、保持ポット174に装着された工具Tは、一对の把持爪208により把持された状態で、保持ポット174から取り出される。

【0027】

タレット164では、着脱位置PTに割り出されたタレット164が半径方向に沿って工具Tを保持するタイプの場合には、工具搬送部114の保持部材198が「第1X位置」にあり、かつ、矢示F方向の回転端にある時、ホルダ168に保持された工具Tを、下側に位置する第1ハンド182または第2ハンド194によって把持できる。

【0028】

上側に第1ハンド182が位置し、下側に第2ハンド194が位置し、第1ハンド182が工具Tを把持し、第2ハンド194が工具Tを把持していない状態にあり、かつ、着脱位置PTに工具Tが保持されているときには、第1ハンド182に把持した工具Tと、着脱位置PTのホルダ168に保持される工具Tを交換できる。

【0029】

工具搬送部114がタレット164と工具格納部106との中間位置にあるとする。ここで、保持部材198を矢示F方向の回転端に回転させるとともに、「第2X位置」に移動させた状態で、工具搬送部114をZ軸負方向に設定された所定位置（この位置を「第3Z位置」という）まで移動させる。「第3Z位置」は、保持部材198を「第1X位置」に移動させたときに、下側に位置する第2ハンド194がホルダ168に保持された工具Tに対してZ軸正方向側の位置、言い換えれば、第2ハンド194が工具Tと干渉しない手前の位置にある。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

保持部材 1 9 8 を「第 1 X 位置」に移動させた後、工具搬送部 1 1 4 を Z 軸負方向に設定された所定位置（この位置を「第 4 Z 位置」という）まで移動させる。これにより、着脱位置 P T の工具 T が、一对の把持爪 2 1 0 の開口部分に侵入して、把持爪 2 1 0 によって把持される。次に、保持部材 1 9 8 を「第 2 X 位置」まで移動させると、ホルダ 1 6 8 に装着された工具 T が、一对の把持爪 2 1 0 によりホルダ 1 6 8 から取り出される。

【 0 0 3 1 】

次に、駆動シリンダ 2 0 6 は第 1 ハンド 1 8 2 と第 2 ハンド 1 9 4 とを上下反転させて、上側に第 2 ハンド 1 9 4 を位置させ、下側に第 1 ハンド 1 8 2 を位置させ、保持部材 1 9 8 を「第 1 X 位置」に移動させる。これにより、第 1 ハンド 1 8 2 に把持された工具 T が着脱位置 P T に設置される。次いで、工具搬送部 1 1 4 を「第 3 Z 位置」に移動させると、第 1 ハンド 1 8 2 による工具 T の把持が解除される。以上の第 1 交換動作によって、第 1 ハンド 1 8 2 に把持された工具 T と、着脱位置 P T の工具 T が交換される。なお、第 2 ハンド 1 9 4 に把持された工具 T は、上述した収納動作によって、工具格納部 1 0 6 に収納できる。

10

【 0 0 3 2 】

タレット 1 6 4 の着脱位置 P T に割り出されたホルダ 1 6 8 が、工具 T を Z 軸に沿って保持するタイプの場合には、保持部材 1 9 8 が矢示 G 方向の回転端にあり、かつ、「第 1 X 位置」にある時に、このホルダ 1 6 8 に保持された工具 T を、下側に位置する第 1 ハンド 1 8 2 または第 2 ハンド 1 9 4 によって把持できる。

20

【 0 0 3 3 】

上側に第 1 ハンド 1 8 2 が位置し、下側に第 2 ハンド 1 9 4 が位置し、ボールナット 1 9 2 が工具 T を把持し、第 2 ハンド 1 9 4 が工具 T を把持していない状態にあり、かつ、着脱位置 P T に工具 T が保持されているときには、第 1 ハンド 1 8 2 に把持された工具 T と、着脱位置 P T の工具 T を交換できる。

【 0 0 3 4 】

工具搬送部 1 1 4 がタレット 1 6 4 と工具格納部 1 0 6 との中間位置にあるとする。ここで、保持部材 1 9 8 を矢示 G 方向の回転端に回転させるとともに、「第 2 X 位置」に移動させ、工具搬送部 1 1 4 を Z 軸負方向に設定された「第 3 Z 位置」に移動させる。このとき、第 2 ハンド 1 9 4 はホルダ 1 6 8 に保持された工具 T を把持可能な位置にある。

30

【 0 0 3 5 】

次に、保持部材 1 9 8 を「第 1 X 位置」に移動させる。これにより、着脱位置 P T の工具 T が、一对の把持爪 2 1 0 の開口部分に侵入し、把持爪 2 1 0 によって把持される。この後、保持部材 1 9 8 を Z 軸負方向に設定された「第 4 Z 位置」まで移動させると、ホルダ 1 6 8 に装着された工具 T は、把持爪 2 1 0 によりホルダ 1 6 8 から取り出される。

【 0 0 3 6 】

次に、駆動シリンダ 2 0 6 により、第 1 ハンド 1 8 2 と第 2 ハンド 1 9 4 とを上下反転させて、上側に第 2 ハンド 1 9 4 を位置させ、下側に第 1 ハンド 1 8 2 を位置させ、工具搬送部 1 1 4 を「第 3 Z 位置」に移動させる。これにより、第 1 ハンド 1 8 2 が把持する工具 T は着脱位置 P T に装着される。次いで、保持部材 1 9 8 を「第 2 X 位置」に移動させると、第 1 ハンド 1 8 2 による工具 T の把持が解除される。以上の第 2 交換動作によって、ボールナット 1 9 2 に把持された工具 T と、着脱位置 P T の工具 T を交換される。第 2 ハンド 1 9 4 に把持された工具 T は、上述した収納動作によって、工具格納部 1 0 6 に収納できる。

40

【 0 0 3 7 】

上述したように、工具搬送部 1 1 4 は「直進」「旋回」「回転」の 3 種類の動作が可能である。1 つ目の「直進」は、工具搬送部 1 1 4 がレール保持台 1 8 4（Z 軸）に沿って直線移動する動作である。工具搬送部 1 1 4 を直線移動させることにより、タレット 1 6 4 と工具格納部 1 0 6 の間での工具搬送を行うことができる。

【 0 0 3 8 】

50

2つ目の「旋回」は、工具搬送部114を矢印G-Fに示す方向に旋回させる動作である。つまり、本実施形態においては、工具搬送部114の一部である移動台180に回転軸があり、この回転軸を中心として回転することを「旋回」という。旋回は回転の1種であり、この旋回を第1回転と称してもよい。旋回動作により、タレット164における第1方向の第1ホルダ168Aと第2方向の第2ホルダ168Bのいずれかが操作対象として選ばれる(詳細後述)。3つ目の「回転」は、保持部材198に回転軸204があり、この回転軸204を中心とした回転より、第1ハンド182と第2ハンド194を上下反転させる動作である。この回転動作も回転の1種であるため、第2回転と称してもよい。回転動作により、第1ハンド182および第2ハンド194のいずれかが操作対象として選ばれる(詳細後述)。

10

本実施形態においては、第1回転の回転軸と第2回転の回転軸とは、交差する位置関係にある。第1回転の回転軸と第2回転の回転軸は立体交差する構成であってもよい。

【0039】

直進動作、旋回動作、回転動作にはそれぞれある程度時間がかかるが、直進動作に要する時間をもっとも長い。本実施形態においては、旋回動作に要する時間は、回転動作に要する時間よりも長いものとする。

【0040】

各動作に要する時間の長さを指標化した数値としてあらかじめ「時間ポイント」を設定しておく。本実施形態においては、直進動作、旋回動作および回転動作それぞれの時間ポイントは、「5」「2」「1」であるとして説明する。たとえば、直進動作に要する実測時間が約5秒であるとき、直進動作の時間ポイントを5ポイントとして設定してもよい。時間ポイントは、直進動作、旋回動作および回転動作それぞれに要する時間の比を示す数値であればよい。時間ポイントの使い方については後述する。

20

【0041】

図5は、タレット164の外観斜視図である。

タレット164は、上述したように、Z軸を中心として回転可能にタレットベース102に接続される。タレット164は、12角柱形状を有し、その側面には差し込み穴を有する12個のステーション222(端面)が形成される。ステーション222にはホルダ168をそのまま差し込むこともできるし、カートリッジ220を差し込むこともできる。そして、カートリッジ220にホルダ168を差し込むこともできる。ホルダ168は、エンドミル、ドリルなどの工具Tを保持可能に構成される。ホルダ168に、工具Tのシャンク部を差し込むことで、タレット164には12本の工具Tが保持される。

30

【0042】

ステーション222に工具Tを直接固定するときには、工具Tの長手方向はタレット164の径方向である「第2方向」と一致する。以下、ステーション222に直接差し込まれたホルダ168のことを「第2ホルダ168B」とよぶ。一方、カートリッジ220に工具Tを固定するときには、工具Tの長手方向はタレット164の軸方向である「第1方向」と一致する。第1方向は、図5においてはZ軸負方向とも一致する。以下、カートリッジ220に差し込まれたホルダ168のことを「第1ホルダ168A」とよぶ。第1ホルダ168Aおよび第2ホルダ168Bは、同一部品であるが、カートリッジ220を介してステーション222に固定されるか否かによって工具の保持方向が変化する。

40

【0043】

第1ホルダ168Aに保持される工具Tは、中実のワークの内径側を削る。第2ホルダ168Bに保持される第2方向の工具は、中実のワークの外径側を削る。本実施形態においては、6本の第1ホルダ168Aと6本の第2ホルダ168Bがタレット164に設置されるため、6本の工具Tが内径加工に使用され、6本の工具Tが外径加工に使用される。

【0044】

なお、工具Tを装着されていないホルダ168のことを「空きホルダ」とよぶ。ホルダ168に工具Tを取り付けられない場合、工具Tのシャンクを挿入する穴を塞ぐためのキャップ部材をホルダ168に取り付けてもよい。このように、「空きホルダ」は、工具Tを取

50

り付けない状態またはホルダの穴にキャップ部材を取り付ける場合も含む。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、工作機械 1 0 0 のハードウェア構成図である。

工作機械 1 0 0 は、情報処理装置 1 1 8、加工制御部 1 1 6、加工装置 1 1 2、工具搬送部 1 1 4 および工具格納部 1 0 6 を含む。数値制御装置として機能する加工制御部 1 1 6 は、加工プログラムにしたがって加工装置 1 1 2 に制御信号を送信する。加工装置 1 1 2 は、加工制御部 1 1 6 からの指示にしたがってタレットベース 1 0 2 を動かしてワークを加工する。また、加工制御部 1 1 6 は、工具管理部 1 3 0（後述）からタレット 1 6 4 に保持させるべき工具 T の組み合わせを示す「工具パターン」を取得する。加工制御部 1 1 6 は、情報処理装置 1 1 8 から指示された工具パターンにしたがって、工具搬送部 1 1 4 に工具交換を実行させる。

10

【 0 0 4 6 】

情報処理装置 1 1 8 は、加工制御部 1 1 6 を制御する。本実施形態においては、情報処理装置 1 1 8 は作業者にユーザインタフェース機能を提供するとともに工具パターンを管理する。工具格納部 1 0 6 は予備工具を格納する。工具搬送部 1 1 4 は移動台 1 8 0 を含む機構であり、いわゆる A T C（Automatic Tool Changer）に対応する。工具搬送部 1 1 4 は、加工制御部 1 1 6 からの交換指示にしたがって、工具格納部 1 0 6 から予備工具を取り出し、タレット 1 6 4 の交換位置にある作業工具と予備工具を交換する。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、情報処理装置 1 1 8 の機能ブロック図である。

20

情報処理装置 1 1 8 の各構成要素は、C P U（Central Processing Unit）および各種コプロセッサ（co-processor）などの演算器、メモリやストレージといった記憶装置、それらを連結する有線または無線の通信線を含むハードウェアと、記憶装置に格納され、演算器に処理命令を供給するソフトウェアによって実現される。コンピュータプログラムは、デバイスドライバ、オペレーティングシステム、それらの上位層に位置する各種アプリケーションプログラム、また、これらのプログラムに共通機能を提供するライブラリによって構成されてもよい。以下に説明する各ブロックは、ハードウェア単位の構成ではなく、機能単位のブロックを示している。

【 0 0 4 8 】

なお、加工制御部 1 1 6 の各構成要素も、プロセッサなどの演算器、メモリやストレージといった記憶装置、それらを連結する有線または無線の通信線を含むハードウェアと、記憶装置に格納され演算器に処理命令を供給するソフトウェアにより実現されてもよい。加工制御部 1 1 6 は、情報処理装置 1 1 8 とは別個の装置として構成されてもよい。

30

【 0 0 4 9 】

情報処理装置 1 1 8 は、ユーザインタフェース処理部 1 2 0、データ処理部 1 2 2 およびデータ格納部 1 2 4 を含む。

ユーザインタフェース処理部 1 2 0 は、ユーザからの操作を受け付けるほか、画像表示や音声出力など、ユーザインタフェースに関する処理を担当する。データ処理部 1 2 2 は、ユーザインタフェース処理部 1 2 0 により取得されたデータおよびデータ格納部 1 2 4 に格納されているデータに基づいて各種処理を実行する。データ処理部 1 2 2 は、ユーザインタフェース処理部 1 2 0 およびデータ格納部 1 2 4 のインタフェースとしても機能する。データ格納部 1 2 4 は、各種プログラムと設定データを格納する。

40

【 0 0 5 0 】

ユーザインタフェース処理部 1 2 0 は、入力部 1 2 6 および出力部 1 2 8 を含む。

入力部 1 2 6 は、タッチパネルあるいはハンドル等のハードデバイスを介してユーザからの入力を受け付ける。出力部 1 2 8 は、画像表示あるいは音声出力を介して、ユーザに各種情報を提供する。

【 0 0 5 1 】

データ処理部 1 2 2 は、工具管理部 1 3 0、スケジュール生成部 1 3 2 および工具搬送制御部 1 3 4 を含む。工具管理部 1 3 0 は、タレット 1 6 4 が保持すべき作業工具の組み

50

合わせを示す工具パターンを管理する。スケジュール生成部 1 3 2 は、工具パターンの変更の際して、工具搬送部 1 1 4 の「直進」「旋回」「回転」の 3 動作を組み合わせて工具交換の手順を示す「搬送スケジュール」を生成する（後述）。工具搬送制御部 1 3 4 は、搬送スケジュールにしたがって、加工制御部 1 1 6 に工具搬送部 1 1 4 の制御を指示し、工具搬送部 1 1 4（移動台 1 8 0）に工具交換を実行させる。

【 0 0 5 2 】

データ格納部 1 2 4 は、加工プログラムごとの工具パターンを保存する。加工制御部 1 1 6 は、加工プログラムの実行時において、工具搬送制御部 1 3 4 からの指示にしたがって工具交換を適宜実行する。このほか、データ格納部 1 2 4 は、工具格納部 1 0 6 に格納される予備工具の種類および状態（使用可否）に関する予備工具情報も保存する。

10

【 0 0 5 3 】

図 8 は、工具搬送部 1 1 4 の直進動作を説明するための模式図である。

工具格納部 1 0 6（マガジン）とタレット 1 6 4 は離隔しているので、工具搬送部 1 1 4 は工具格納部 1 0 6 とタレット 1 6 4 の間を往復することにより（直進）、工具を搬送する。図 8 においては、第 2 ハンド 1 9 4 は工具格納部 1 0 6 側（以下、「予備側」とよぶ）、第 1 ハンド 1 8 2 はタレット 1 6 4 側（以下、「作業側」とよぶ）に把持爪を有している。以下、予備側に向いている手を「予備ハンド」、作業側に向いている手を「作業ハンド」ともよぶ。

【 0 0 5 4 】

本実施形態における「搬送」とは、工具搬送部 1 1 4 が実際に工具 T を持ち運ぶ場合だけでなく、工具搬送部 1 1 4 が工具 T を保持しない状態で工具格納部 1 0 6 とタレット 1 6 4 の間を移動する場合も含む。

20

【 0 0 5 5 】

工具格納部 1 0 6 の着脱位置 P M に工具が割り出され、かつ、第 2 ハンド 1 9 4（予備ハンド）が工具を保持していないとする（以下、「空状態」とよぶ）。工具搬送部 1 1 4 を工具格納部 1 0 6（予備側）に向けて直進移動させると、工具格納部 1 0 6 の着脱位置 P M にある予備工具は第 2 ハンド 1 9 4（予備ハンド）の把持爪に挟まれる。第 2 ハンド 1 9 4 に工具を挟ませたあと、工具搬送部 1 1 4 がタレット 1 6 4（作業側）に向けて移動すると、第 2 ハンド 1 9 4 は工具を保持したまま移動する。このような制御方法により、工具格納部 1 0 6 に格納される工具は、工具搬送部 1 1 4 の予備ハンド（図 8 では第 2 ハンド 1 9 4）により取り出される。

30

【 0 0 5 6 】

別例として、工具格納部 1 0 6 の着脱位置 P M が空状態であり、かつ、第 2 ハンド 1 9 4（予備ハンド）が工具を保持しているとする。このとき工具搬送部 1 1 4 を工具格納部 1 0 6（予備側）に向けて移動させると、第 2 ハンド 1 9 4（予備ハンド）に保持されている工具は工具格納部 1 0 6 の着脱位置 P M（空状態）に挿入される。工具の挿入後、工具搬送部 1 1 4 をタレット 1 6 4（作業側）に向けて移動させると、工具は着脱位置 P M の保持ポット 1 7 4 に取り残される。このような制御方法により、工具搬送部 1 1 4 の予備ハンドが保持する工具は工具格納部 1 0 6 に格納される。

【 0 0 5 7 】

40

タレット 1 6 4 に工具を装着またはタレット 1 6 4 から工具を取り出すときも同様である。タレット 1 6 4 の着脱位置 P T において第 2 ホルダ 1 6 8 B（第 2 方向）が工具を保持しており、かつ、第 1 ハンド 1 8 2（作業ハンド）が空状態にあるとする。ここで工具搬送部 1 1 4 をタレット 1 6 4 に向けて移動させると、タレット 1 6 4 の着脱位置 P T にある工具は第 1 ハンド 1 8 2（作業ハンド）に挿入される。工具の挿入後、加工制御部 1 1 6 が工具搬送部 1 1 4 を工具格納部 1 0 6 に向けて直進させると、第 1 ハンド 1 8 2 により工具は運搬される。

【 0 0 5 8 】

別例としてタレット 1 6 4 の着脱位置 P T において第 2 ホルダ 1 6 8 B が空状態にあり、かつ、工具搬送部 1 1 4 の第 1 ハンド 1 8 2（作業ハンド）が工具を保持しているとす

50

る。工具搬送部 114 をタレット 164 に向けて移動させることにより、第 1 ハンド 182 (作業ハンド) に保持されている工具は着脱位置 P T の第 2 ホルダ 168 B に取り付けられる。工具を第 2 ホルダ 168 B に取り付けられたあと、加工制御部 116 が工具搬送部 114 を工具格納部 106 に向けて直進させると、工具はタレット 164 (第 2 ホルダ 168 B) に残存する。

【0059】

図 9 は、工具搬送部 114 の旋回動作を説明するための模式図である。

加工制御部 116 は、図 4 に関連して説明したように、工具搬送部 114 を矢印 G - F 方向に軸回転 (Y 軸を中心とした回転) させることができる (旋回動作)。加工制御部 116 は、工具搬送部 114 を旋回させることにより、第 1 ホルダ 168 A (第 1 方向) に保持される第 1 方向の工具と、第 2 ホルダ 168 B (第 2 方向) に保持される第 2 方向の工具のいずれかを操作対象として選ぶことができる。

10

【0060】

タレット 164 から第 2 方向の工具 (第 2 ホルダ 168 B) を取り出す場合には、上述したように、加工制御部 116 はまずタレット 164 を回転させ、着脱位置 P T に工具 T を割り出す。続いて、第 1 ハンド 182 (作業ハンド) に工具を挿入し、工具搬送部 114 を工具格納部 106 側に移動させることで、第 2 方向の工具をタレット 164 から取り出すことができる。空状態の第 2 ホルダ 168 B に工具を取り付ける場合には、タレット 164 を回転させて着脱位置 P T に空状態の第 2 ホルダ 168 B を割り出し、第 1 ハンド 182 (作業ハンド) から工具を第 2 ホルダ 168 B に挿入し、工具搬送部 114 を工具格納部 106 側に移動させれば、工具を第 2 ホルダ 168 B に取り付けることができる。

20

【0061】

タレット 164 から第 1 方向の工具 T (第 1 ホルダ 168 A) を取り出す場合には、加工制御部 116 は工具搬送部 114 を旋回させ、工具搬送部 114 の回転軸 204 を Z 軸方向に一致させる。続いて、着脱位置 P T に割り出された工具 T (第 1 ホルダ 168 A) を第 1 ハンド 182 (作業ハンド) に挿入させ、タレット 164 を工具格納部 106 側 (Z 軸方向) に移動させることで、第 1 方向に取り付けられていた工具はタレット 164 から抜き取られる。

【0062】

タレット 164 の第 1 ホルダ 168 A に工具を取り付ける場合には、第 1 ハンド 182 (作業ハンド) が保持する工具を第 1 ホルダ 168 A に挿入したあと、タレット 164 を工具格納部 106 側に移動させることで、第 1 ハンド 182 から工具を抜き取って第 1 方向にてタレット 164 に工具を取り付けることができる。

30

【0063】

以下、工具搬送部 114 の旋回位置のうち、工具搬送部 114 の回転軸 204 がタレット 164 の軸方向 (Z 軸) と一致し、第 1 ホルダ 168 A (第 1 方向) の工具を操作可能な状態にあるときを「内径旋回状態」、工具搬送部 114 の回転軸 204 がタレット 164 の軸方向と直交し、第 2 ホルダ 168 B (第 2 方向) の工具を操作可能な状態にあるときを「外径旋回状態」と表記する。図 8 には外径旋回状態の工具搬送部 114 が示されており、図 9 には内径旋回状態に近い状態の工具搬送部 114 が示されている。

40

【0064】

図 10 は、工具搬送部 114 の回転動作を説明するための模式図である。

加工制御部 116 は、回転軸 204 を駆動することで第 1 ハンド 182 と第 2 ハンド 194 を上下反転させる。上述したように第 1 ハンド 182 と第 2 ハンド 194 の一方は予備側、他方は作業側となる。たとえば、第 1 ハンド 182 が工具 T A を保持し、第 2 ハンド 194 が空状態にあるとする。この場合、第 1 ハンド 182 を作業ハンドに設定して工具 T A をタレット 164 に嵌めたあと、回転動作によって、空状態の第 2 ハンド 194 を作業ハンドにすれば、タレット 164 に取り付けられている別の工具 T B を第 2 ハンド 194 により取り出すことができる。

【0065】

50

図 1 1 は、搬送スケジュールの生成過程を示すフローチャートである。

タレット 1 6 4 において、ある工具パターン P 1 から別の工具パターン P 2 に変更するとき、工具交換が発生する。工具交換は、直進、旋回、回転の 3 動作を組み合わせにより実現される。本実施形態においては、タレット 1 6 4 における変更前の工具パターン（以下、「現在パターン」とよぶ）から変更後の工具パターン（以下、「目標パターン」とよぶ）に工具配置を変更するときの工具交換時間を最小化するために、実際の工具交換をするまえにスケジュール生成部 1 3 2 はあらかじめ搬送スケジュールを生成しておく。現在パターンは工具交換実行前の工具の配置を示す「事前配置情報」であり、目標パターンは工具交換実行後の工具の配置を示す「目標配置情報」である。

【 0 0 6 6 】

事前配置情報としての現在パターンは、刃物台 2 3 0 における各ステーション 2 2 2、1 1 4 の第 1 ハンド 1 8 2 と第 2 ハンド 1 9 4 および工具格納部 1 0 6 における工具 T の取付位置であるポットそれぞれにおける工具 T の配置状態を示す。これら複数の取付位置において工具 T が取り付けられているか否か、どの工具が取り付けられているかも事前配置情報の一種として取り扱われる。上述したように工具 T の代わりにキャップ部材が配置されるか否かも事前配置情報の一部として取り扱われる。目標配置情報としての目標パターンについても同様であるが、詳細は図 1 4 以降に関連して後述する。

【 0 0 6 7 】

より具体的には、工具管理部 1 3 0 は、ワークの加工工程のうち、加工工程 1 では工具パターン P 1 を設定し、次の加工工程 2 では工具パターン P 2 を設定することをあらかじめ工具管理情報としてデータ格納部 1 2 4 に登録しておく。すなわち、実際にワークを加工する前に、工具管理部 1 3 0 は加工工程ごとの工具パターン P 1、P 2、P 3・・・を定義しておく。

【 0 0 6 8 】

スケジュール生成部 1 3 2 は、ある工具パターン P 1（現在パターン）から別の工具パターン P 2（目標パターン）に変化させるときの工具交換時間（作業工数および作業時間）を最小化するための工具搬送順を後述の方法により定めておき、これを搬送スケジュールとしてデータ格納部 1 2 4 に登録しておく。たとえば、工具パターン P 1 から工具パターン P 2 に変更するときの搬送スケジュール Q（P 1，P 2）、工具パターン P 2 から工具パターン P 3 に変更するときの搬送スケジュール Q（P 2，P 3）・・・をスケジュール生成部 1 3 2 はあらかじめ作成しておく。

【 0 0 6 9 】

工具パターン P 1 から工具パターン P 2 へ変更するときには、工具搬送制御部 1 3 4 は搬送スケジュール Q（P 1，P 2）にしたがって工具搬送部 1 1 4 の制御を加工制御部 1 1 6 に指示することにより、工具交換が実行される。

【 0 0 7 0 】

スケジュール生成部 1 3 2 は、以下に示す第 1 工程から第 5 工程のシミュレーションを行った上で、工具交換時間のなるべく短い搬送スケジュールを確定させる。スケジュール生成部 1 3 2 は、まず、あるステーション 2 2 2（ホルダ 1 6 8）に取り付けられる工具を、工具が取り付けられていない別のステーション 2 2 2（以下、「空 S T」と表記する）に移動させる第 1 工程について工具搬送順を決定する（S 1 0）。第 1 工程の詳細は、図 1 2 から図 2 1 に関連して後述する。なお、ここでいう空 S T は空きホルダと同義である。

【 0 0 7 1 】

次に、スケジュール生成部 1 3 2 は、工具格納部 1 0 6 に格納される予備工具を、タレット 1 6 4 の空 S T、すなわち、工具 T が保持されていない空きホルダに移動させる第 2 工程について工具搬送順を決定する（S 1 2）。第 2 工程の詳細は、図 2 2 から図 2 5 に関連して後述する。

【 0 0 7 2 】

続いて、スケジュール生成部 1 3 2 は、タレット 1 6 4 に取り付けられる工具同士を内

10

20

30

40

50

部交換する第3工程について工具搬送順を決定する(S14)。第3工程の詳細は、図26から図28に関連して後述する。

【0073】

更に、スケジュール生成部132は、タレット164上の作業工具と工具格納部106の予備工具を外部交換する第4工程について工具搬送順を決定する(S16)。第4工程の詳細は、図29から図31に関連して後述する。

【0074】

最後に、スケジュール生成部132は、第1工程から第4工程を経て作成した搬送スケジュールを最適化するための第5工程を実行する(S18)。第5工程の詳細は、図32から図35に関連して後述する。なお、事前配置情報としての現在パターンおよび目標配置情報としての目標パターンによっては、第1工程から第4工程の一部はスキップされる場合もある(後述)。

10

【0075】

第5工程の終了後、搬送スケジュールが確定する。スケジュール生成部132は、確定した搬送スケジュールをデータ格納部124に保存する。

【0076】

図12は、第1工程の処理過程を示すフローチャートである。

ここでは、事前配置情報を示す工具パターンである現在パターンから目標配置情報を示す別の工具パターンである目標パターンへの変更を想定して説明する。まず、現在パターンにおいて空STが存在するとき(S30のY)、第1工程が実行される(S32)。空STが存在しないときには(S30のN)、第1工程はスキップされる。

20

【0077】

図13は、図12のS32における第1工程の詳細を示すフローチャートである。

スケジュール生成部132は、現在パターンと目標パターンの間に第1条件が成立するとき(S34のY)、第1交換(後述)のための工具搬送順を生成する(S36)。第1交換の手順を決めたあと、スケジュール生成部132は第1交換実行後の工具パターンとして現在パターンを更新する。第1条件とは、工具搬送部114の現在の旋回位置において操作可能な作業工具を、現在の旋回位置において操作可能な空STに移動可能であることを意味する。たとえば、工具搬送部114が内径旋回位置にあるときであって、第1ホルダ168A(内径)に保持される作業工具を別の第1ホルダ168A(空ST)(内径)に移動させる必要があるとき、第1条件が成立する。第1交換の手順を決めた後、処理はS34に戻る。

30

【0078】

スケジュール生成部132は、現在パターンと目標パターンの間に第2条件が成立するとき(S34のN、S38のY)、第2交換(後述)のための工具搬送順を生成する(S40)。第2交換の手順を決めたあと、スケジュール生成部132は現在パターンを更新する。第2条件は、工具搬送部114の現在の旋回位置において操作可能な作業工具を、現在の旋回位置とは異なる旋回位置において操作可能な空STに移動可能であることを意味する。たとえば、工具搬送部114の旋回位置が内径旋回位置にあるときであって、第1ホルダ168A(内径)に保持される作業工具を別の第2ホルダ168B(空ST)(外径)に移動させるとき、第2条件が成立する。第2交換の手順を決めた後、処理はS34に戻る。

40

【0079】

スケジュール生成部132は、現在パターンと目標パターンの間に第3条件が成立するとき(S38のN、S42のY)、第3交換(後述)のための工具搬送順を生成する(S44)。第3交換の手順を決めたあと、スケジュール生成部132は現在パターンを更新する。第3条件は、工具搬送部114の現在の旋回位置とは異なる旋回位置において操作可能な作業工具を、現在の旋回位置とは異なる旋回位置において操作可能な空STに移動可能であることを意味する。たとえば、工具搬送部114の旋回位置が内径旋回位置にあるときであって、第2ホルダ168B(外径)に保持される作業工具を別の第2ホルダ1

50

68B(空ST)(外径)に移動させるとき、第3条件が成立する。第3交換の手順を決めた後、処理はS34に戻る。

【0080】

スケジュール生成部132は、現在パターンと目標パターンの間に第4条件が成立するとき(S42のN、S46のY)、第4交換(後述)のための工具搬送順を生成する(S48)。第4交換の手順を決めたあと、スケジュール生成部132は現在パターンを更新する。第4条件は、工具搬送部114の現在の旋回位置とは異なる旋回位置において操作可能な作業工具を、現在の旋回位置において操作可能な空STに移動可能であることを意味する。たとえば、工具搬送部114の旋回位置が内径旋回位置にあるときであって、第2ホルダ168B(外径)に保持される作業工具を別の第1ホルダ168A(空ST)(内径)に移動させるとき、第4条件が成立する。第4交換の手順を決めた後、処理はS34に戻る。

10

【0081】

以上の処理過程を経て、更新後の現在パターンにおいて作業工具のいずれかを空STに移動させる必要がなくなれば(S46のN、S50のY)、第1処理は終了する。移動先となるべき空STが残っていれば(S50のN)、処理はS34に戻る。

【0082】

図14は、第1交換の第1搬送順を示す図である。

図14に示す事前配置情報としての現在パターンにおいては、ステーションST1(外径)に工具T5、ステーションST2(外径)に工具T6が取り付けられている。目標配置情報としての目標パターンにおいては、ステーションST5(外径)に工具T5、ステーションST6(外径)に工具T6が取り付けられる。すなわち、図14は、外径加工用として取り付けられている2つの工具を別の外形加工用のホルダ168Bに移動させる状況を示している。

20

【0083】

工具交換開始時において、工具搬送部114の旋回位置は外径旋回状態にあり、第1ハンド182は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドである。工具搬送部114自体はタレット164側(作業側)に位置している。スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンにおいて第1条件が成立するか判断し、第1条件が成立するときには現在パターンから目標パターンに工具パターンを変化させるための工具搬送順を事前に作成する。ここでは、スケジュール生成部132は、図14に示す第1搬送順と次の図15に示す第2搬送順の2種類の工具搬送順を作成し、どちらか優れている方を採用する。

30

【0084】

図14の現在パターンおよび目標パターンによれば、工具搬送部114が外径旋回状態にあり、現在パターンにおいて工具T5、T6は外径側にあり、かつ、移動先となるステーションST5、ST6も外径側であるため、第1条件が成立している。第1搬送順として、スケジュール生成部132は、工具搬送部114に工具T5、T6を2本同時に把持させることなく、1本ずつ工具を運ぶ場合を想定する。

【0085】

スケジュール生成部132が搬送スケジュールを作成したあと、加工制御部116は搬送スケジュールにしたがって工具交換を実行する。

40

【0086】

ステップ1においては、第2ハンド194(作業ハンド)により、ステーションST1(外径)から工具T5(外径)が取り外される。より正確に言えば、スケジュール生成部132は、ステップ1として第2ハンド194によりステーションST1(外径)から工具T5(外径)を取り出すと想定して、工具搬送順のシミュレーションを行う。

【0087】

ステップ2では、第2ハンド194(作業ハンド)が保持する工具T5(外径)をステーションST5(外径)に取り付ける。ステップ3では、第2ハンド194(作業ハンド)により、ステーションST2(外径)にある工具T6(外径)を取り外す。ステップ4

50

では、第2ハンド194（作業ハンド）により工具T6（外径）をステーションST6（外径）に取り付ける。

【0088】

このように、スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンと、工具搬送部114の初期状態に基づいて、1本ずつ作業工具の位置を変更する第1搬送順をシミュレーションする。シミュレーションの結果、第1搬送順に要する作業工数（ステップ数）は合計4ステップであることが判明する。

【0089】

図15は、第1交換の第2搬送順を示す図である。

図15に示す第2搬送順では、スケジュール生成部132は、工具搬送部114が工具T5、T6を2本まとめて操作する場合を想定する。

【0090】

ステップ1は第1搬送順と同じである。ステップ2では、回転動作により、第1ハンド182を作業ハンドに設定変更する。回転動作の結果、第2ハンド194が予備ハンド、第1ハンド182が作業ハンドとなる。第2ハンド194（予備ハンド）は工具T5を保持しており、第1ハンド182（作業ハンド）は空状態である。ステップ3では、ステーションST2（外径）にある工具T6（外径）を第1ハンド182（作業ハンド）により取り外す。この段階で、第1ハンド182（作業ハンド）には工具T6、第2ハンド194（予備ハンド）には工具T5が保持されている。

【0091】

ステップ4では、第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST6（外径）に工具T6が取り付けられる。ステップ5では、回転動作により、工具T5を保持する第2ハンド194を作業ハンドに変更する。最後のステップ6では、第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST5（外径）に工具T5が取り付けられる。

【0092】

スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンと、工具搬送部114の状態に基づいて、2本の工具をまとめて移動させる第2搬送順もシミュレーションする。第1搬送順の作業工数は合計4ステップだったが、第2搬送順の作業工数は合計6ステップである。したがって、第2搬送順よりも第1搬送順の方が、工具交換時間が短くなる。これは、第2搬送順においては、ステップ2, 5において回転動作が入るためである。

【0093】

スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンにおいて第1条件が成立するときには、1本ずつ工具を移動させる第1搬送順と、2本まとめて工具を移動させる第2搬送順それぞれについて工具搬送部114の動作をシミュレーションし、作業工数（ステップ数）の少ない方の工具搬送順を採用する。図14、図15に示した現在パターンと目標パターンの場合には、第1搬送順が採用される。搬送順の決定後は、交換後の工具パターンが次の現在パターンとなり、以降の処理が実行される。

【0094】

図16は、第2交換の第1搬送順を示す図である。

図16に示す現在パターンにおいては、ステーションST1（外径）に工具T7、ステーションST2（外径）に工具T8が取り付けられている。目標パターンにおいては、ステーションST7（内径）に工具T7、ステーションST8（内径）に工具T8が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径旋回状態にあり、第1ハンド182は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドである。工具搬送部114自体はタレット164側に位置している。

【0095】

工具搬送部114が外径旋回状態にあり、現在パターンにおいて工具T5、T6は外径側にあり、かつ、移動先となるステーションST7、ST8は内径側であるため、第2条件が成立する。図16に示す第1搬送順においては、工具搬送部114が工具T7、T8

10

20

30

40

50

を1本ずつ運ぶ場合が想定されている。

【0096】

ステップ1においては、第2ハンド194（作業ハンド）により、ステーションST1（外径）にある工具T7（外径）が取り出される。ステップ2では、工具搬送部114は旋回動作により内径旋回状態に設定される。ステップ3では、第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST7（内径）に工具T7が取り付けられる。ステップ4では、工具搬送部114は再旋回し、外径旋回状態に設定される。ステップ5で第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST2（外径）から工具T8を取り外し、ステップ6で工具搬送部114を内径旋回状態に設定し、ステップ7でステーションST8（内径）に工具T8が取り付けられる。

10

【0097】

このように、スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンと、工具搬送部114の状態に基づいて、工具搬送部114により1本ずつ工具の位置を変更する第1搬送順をシミュレーションする。図16に示した第1搬送順の作業工数は合計7ステップである。

【0098】

図17は、第2交換の第2搬送順を示す図である。

図17に示す第2搬送順では、スケジュール生成部132は、工具搬送部114が工具T7、T8を2本同時に運ぶ場合を想定する。

【0099】

ステップ1は第1搬送順と同じである。ステップ2では、回転動作により、工具T7を保持する第2ハンド194が予備ハンドとなり、空状態の第1ハンド182が作業ハンドとなる。ステップ3では、ステーションST2（外径）にある工具T8（外径）が第1ハンド182（作業ハンド）により取り出される。

20

【0100】

ステップ4で工具搬送部114は内径旋回状態に設定され、ステップ5では第1ハンド182（作業ハンド）からステーションST8（内径）に工具T8が取り付けられる。ステップ6では回転動作により、工具T7を保持する第2ハンド194が作業ハンドとなる。ステップ7では、第2ハンド194（作業ハンド）からステーションST7（内径側）に工具T7が取り付けられる。

30

【0101】

第2交換においては、図16に示した第1搬送順の作業工数と図17に示した第2搬送順の作業工数はどちらも合計7ステップである。この場合、スケジュール生成部132は、第1搬送順および第2搬送順の時間ポイントの合計値を計算する。第1搬送順では3回の旋回動作（2ポイント）が発生しているため、時間ポイントは合計6ポイントとなる。一方、第2搬送順では1回の旋回動作（2ポイント）と2回の回転動作（1ポイント）が発生するため、時間ポイントは合計4ポイントとなる。時間ポイントで比較した場合、第2搬送順の方が優れているので、スケジュール生成部132は第2交換については第2搬送順を採用する。搬送順の決定後は、交換後の工具パターンが次の処理のための現在パターンとなる。

40

【0102】

なお、旋回動作よりも回転動作の方に時間がかかる場合には、スケジュール生成部132は第1例として示した第1搬送順を採用する。

【0103】

図18は、第3交換の第1搬送順を示す図である。

図16に示す現在パターンにおいては、ステーションST7（内径）に工具T10、ステーションST8（内径）に工具T11が取り付けられている。目標パターンにおいては、ステーションST10（内径）に工具T10、ステーションST11（内径）に工具T11が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径旋回状態にあり、第1ハンド182

50

は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドである。工具搬送部114自体はタレット164側（作業側）に位置している。

【0104】

工具搬送部114が外径旋回状態にあり、現在パターンにおいて工具T10、T11は内径側にあり、かつ、移動先となるステーションST10、ST11も内径側であるため、第3条件が成立する。図18に示す第1搬送順では、工具搬送部114が工具T10、T11を1本ずつ運ぶ場合を想定している。

【0105】

ステップ1において、旋回動作により、工具搬送部114を内径旋回状態に設定する。ステップ2において第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST7（内径側）から工具T10を取り外す。ステップ3では、第2ハンド194（作業ハンド）により工具T7をステーションST10（内径側）に取り付ける。ステップ4でステーションST8（内径）の工具T11を第2ハンド194（作業ハンド）により取り外し、ステップ5で工具T11をステーションST11（内径）に取り付ける。

10

【0106】

このように、スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンと、工具搬送部114の状態に基づいて、工具搬送部114により1本ずつ工具の位置を変更する第1搬送順をシミュレーションする。図18に示した第1搬送順の作業工数は合計5ステップである。

【0107】

図19は、第3交換の第2搬送順を示す図である。

図19に示す第2搬送順では、工具搬送部114が工具T10、T11を2本同時に運ぶ場合を想定する。

20

【0108】

ステップ1、2は第1搬送順と同じである。ステップ3では、回転動作を行い、工具T10を保持する第2ハンド194を予備ハンド、空状態の第1ハンド182を作業ハンドとする。ステップ4では、ステーションST8（内径）にある工具T11を第1ハンド182（作業ハンド）により取り外す。

【0109】

ステップ5で第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST11に工具T11を取り付ける。ステップ6では回転動作により、工具T10を保持する第2ハンド194を作業ハンドに設定する。ステップ7では、第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST10（内径側）に工具T10を取り付ける。

30

【0110】

図18に示した第1搬送順の作業工数は合計5ステップ、図19に示した第2搬送順の作業工数は合計7ステップである。したがって、スケジュール生成部132は、第1搬送順を採用する。搬送順の決定後は、交換後の工具パターンが次の現在パターンとなる。

【0111】

図20は、第4交換の第1搬送順を示す図である。

図20に示す現在パターンにおいては、ステーションST7（内径）に工具T1、ステーションST8（内径）に工具T2が取り付けられている。目標パターンにおいては、ステーションST1（外径）に工具T1、ステーションST2（外径）に工具T2が取り付けられる。

40

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径旋回状態にあり、第1ハンド182が予備ハンド、第2ハンド194が作業ハンドとなっている。工具搬送部114自体はタレット164側（作業側）に位置している。

【0112】

工具搬送部114が外径旋回状態にあり、現在パターンにおいて工具T1、T2は内径側にあり、かつ、移動先となるステーションST1、ST2は外径側であるため、第4条件が成立する。図20に示す第1搬送順では、工具搬送部114が工具T1、T2を1本

50

ずつ運ぶ場合を想定する。

【0113】

ステップ1においては、旋回動作により、工具搬送部114を内径旋回状態に設定する。ステップ2で第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST1（内径）から工具T1を取り外し、ステップ3において工具搬送部114は外径旋回状態に再設定される。ステップ4において第2ハンド194（作業ハンド）により工具T1をステーションST1（外径）に取り付ける。

【0114】

ステップ5では工具搬送部114を内径旋回状態に戻し、ステップ6にてステーションST8（内径）の工具T2を第2ハンド194（作業ハンド）により取り外す。ステップ7にて工具搬送部114を外径旋回状態に戻し、ステップ8にて第2ハンド194（作業ハンド）により工具T2はステーションST2（外径）に取り付けられる。

10

【0115】

このように、スケジュール生成部132は、現在パターンおよび目標パターンと、工具搬送部114の状態に基づいて、工具搬送部114により1本ずつ工具の位置を変更する第1搬送順をシミュレーションする。図20に示した第1搬送順の作業工数は合計8ステップである。

【0116】

図21は、第4交換の第2搬送順を示す図である。

図21に示す第2搬送順では、工具搬送部114が工具T1、T2を2本同時に運ぶ場合を想定する。

20

【0117】

ステップ1、2は第1搬送順と同じである。ステップ3では、回転動作により工具T1を保持する第2ハンド194が予備ハンド、空状態の第1ハンド182が作業ハンドに設定される。ステップ4では、ステーションST8（内径）にある工具T2を第1ハンド182（作業ハンド）により取り外す。

【0118】

ステップ5では工具搬送部114を外径旋回状態に戻し、ステップ6では第1ハンド182（作業ハンド）によってステーションST2（外径）に工具T2を取り付ける。ステップ7では回転動作により、工具T1を保持する第2ハンド194を作業ハンドに設定する。ステップ8では、第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST1（外径）に工具T1を取り付ける。

30

【0119】

第4交換においては、図20に示した第1搬送順の作業工数と図21に示した第2搬送順の作業工数はどちらも合計7ステップである。第1搬送順では4回の旋回動作（2ポイント）が発生するため、時間ポイントは合計8ポイントとなる。一方、第2搬送順では2回の旋回動作（2ポイント）と2回の回転動作（1ポイント）があるため、時間ポイントは合計6ポイントとなる。時間ポイントで比較した場合、第2搬送順の方が優れている。搬送順の決定後は、目標パターンが次の現在パターンとなる。

なお、旋回動作よりも回転動作の方に時間がかかる場合には、スケジュール生成部132は第1搬送順を採用する。

40

【0120】

図22は、第2工程の処理過程を示すフローチャートである。

ここでは、第1工程の実行後、または、第1工程のスキップ後の現在パターンにおいて空STが存在するとき（S60のY）、第2工程が実行される（S62）。空STが存在しないときには（S60のN）、第2工程はスキップされる。

【0121】

図23は、図22のS62における第2工程の詳細を示すフローチャートである。

スケジュール生成部132は、タレット164において2以上の空STが存在するときには（S70のY）、工具格納部106から2本の工具を取り出して搬送した上で工具を

50

タレット 164 に取り付ける (S72)。工具装着後、スケジュール生成部 132 は現在パターンを更新し、処理は S70 に戻る。

【0122】

スケジュール生成部 132 は、タレット 164 において 1 本だけ空 ST が存在するときには (S70 の N、S74 の Y)、工具格納部 106 から 1 本の工具を取り出して搬送した上で外部交換を実行する (S76)。工具の装着後、スケジュール生成部 132 は現在パターンを更新し、処理は S34 に戻る。タレット 164 に空 ST が残っていないときには (S74 の N)、第 2 工程は終了する。

【0123】

図 24 は、第 2 工程の 2 本搬送時における第 1 搬送順を示す図である。

10

図 24 に示す事前配置情報としての現在パターンにおいては、ステーション ST1 (外径)、ステーション ST2 (外径)、ステーション ST7 (内径) およびステーション ST8 (内径) は、いずれも空 ST である。また、工具格納部 106 の保持ポッド MG1、MG2、MG3、MG4 には工具 T1、T2、T7、T8 が保持されている。目標配置情報としての目標パターンにおいては、ステーション ST1 (外径) に工具 T1、ステーション ST2 (外径) に工具 T2、ステーション ST7 (内径) に工具 T7、ステーション ST8 (内径) に工具 T8 が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部 114 は外径回転状態にあり、第 1 ハンド 182 は予備ハンド、第 2 ハンド 194 は作業ハンドに設定されている。工具搬送部 114 自体は工具格納部 106 側 (予備側) に位置している。

20

【0124】

図 24 および次の図 25 では、図 23 の S72 における工具の 2 本搬送に対応するシミュレーション結果を示す。図 24 に示す第 1 搬送順では、ステーション ST1 (外径) とステーション ST2 (外径) に工具 T1、T2 を取り付けられたあと、ステーション ST7 (内径) とステーション ST8 (内径) に工具 T7、T8 を取り付ける場合を想定する。

【0125】

ステップ 1 において第 1 ハンド 182 (予備ハンド) により保持ポッド MG1 から工具 T1 を取り出し、ステップ 2 では回転動作により第 2 ハンド 194 を予備ハンドに設定し、ステップ 3 において第 2 ハンド 194 により保持ポッド MG2 から工具 T2 を取り出す。

【0126】

ステップ 4 において、第 1 ハンド 182 (作業ハンド) に工具 T2、第 2 ハンド 194 (予備ハンド) に工具 T1 を保持した状態で、工具搬送部 114 をタレット 164 側に直進移動させる。ステップ 5 で第 1 ハンド 182 (作業ハンド) により工具 T1 をステーション ST1 (外径) に取り付け、ステップ 6 で回転動作により第 2 ハンド 194 を作業ハンドに設定し、ステップ 7 で第 2 ハンド 194 (作業ハンド) により工具 T2 をステーション ST2 (外径) に取り付ける。ステップ 8 において、工具搬送部 114 は工具格納部 106 側に戻る。

30

【0127】

ステップ 9 で第 1 ハンド 182 (予備ハンド) により保持ポッド MG3 から工具 T7 を取り出し、ステップ 10 で回転動作を実行して第 2 ハンド 194 を予備ハンドに設定し、ステップ 11 で第 2 ハンド 194 (予備ハンド) により保持ポッド MG4 から工具 T8 を取り出す。この段階において第 1 ハンド 182 (作業ハンド) は工具 T7 を保持し、第 2 ハンド 194 (予備ハンド) は工具 T8 を保持している。

40

【0128】

ステップ 12 で工具搬送部 114 をタレット 164 に向けて直進させ、ステップ 13 で工具搬送部 114 を内径回転状態に設定し、ステップ 14 にて第 1 ハンド 182 (作業ハンド) によりステーション ST7 (内径) に工具 T7 を取り付ける。ステップ 15 で工具搬送部 114 を回転させて第 2 ハンド 194 を作業ハンドに設定し、ステップ 16 にて第 2 ハンド 194 (作業ハンド) によりステーション ST8 (内径) に工具 T8 を取り付ける。

50

【 0 1 2 9 】

第 1 搬送順においては、外径側の工具 T 1、T 2 を工具格納部 1 0 6 からタレット 1 6 4 に取り付けたあと、内径側の工具 T 7、T 8 を取り付けることで、合計 1 6 ステップにより現在パターンから目標パターンに変更可能である。

【 0 1 3 0 】

図 2 5 は、第 2 工程の 2 本搬送時における第 2 搬送順を示す図である。

図 2 5 に示す第 2 搬送順では、ステーション S T 1 (外径) とステーション S T 7 (内径) に工具 T 1、T 7 を取り付けたあと、ステーション S T 2 (外径) とステーション S T 8 (内径) に工具 T 2、T 8 を取り付ける場合を想定する。

【 0 1 3 1 】

ステップ 1、2 は第 1 搬送順と同じである。ステップ 3 では保持ポッド M G 3 から第 2 ハンド 1 9 4 (予備ハンド) により工具 T 7 を取り出し、ステップ 4 で工具搬送部 1 1 4 は工具 T 1、T 7 をタレット 1 6 4 側に運搬する。ステップ 5 では第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) により工具 T 1 をステーション S T 1 (外径) に取り付け、ステップ 6 で内径回転状態に設定し、ステップ 7 で回転動作を実行して第 2 ハンド 1 9 4 を作業ハンドとして設定し、ステップ 8 で第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) により工具 T 7 をステーション S T 7 (内径) に取り付ける。

【 0 1 3 2 】

ステップ 9 で外径回転状態に設定し、ステップ 1 0 で工具搬送部 1 1 4 は工具格納部 1 0 6 側に移動し、ステップ 1 1 で第 1 ハンド 1 8 2 (予備ハンド) により保持ポット M G 2 から工具 T 2 を取り出し、ステップ 1 2 で回転動作を実行する。この回転動作により、第 2 ハンド 1 9 4 が予備ハンドとなる。ステップ 1 3 で第 2 ハンド 1 9 4 (予備ハンド) により保持ポッド M G 4 から工具 T 8 を取り出し、ステップ 1 4 で工具搬送部 1 1 4 は工具 T 2、T 8 をタレット 1 6 4 側に運搬する。

【 0 1 3 3 】

ステップ 1 5 で工具 T 2 を第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) によりステーション S T 2 (外径) に取り付けたあと、ステップ 1 6 で内径回転状態となり、ステップ 1 7 で工具搬送部 1 1 4 を回転させることで第 2 ハンド 1 9 4 を作業ハンドに設定し、ステップ 1 8 で第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) により工具 T 8 をステーション S T 8 に取り付ける。

【 0 1 3 4 】

第 2 搬送順においては、外径側の工具 T 1 と内径側の工具 T 7 を工具格納部 1 0 6 からタレット 1 6 4 に運んで取り付けたあと、外径側の工具 T 2 と内径側の工具 T 8 をタレット 1 6 4 に取り付けることが想定されている。

【 0 1 3 5 】

第 1 搬送順と第 2 搬送順を比べた場合、第 1 搬送順の作業工数 (ステップ数) の方が少ないため、スケジュール生成部 1 3 2 は第 1 搬送順を採用する。第 2 工程の 2 本搬送 (図 2 3 の S 7 2) においては、外径と外径、内径と内径のように同一方向にある複数の工具をまとめて運搬することで、回転動作の回数を減らすことができる。

【 0 1 3 6 】

図 2 6 は、第 3 工程の処理過程を示すフローチャートである。

ここでは、第 2 工程の実行後、または、第 2 工程のスキップ後における工具パターンにおいて内部交換の必要があるとき (S 8 0 の Y)、すなわち、あるステーションに取り付けられる工具 T A と別のステーションに取り付けられる工具 T B を位置交換する必要があるとき、第 3 工程が実行される (S 8 2)。内部交換の必要性がないときには (S 8 0 の N)、第 3 工程はスキップされる。

【 0 1 3 7 】

図 2 7 は、第 3 工程の第 1 搬送順を示す図である。

図 2 7 に示す現在パターンにおいては、ステーション S T 1 (外径)、ステーション S T 2 (外径)、ステーション S T 3 (外径) に工具 T 3、T 1、T 2 が取り付けられている。目標パターンにおいては、ステーション S T 1 (外径) に工具 T 1、ステーション S

10

20

30

40

50

T 2 (外径)に工具 T 2、ステーション S T 3 (外径)に工具 T 3 が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部 1 1 4 は外径旋回状態にあり、第 1 ハンド 1 8 2 は予備ハンド、第 2 ハンド 1 9 4 は作業ハンドとなっている。工具搬送部 1 1 4 自体はタレット 1 6 4 側 (作業側) に位置している。

【 0 1 3 8 】

図 2 7 においては、3 つの工具 T 1、T 2、T 3 の取り付け位置を変更する場合に、工具 T 3 を本来の移動先ではないステーション S T 2 に一時的に取り付ける場合を想定している (以下、「仮設置」とよぶ)。

【 0 1 3 9 】

ステップ 1 では第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) によりステーション S T 1 (外径) から工具 T 3 を取り出し、ステップ 2 で工具搬送部 1 1 4 を回転させて第 1 ハンド 1 8 2 を作業ハンドに設定し、ステップ 3 で第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) によりステーション S T 2 (外径) から工具 T 1 を取り出す。ステップ 4 で第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) により工具 T 1 を空いたステーション S T 1 (外径) に取り付け、ステップ 5 で工具搬送部 1 1 4 を回転させて第 2 ハンド 1 9 4 を作業ハンドに設定し、ステップ 6 で第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) により空いたステーション S T 2 (外径) に工具 T 3 を仮設置する。

10

【 0 1 4 0 】

ステップ 7 で再びステーション S T 2 から工具 T 3 を第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) によって取り外し、ステップ 8 で工具搬送部 1 1 4 を回転させて第 1 ハンド 1 8 2 を作業ハンドとして設定し、ステップ 9 で第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) によりステーション S T 3 (外径) から工具 T 2 を取り出し、ステップ 1 0 で第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) により工具 T 2 をステーション S T 2 に取り付ける。

20

【 0 1 4 1 】

ステップ 1 1 で工具搬送部 1 1 4 を回転させることで第 2 ハンド 1 9 4 を作業ハンドに設定し、ステップ 1 2 で第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) により工具 T 3 をステーション S T 3 に取り付ける。第 3 工程における第 1 搬送順の作業工数は 1 2 ステップとなる。

【 0 1 4 2 】

図 2 8 は、第 3 工程の第 2 搬送順を示す図である。

図 2 8 に示す第 2 搬送順では、工具 T 1、T 2、T 3 をステーション S T 1 (外径)、ステーション S T 2 (外径)、ステーション S T 3 (外径) の間で循環させる方式を想定する。

30

【 0 1 4 3 】

ステップ 1 からステップ 4 までは第 1 搬送順と同じである。ステップ 5 では第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) によりステーション S T 3 (外径) から工具 T 2 を取り出し、ステップ 6 で第 1 ハンド 1 8 2 (作業ハンド) によりステーション S T 2 に工具 T 2 が取り付ける。ステップ 7 で工具搬送部 1 1 4 を回転させて第 2 ハンド 1 9 4 を作業ハンドとして設定し、ステップ 8 で第 2 ハンド 1 9 4 (作業ハンド) により工具 T 3 をステーション S T 3 (外径) に取り付ける。

【 0 1 4 4 】

第 2 搬送順の工数は 8 ステップである。したがって、スケジュール生成部 1 3 2 は第 2 搬送順を採用する。

40

【 0 1 4 5 】

図 2 9 は、第 4 工程の処理過程を示すフローチャートである。

ここでは、第 3 工程の実行後、または、第 3 工程のスキップ後の工具パターンにおいて外部交換の必要があるとき (S 9 0 の Y)、すなわち、あるステーションに取り付けられる工具 T A と工具格納部 1 0 6 に格納される工具 T B の交換が必要であるとき、第 4 工程が実行される (S 9 2)。外部交換の必要性がないときには (S 9 0 の N)、第 4 工程はスキップされる。

【 0 1 4 6 】

図 3 0 は、第 4 工程の第 1 搬送順を示す図である。

50

図30に示す現在パターンにおいては、ステーションST1（外径）、ステーションST2（外径）、ステーションST3（外径）には工具T15、T1、T2が取り付けられている。工具格納部106の保持ポッドMG1には工具T3が格納されている。目標パターンにおいては、ステーションST1（外径）に工具T1、ステーションST2（外径）に工具T2、ステーションST3（外径）に工具T3が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径回転状態にあり、第1ハンド182は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドに設定されている。工具搬送部114自体は工具格納部106側（予備側）に位置している。

【0147】

第1搬送順においては、工具T1、T2がステーションST1、ST2にあり、工具T3が工具格納部106にある状態において、工具T1、T2を一時的に工具格納部106に退避させる（以下、「仮退避」とよぶ）。 10

【0148】

ステップ1で第1ハンド182（予備ハンド）により保持ポッドMG1から工具T3を取り出し、ステップ2で工具搬送部114により工具T3をタレット164側に運搬する。ステップ3でタレット164から第2ハンド194（作業ハンド）により工具T2を取り出し、ステップ4で工具搬送部114を回転させて第1ハンド182を作業ハンドに設定したあと、ステップ5で第1ハンド182（作業ハンド）により工具T3をステーションST3に取り付ける。 20

【0149】

続いて、ステップ6で工具搬送部114は工具T2を工具格納部106側に運搬し、ステップ7で第2ハンド194（予備ハンド）により工具T2を保持ポッドMG1に仮退避させ、ステップ8で第2ハンド194（予備ハンド）により工具T2を工具格納部106から取り出し、ステップ9で工具T2を再びタレット164側に運搬する。 20

【0150】

ステップ10で第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST2から工具T1を取り出し、ステップ11で工具搬送部114を回転させて第2ハンド194を作業ハンドに設定し、ステップ12で第2ハンド194（作業ハンド）により工具T2をステーションST2（外径）に取り付ける。ステップ13で工具T1を工具格納部106に運搬し、ステップ14で工具T1を工具格納部106に仮退避させる。 30

【0151】

ステップ15で第1ハンド182（予備ハンド）により工具T1を工具格納部106から取り出し、ステップ16で工具T1をタレット164側に運搬し、ステップ17で第2ハンド194（作業ハンド）によりタレット164から工具T15を取り外す。ステップ18で工具搬送部114を回転させて第1ハンド182を作業ハンドに設定し、ステップ19で第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST1（外径）に工具T1を取り付けたあと、ステップ20で工具T15を工具格納部106側に運搬し、ステップ21で第2ハンド194（予備ハンド）により工具T15を工具格納部106に格納する。 30

【0152】

図31は、第4工程の第2搬送順を示す図である。 40

ステップ1からステップ5までは第1搬送順と同じである。ステップ6で第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST2（外径）から工具T1を取り外す。ステップ7で工具搬送部114を回転させて第2ハンド194を作業ハンドに設定し、ステップ8で第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST2（外径）に工具T2を取り付け、ステップ9で空いた第2ハンド194（作業ハンド）によりステーションST1（外径）から工具T15を取り出す。 40

【0153】

ステップ10で工具搬送部114を回転させて第1ハンド182を作業ハンドに設定し、ステップ11で第1ハンド182（作業ハンド）によりステーションST1（外径）に工具T1を取り付ける。ステップ12で工具搬送部114は工具T15を工具格納部10 50

6に運搬し、ステップ13で第2ハンド194(予備ハンド)により工具T15を工具格納部106に格納する。

【0154】

以上のシミュレーションの結果、第1搬送順に比べて第2搬送順の方が作業工数(ステップ数)は格段に少ないことがわかる。したがって、スケジュール生成部132は第2搬送順を採用する。

【0155】

図32は、第1例における第5工程実行前の搬送スケジュールを示す図である。

第1工程から第4工程について上記アルゴリズムにて搬送スケジュールを生成したあと、スケジュール生成部132は更に搬送スケジュールを最適化可能か判断するための第5工程を実行する。最適化条件は任意に設定可能である。たとえば、直進動作(工具の運搬)に際しては、可能な限り工具を2本まとめて運搬する、タレット164から不要な工具を取り出すことを優先する、などが考えられる。

第5工程については、第1例および第2例に分けて説明する。第1例については図32、図33に基づいて説明し、第2例については図34、図35に基づいて説明する。

【0156】

第1例(図32、図33)の現在パターンにおいては、ステーションST1(外径)、ステーションST2(外径)、ステーションST3(外径)には工具T15、T1、T2が取り付けられている。工具格納部106の保持ポッドMG1、MG2には工具T3、T4が格納されている。目標パターンにおいては、ステーションST1(外径)に工具T1、ステーションST2(外径)に工具T2、ステーションST3(外径)に工具T3、ステーションST4(外径)に工具T4が取り付けられる。

【0157】

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径回転状態にあり、第1ハンド182は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドとなっている。工具搬送部114自体は工具格納部106側(予備側)に位置している。

【0158】

第1工程から第4工程を経た上で、図32に示す工具搬送順(搬送スケジュール)が生成されたとする。工具交換の合計ステップ数は18となる。スケジュール生成部132は、図32に示す搬送スケジュールが最適解であるか確認するために第5工程(最適化処理)を実行する。

【0159】

図33は、第1例における第5工程実行後の搬送スケジュールを示す図である。

第5工程実行前(最適化前)の搬送スケジュールにおいては、ステップ3において、工具搬送部114は第1ハンド182に工具T4を保持させた状態で回転し、ステップ4において第1ハンド182(作業ハンド)により工具T4をステーションST4に取り付ける。一方、第5工程実行後(最適化後)の搬送スケジュールでは、ステップ3において、工具搬送部114は工具T4に加えて工具T3も工具格納部106から取り出している。

【0160】

第5工程実行後の搬送スケジュールでは、工具搬送部114は工具T3、T4を工具格納部106から取り出したあと、2本まとめて運搬することで、合計ステップ数を16回に抑制できている。したがって、スケジュール生成部132は図32に示した第5工程実行前の搬送スケジュールではなく、第5工程実行後の搬送スケジュールを採用する。ただし、工具搬送部114が2本の工具を運搬することが最適とはいえない場合もある。第2例では、そのような場合について説明する。

【0161】

図34は、第2例における第5工程実行前の搬送スケジュールを示す図である。

第2例(図34、図35)の現在パターンにおいては、ステーションST1(外径)、ステーションST7(内径)、ステーションST8(内径)には工具T15、T8、T7が取り付けられている。工具格納部106の保持ポッドMG1、MG2には工具T1、T

10

20

30

40

50

9が格納されている。目標パターンにおいては、ステーションST1（外径）に工具T1、ステーションST7（内径）に工具T7、ステーションST8（内径）に工具T8、ステーションST9（内径）に工具T9が取り付けられる。

工具交換開始時において、工具搬送部114は外径回転状態にあり、第1ハンド182は予備ハンド、第2ハンド194は作業ハンドに設定されている。工具搬送部114自体は工具格納部106側（予備側）に位置している。

【0162】

第1工程から第4工程を経た上で、図34に示す搬送スケジュールが生成されたとする。このときの合計ステップ数は20である。

【0163】

図35は、第2例における第5工程実行後の搬送スケジュールを示す図である。

第5工程実行前の搬送スケジュールでは4回の直進動作が発生しているが、いずれの場合においても工具搬送部114は1本しか工具を運搬していない。これに対して、第5工程実行後の搬送スケジュールでも4回の直進動作が発生し、そのうち、ステップ14において工具搬送部114は工具T9、T1を運搬している。しかし、第5工程実行後の合計ステップ数は22回であり、第5工程実行前よりもステップ数は多くなっている。このため、スケジュール生成部132は第5工程実行前の搬送スケジュールを採用する。

【0164】

[総括]

以上、実施形態に基づいて、工作機械100の工具交換について説明した。

搬送スケジュールの生成に際しては、スケジュール生成部132は第1工程および第2工程を実行し、第2工程の実行後にタレット164に空STが残らないように工具搬送順をつくる。第3工程は内部交換なので、工具搬送部114をタレット164側に位置させる必要がある。第2工程の終了時点において、工具搬送部114はタレット164側にあるため、第3工程の開始時に工具搬送部114をタレット164側に移動させる必要がない。一方、第4工程は外部交換なので、工具搬送部114を工具格納部106側に位置させる必要がある。以上の理由により、第1工程、第2工程の後は第4工程ではなく第3工程を実行することが望ましい。

【0165】

現在パターンにおいてタレット164に空STが存在しない場合には、スケジュール生成部132は第1工程、第2工程をスキップして、第3工程以降のアルゴリズムに基づいて搬送スケジュールを生成すればよい。この場合には、スケジュール生成部132は第4工程を第3工程より先に実行してもよい。

【0166】

スケジュール生成部132は、現在パターンと目標パターンに基づいて、どの工具から移動させるか、どのステーション222から先に工具を移動させるか、といったさまざまな組み合わせについて総当りで工具搬送順を計算してもよい。たとえば、第1工程においても、現在パターンおよび目標パターンの組み合わせに基づいてさまざまな工具搬送順をつくるのが可能である。スケジュール生成部132はこのようにして生成された多数の工具搬送順からもっとも作業効率のよい工具搬送順を採用すればよい。

【0167】

スケジュール生成部132は、特に、工具格納部106への仮退避、タレット164への仮設置が生じないように搬送スケジュールを組むことで、工具交換に要する作業工数を減らすことができる。

【0168】

また、スケジュール生成部132は、複数の工具交換のステップ数が同一となるときは、運搬動作、旋回動作および回転動作それぞれに要する時間を指標化した時間ポイントに基づいて、どの搬送順がもっとも作業効率のよいかを判定できる。

【0169】

なお、本発明は上記実施形態や変形例に限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範

10

20

30

40

50

囲で構成要素を変形して具体化することができる。上記実施形態や変形例に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることにより種々の発明を形成してもよい。また、上記実施形態や変形例に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除してもよい。

【0170】

これまでの説明の通り、本発明によれば、工具の段取り等を含めた加工に関連する総時間を短くできる。そのため、省エネ性を高めた工作機械等の提供が可能になる。

【0171】

[変形例]

本実施形態においては、第1ホルダ168Aは「ワークの内径側を削るための工具を保持するホルダ168」、第2ホルダ168Bは「ワークの外径側を削るための工具を保持するホルダ168」であるとして説明した。本発明は、内径側/外径側に限らず、タレット164において複数の工具保持方法が可能である場合に適用可能である。

【0172】

たとえば、第1ホルダ168Aの長軸方向(第1方向)と第2ホルダ168Bの長軸方向(第2方向)において、第1方向と第2方向は任意であり、互いに直交しない場合も考えられる。

【0173】

工具Tによっては旋削加工と回転加工の両方に対応できるものがある。ステーション222に旋削ホルダ168Mを取り付け、旋削ホルダ168Mに工具Tを取り付けたとき、この工具Tは旋削加工に使用される。一方、ステーション222に回転ホルダ168Nを取り付け、回転ホルダ168Nに同一種類の工具Tを取り付けたとき、この工具Tは回転加工に使用される。このように旋削ホルダ168Mおよび回転ホルダ168Nの双方を備えるタレット164を対象とした工具交換においても、スケジュール生成部132は同様にして搬送スケジュールを生成可能である。

【0174】

事前配置情報としての現在パターンおよび目標配置情報としての目標パターンによっては、すべてのステーション222が空STである状態から、工具Tを所定本数、たとえば、1本だけ取り付ける状況もあり得る。たとえば、工具格納部106から所定本数の工具Tを搬送し、12箇所の空STの全部または一部に工具を取り付ける場合も考えられる。

【0175】

あるいは、すべてのステーション222に工具が取り付けられている状態から、所定本数、たとえば、1本の工具を取り外す場合もあり得る。たとえば、刃物台230から12本未満の所定本数の工具Tを搬送し、工具格納部106にこれらの工具を格納する場合も考えられる。

【0176】

このように、ステーション222の一部または全部が空STとなっている状態から工具交換が開始されることも権利範囲として想定可能であることは当業者には理解されることである。

【符号の説明】

【0177】

100 工作機械、102 タレットベース、106 工具格納部、112 加工装置、114 工具搬送部、116 加工制御部、118 情報処理装置、120 ユーザインタフェース処理部、122 データ処理部、124 データ格納部、126 入力部、128 出力部、130 工具管理部、132 スケジュール生成部、134 工具搬送制御部、160 制御装置、164 タレット、168 ホルダ、168A 第1ホルダ、168B 第2ホルダ、168M 旋削ホルダ、168N 回転ホルダ、170 保持板、174 保持ポット、176 駆動モータ、178 送り機構、180 移動台、182 第1ハンド、184 レール保持台、186 ガイドレール、188 スライダ、190 ボールねじ、192 ボールナット、194 第2ハンド、196 サーボモータ、198 保持部材、200 移動シリンダ、202 駆動シリンダ、204 回転軸、206 駆動シリンダ

10

20

30

40

50

、 208 把持爪、 210 把持爪、 220 カートリッジ、 222 ステーション、 230 刃物台

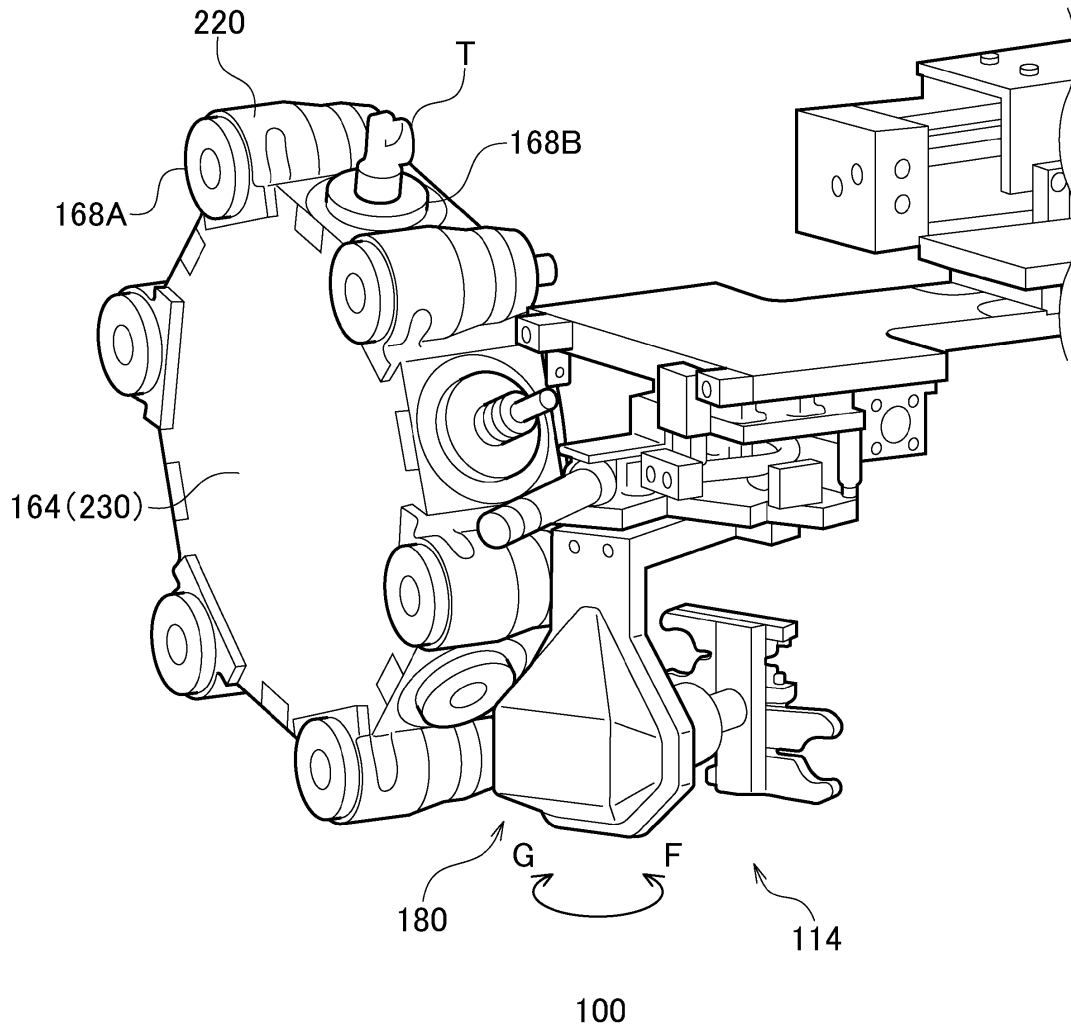
【要約】

【課題】 工具交換に要する時間および工数を最小化する。

【解決手段】 工作機械は、複数の工具を保持可能な複数のホルダを有する刃物台と、加工プログラムにしたがって、刃物台に保持される工具を制御し、ワークを加工する加工制御部と、複数の工具を格納する工具格納部と、工具を搬送可能な工具搬送部と、工具搬送順を示す搬送スケジュールを生成するスケジュール生成部と、搬送スケジュールにしたがって工具搬送部を制御することにより、刃物台における工具の保持位置を変更する工具搬送制御部と、を備える。スケジュール生成部は、刃物台における交換前の工具の配置を示す事前配置情報と、交換後の工具の配置を示す目標配置情報にしたがって、刃物台のホルダ間において工具の保持位置を変更する第3工程と、工具格納部に格納される工具と刃物台に保持される工具を交換する第4工程と、を実行する搬送順として搬送スケジュールを生成する。

10

【選択図】 図 9



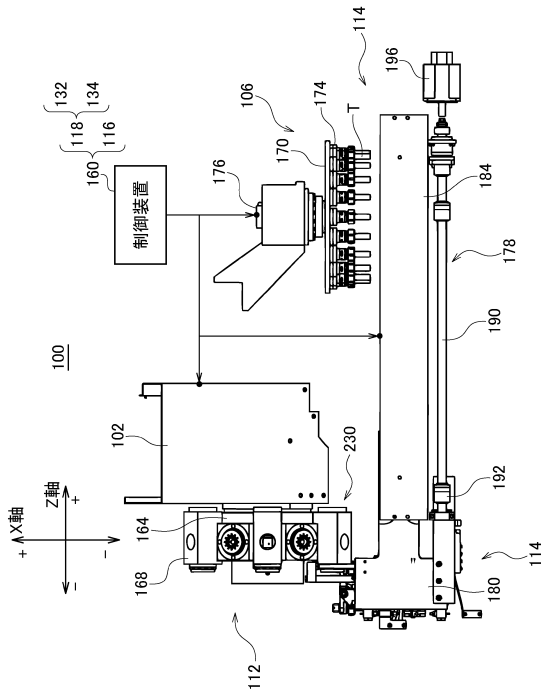
20

30

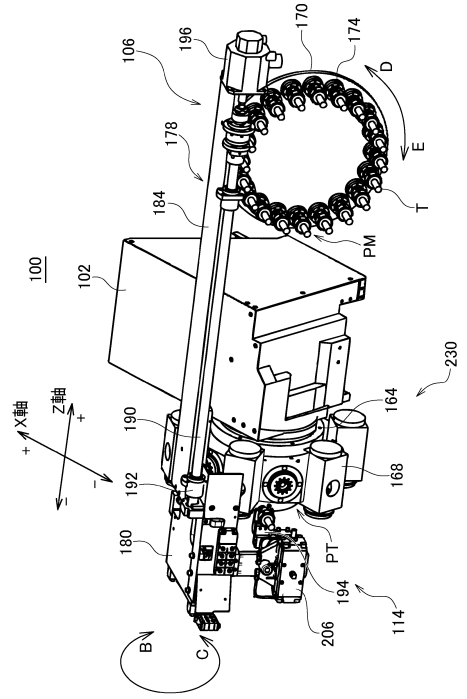
40

50

【図面】
【図 1】



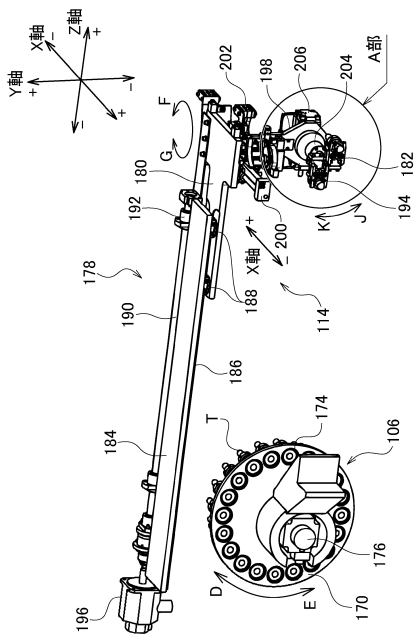
【図 2】



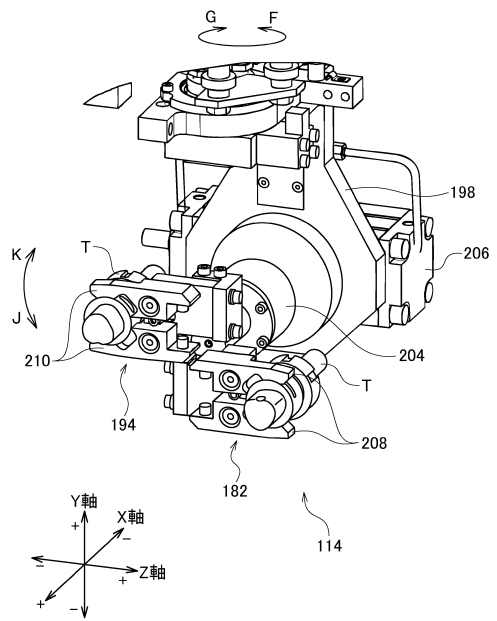
10

20

【図 3】



【図 4】

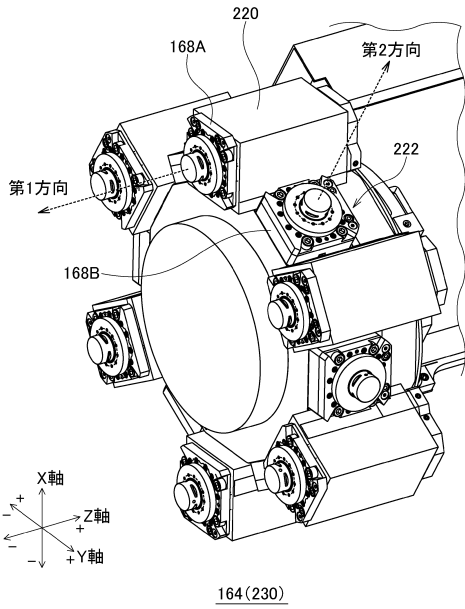


30

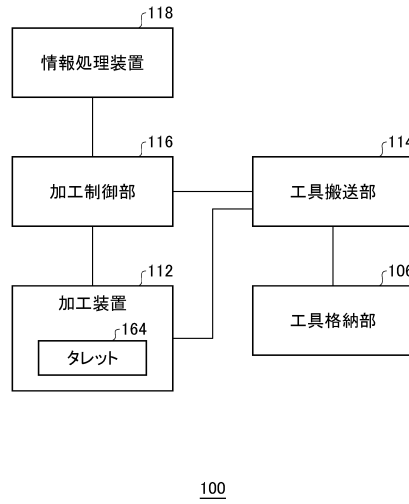
40

50

【図5】

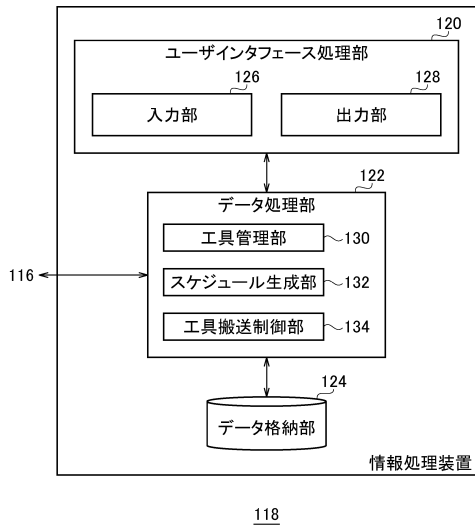


【図6】

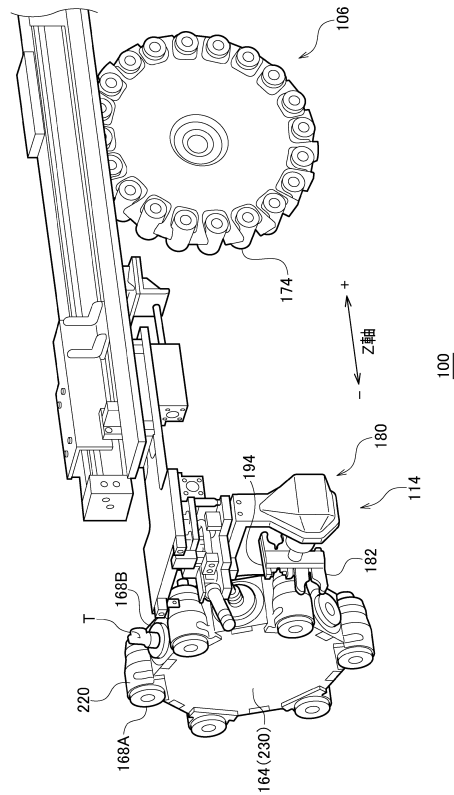


10

【図7】



【図8】



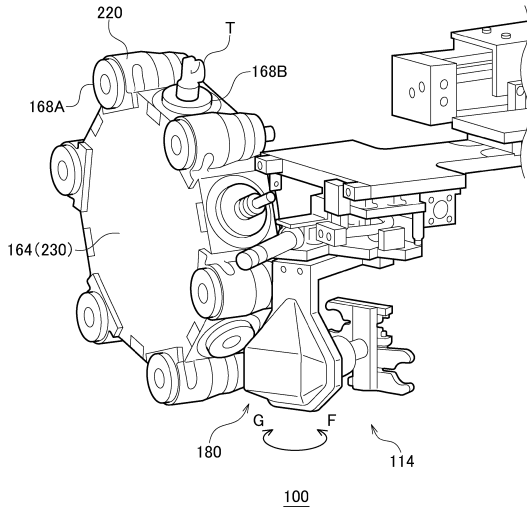
20

30

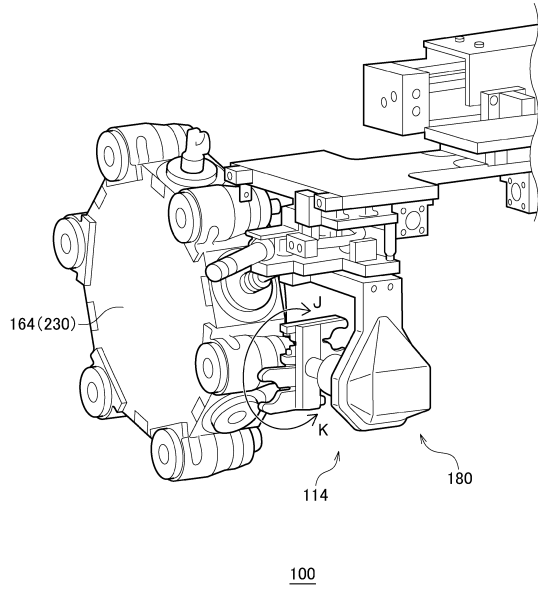
40

50

【図 9】

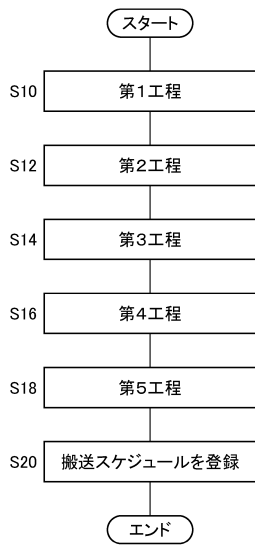


【図 10】

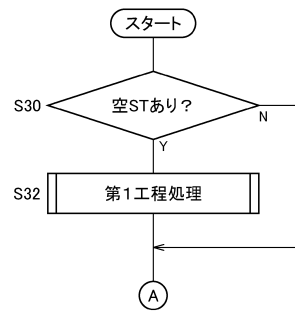


10

【図 11】



【図 12】



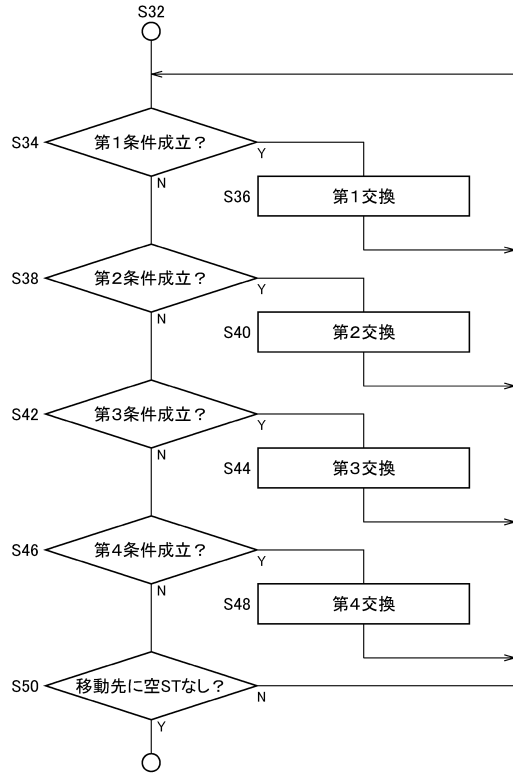
20

30

40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12	WPA-A		
												方向	ハンド (作業制/手動)	
外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	内信	内信	内信	内信	内信	内信
IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS

10

20

【 図 1 5 】

ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12	WPA-A		
												方向	ハンド (作業制/手動)	
外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	内信	内信	内信	内信	内信	内信
IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS

【 図 1 6 】

ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12	WPA-A		
												方向	ハンド (作業制/手動)	
外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	外信	内信	内信	内信	内信	内信	内信
IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS

30

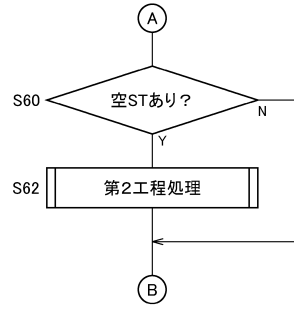
40

50

【図 2 1】

搬送先	ST1		ST2		ST3		ST4		ST5		ST6		ST7		ST8		ST9		ST10		ST11		ST12		WZ-A		WZ-A (作業順/手番別)
	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先

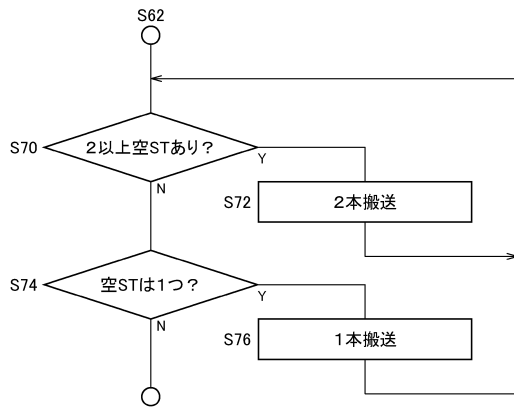
【図 2 2】



10

20

【図 2 3】



【図 2 4】

搬送先	ST1		ST2		ST3		ST4		ST5		ST6		ST7		ST8		ST9		ST10		ST11		ST12		WZ-A		WZ-A (作業順/手番別)
	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	外装	内装	
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先
搬送先	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	搬送先

30

40

50

【図 25】

区分	S71		S72		S73		S74		S75		S76		S77		S78		S79		S80		S81		S82		S83		S84		S85		S86		S87		S88		S89		S90		S91		S92		S93		S94		S95		S96		S97		S98		S99		S100		S101		S102		S103		S104		S105		S106		S107		S108		S109		S110		S111		S112		S113		S114		S115		S116		S117		S118		S119		S120		S121		S122		S123		S124		S125		S126		S127		S128		S129		S130		S131		S132		S133		S134		S135		S136		S137		S138		S139		S140		S141		S142		S143		S144		S145		S146		S147		S148		S149		S150		S151		S152		S153		S154		S155		S156		S157		S158		S159		S160		S161		S162		S163		S164		S165		S166		S167		S168		S169		S170		S171		S172		S173		S174		S175		S176		S177		S178		S179		S180		S181		S182		S183		S184		S185		S186		S187		S188		S189		S190		S191		S192		S193		S194		S195		S196		S197		S198		S199		S200		S201		S202		S203		S204		S205		S206		S207		S208		S209		S210		S211		S212		S213		S214		S215		S216		S217		S218		S219		S220		S221		S222		S223		S224		S225		S226		S227		S228		S229		S230		S231		S232		S233		S234		S235		S236		S237		S238		S239		S240		S241		S242		S243		S244		S245		S246		S247		S248		S249		S250		S251		S252		S253		S254		S255		S256		S257		S258		S259		S260		S261		S262		S263		S264		S265		S266		S267		S268		S269		S270		S271		S272		S273		S274		S275		S276		S277		S278		S279		S280		S281		S282		S283		S284		S285		S286		S287		S288		S289		S290		S291		S292		S293		S294		S295		S296		S297		S298		S299		S300		S301		S302		S303		S304		S305		S306		S307		S308		S309		S310		S311		S312		S313		S314		S315		S316		S317		S318		S319		S320		S321		S322		S323		S324		S325		S326		S327		S328		S329		S330		S331		S332		S333		S334		S335		S336		S337		S338		S339		S340		S341		S342		S343		S344		S345		S346		S347		S348		S349		S350		S351		S352		S353		S354		S355		S356		S357		S358		S359		S360		S361		S362		S363		S364		S365		S366		S367		S368		S369		S370		S371		S372		S373		S374		S375		S376		S377		S378		S379		S380		S381		S382		S383		S384		S385		S386		S387		S388		S389		S390		S391		S392		S393		S394		S395		S396		S397		S398		S399		S400		S401		S402		S403		S404		S405		S406		S407		S408		S409		S410		S411		S412		S413		S414		S415		S416		S417		S418		S419		S420		S421		S422		S423		S424		S425		S426		S427		S428		S429		S430		S431		S432		S433		S434		S435		S436		S437		S438		S439		S440		S441		S442		S443		S444		S445		S446		S447		S448		S449		S450		S451		S452		S453		S454		S455		S456		S457		S458		S459		S460		S461		S462		S463		S464		S465		S466		S467		S468		S469		S470		S471		S472		S473		S474		S475		S476		S477		S478		S479		S480		S481		S482		S483		S484		S485		S486		S487		S488		S489		S490		S491		S492		S493		S494		S495		S496		S497		S498		S499		S500		S501		S502		S503		S504		S505		S506		S507		S508		S509		S510		S511		S512		S513		S514		S515		S516		S517		S518		S519		S520		S521		S522		S523		S524		S525		S526		S527		S528		S529		S530		S531		S532		S533		S534		S535		S536		S537		S538		S539		S540		S541		S542		S543		S544		S545		S546		S547		S548		S549		S550		S551		S552		S553		S554		S555		S556		S557		S558		S559		S560		S561		S562		S563		S564		S565		S566		S567		S568		S569		S570		S571		S572		S573		S574		S575		S576		S577		S578		S579		S580		S581		S582		S583		S584		S585		S586		S587		S588		S589		S590		S591		S592		S593		S594		S595		S596		S597		S598		S599		S600		S601		S602		S603		S604		S605		S606		S607		S608		S609		S610		S611		S612		S613		S614		S615		S616		S617		S618		S619		S620		S621		S622		S623		S624		S625		S626		S627		S628		S629		S630		S631		S632		S633		S634		S635		S636		S637		S638		S639		S640		S641		S642		S643		S644		S645		S646		S647		S648		S649		S650		S651		S652		S653		S654		S655		S656		S657		S658		S659		S660		S661		S662		S663		S664		S665		S666		S667		S668		S669		S670		S671		S672		S673		S674		S675		S676		S677		S678		S679		S680		S681		S682		S683		S684		S685		S686		S687		S688		S689		S690		S691		S692		S693		S694		S695		S696		S697		S698		S699		S700		S701		S702		S703		S704		S705		S706		S707		S708		S709		S710		S711		S712		S713		S714		S715		S716		S717		S718		S719		S720		S721		S722		S723		S724		S725		S726		S727		S728		S729		S730		S731		S732		S733		S734		S735		S736		S737		S738		S739		S740		S741		S742		S743		S744		S745		S746		S747		S748		S749		S750		S751		S752		S753		S754		S755		S756		S757		S758		S759		S760		S761		S762		S763		S764		S765		S766		S767		S768		S769		S770		S771		S772		S773		S774		S775		S776		S777		S778		S779		S780		S781		S782		S783		S784		S785		S786		S787		S788		S789		S790		S791		S792		S793		S794		S795		S796		S797		S798		S799		S800		S801		S802		S803		S804		S805		S806		S807		S808		S809		S810		S811		S812		S813		S814		S815		S816		S817		S818		S819		S820		S821		S822		S823		S824		S825		S826		S827		S828		S829		S830		S831		S832		S833		S834		S835		S836		S837		S838		S839		S840		S841		S842		S843		S844		S845		S846		S847		S848		S849		S850		S851		S852		S853		S854		S855		S856		S857		S858		S859		S860		S861		S862		S863		S864		S865		S866		S867		S868		S869		S870		S871		S872		S873		S874		S875		S876		S877		S878		S879		S880		S881		S882		S883		S884		S885		S886		S887		S888		S889		S890		S891		S892		S893		S894		S895		S896		S897		S898		S899		S900		S901		S902		S903		S904		S905		S906		S907		S908		S909		S910		S911		S912		S913		S914		S915		S916		S917		S918		S919		S920		S921		S922		S923		S924		S925		S926		S927		S928		S929		S930		S931		S932		S933		S934		S935		S936		S937		S938		S939		S940		S941		S942		S943		S944		S945		S946		S947		S948		S949		S950		S951		S952		S953		S954		S955		S956		S957		S958		S959		S960		S961		S962		S963		S964		S965		S966		S967		S968		S969		S970		S971		S972		S973		S974		S975		S976		S977		S978		S979		S980		S981		S982		S983		S984		S985		S986		S987		S988		S989		S990		S991		S992		S993		S994		S995		S996		S997		S998		S999		S1000		S1001		S1002		S1003		S1004		S1005		S1006		S1007		S1008		S1009		S1010		S1011		S1012		S1013		S1014		S1015		S1016		S1017		S1018		S1019		S1020		S1021		S1022		S1023		S1024		S1025		S1026		S1027		S1028		S1029		S1030		S1031		S1032		S1033		S1034		S1035		S1036		S1037		S1038		S1039		S1040		S1041		S1042		S1043		S1044		S1045		S1046		S1047		S1048		S1049		S1050		S1051		S1052		S1053		S1054		S1055		S1056		S1057		S1058		S1059		S1060		S1061		S1062		S1063		S1064		S1065		S1066		S1067		S1068		S1069		S1070		S1071		S1072		S1073		S1074		S1075		S1076		S1077		S1078		S1079		S1080		S1081		S1082			
----	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	--	--

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2022/018923(WO,A1)
国際公開第2022/004123(WO,A1)
特開2022-016711(JP,A)
特開2006-326709(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23Q 3/155-157
B23B 29/24