

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6676938号
(P6676938)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月17日(2020.3.17)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 4 B	19/12	(2006.01)	B 2 4 B	19/12	C
F O 1 L	1/04	(2006.01)	F O 1 L	1/04	A
F O 1 L	13/00	(2006.01)	F O 1 L	13/00	3 O 1 U

請求項の数 8 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-227203 (P2015-227203)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成27年11月20日(2015.11.20)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2017-94419 (P2017-94419A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成29年6月1日(2017.6.1)	(74) 代理人	110000394
審査請求日	平成30年10月9日(2018.10.9)		特許業務法人岡田国際特許事務所
		(72) 発明者	水谷 吉宏
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	阿部田 郷
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	井上 勝晴
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カム研削装置、およびカム研削方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、

前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、

前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、

さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削するカム研削装置であって、

ベースとなる基台と、

前記基台上に載置され、前記複合カムを前記軸中心回りに回転可能に支持するワーク回転装置を備えた主軸装置と、

前記基台上に載置され、回転する砥石を備えた砥石装置と、

前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向に往復移動可能なトラバース移動装置と、

前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向と交差する方向に移動可能なブラ

ンジ移動装置と、

前記ワーク回転装置、前記トラバース移動装置、および前記プランジ移動装置を制御する制御装置と、を備え、

前記砥石の軸方向幅は前記第1カムおよび第2カムの軸方向幅より幅広とされており、かつ、共通ベース円部の軸方向幅より幅狭とされており、

前記制御装置は、

前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求め、共通ベース円部設定部と、

前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して、前記第1カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して、前記第1カムを研削する、第1カム研削部と、

前記第1カム研削後、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して前記第2カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して前記第2カムを研削する、第2カム研削部と、

前記第2カム研削後、前記トラバース移動装置を制御して、前記砥石を第2カムの研削後の位置からプランジ移動することなく、両カムの境界に残存する研削残部を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記ワーク回転装置を制御して、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削部とを有する、カム研削装置。

【請求項2】

請求項1に記載のカム研削装置であって、

前記第1カム研削部における前記第1カムの研削は、粗研削、精研削からなっており、前記第2カム研削部における前記第2カムの研削は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部の前記トラバース研削は、前記第2カムの前記スパークアウト後に行う、カム研削装置。

【請求項3】

複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、

前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、

前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、

さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削するカム研削装置であって、

ベースとなる基台と、

前記基台上に載置され、前記複合カムを前記軸中心回りに回転可能に支持するワーク回転装置を備えた主軸装置と、

前記基台上に載置され、回転する砥石を備えた砥石装置と、

前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向に往復移動可能なトラバース移動装置と、

前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向と交差する方向に移動可能なプランジ移動装置と、

10

20

30

40

50

前記ワーク回転装置、前記トラバース移動装置、および前記プランジ移動装置を制御する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定部と、

前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して、前記第1カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して、前記第1カムを研削する、第1カム研削部と、

10

前記第1カム研削後、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して前記第2カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して前記第2カムを研削する、第2カム研削部と、

前記第2カム研削後、前記トラバース移動装置を制御して、前記砥石を第2カムの位置から、両カムの境界を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記ワーク回転装置を制御して、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削部とを有し、

前記第1カム研削部における前記第1カムの研削は、粗研削、精研削からなっており、前記第2カム研削部における前記第2カムの研削は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部の前記トラバース研削は、前記第2カムの前記スパークアウト後にいき、

20

前記制御装置の共通ベース円部トラバース研削部は、

前記トラバース移動させる範囲を、前記第2カムの位置から、両カムの境界部を超えて前記第1カムの位置までとし、前記制御装置は、前記共通ベース円部の前記トラバース研削後、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置とを制御して、前記砥石により第1カムをスパークアウトする第1カムスパークアウト部を有する、カム研削装置。

【請求項4】

請求項1に記載のカム研削装置であって、

30

前記共通ベース円部トラバース研削部における前記トラバース研削は、前記第1カムおよび前記第2カム間で、両カムの境界に残存する研削残部幅より大きい幅で前記軸方向に往復移動させるオシレーション研削である、カム研削装置。

【請求項5】

複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、

前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、

40

前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、

さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削する、カム研削方法であって、

前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定工程と、

50

前記第1カムを前記第1リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第1カム研削工程と、

前記第1研削工程後、前記第2カムを前記第2リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第2カム研削工程と、

前記第2カム研削工程後、前記砥石を第2カムの研削後の位置からプランジ移動することなく、両カムの境界に残存する研削残部を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削工程とを有する、カム研削方法。

【請求項6】

請求項5に記載のカム研削方法であって、

前記第1カム研削工程は、粗研削、精研削からなっており、

前記第2カム研削工程は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、

前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記第2カム研削工程の前記スパークアウト後に行う、
カム研削方法。

【請求項7】

複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、

前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、

前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、

さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削する、カム研削方法であって、

前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定工程と、

前記第1カムを前記第1リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第1カム研削工程と、

前記第1研削工程後、前記第2カムを前記第2リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第2カム研削工程と、

前記第2カム研削工程後、前記砥石を第2カムの位置から、両カムの境界を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削工程とを有し、

前記第1カム研削工程は、粗研削、精研削からなっており、

前記第2カム研削工程は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、

前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記第2カム研削工程の前記スパークアウト後に行い、

前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記砥石をトラバース移動させる範囲を、前記第2カムの位置から、両カムの境界部を超えて前記第1カムの位置までとし、

前記共通ベース円部トラバース研削工程後、前記砥石により前記第1カムをスパークアウトする第1カムスパークアウト工程を有する、
カム研削方法。

【請求項8】

10

20

30

40

50

請求項 5 に記載のカム研削方法であって、

前記共通ベース円部トラバース研削工程における前記トラバース研削は、前記第 1 カムおよび前記第 2 カム間で、両カムの境界に残存する研削残部幅より大きい幅で前記軸方向に往復移動させるオシレーション研削である、

カム研削方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カム研削装置、およびカム研削方法に関する。詳細には、カムリフト量と位相角が異なる 2 つのカムが軸方向に隣接して配設される複合カムの研削装置、およびカム研削方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

内燃機関のシリンダへの吸入および排気は、バルブ（弁）の開弁作動により行われる。このバルブの開弁作動は回転するカムの作動により行われる。

【0003】

バルブの開弁作動は、内燃機関の出力向上等の観点から、内燃機関の低速回転時と高速回転時とで異ならせる開弁作動制御が行われている。

【0004】

その制御方法の一つとして、バルブを作動させるカムとして、低速用の第 1 カムと、高速用の第 2 カムとを設けて、内燃機関の回転数に応じて適宜第 1 カムと第 2 カムとを選択して、バルブの開弁制御を行うものがある。この場合、第 1 カムと第 2 カムとの切替え選択は、バルブのタペットと第 1 カムおよび第 2 カムとが相対的に軸方向に接触移動することにより行われる。

20

【0005】

図 2 1 ~ 図 2 3 は低速用の第 1 カム 1 1 2 と、高速用の第 2 カム 1 1 4 の配置関係を示す概略図である。この概略図からも分かるように、一般的には、低速用の第 1 カム 1 1 2 の最大リフト高さは低くされており、高速用の第 2 カム 1 1 4 の最大リフト高さは第 1 カム 1 1 2 に比べ高くされている。また、両カム 1 1 2 , 1 1 4 の位相角は回転方向（図 2 1 の矢印方向）に対して、高速用の第 2 カム 1 1 4 は低速用の第 1 カム 1 1 2 に比べ早い位相、すなわち、バルブの開弁作動が早く行われるようになっている。このため、図 2 1 に示すように、高速用の第 2 カム 1 1 4 のリフト高さ方向のカム輪郭と、低速用の第 1 カム 1 1 2 のリフト高さ方向のカム輪郭とは、角度方向において相互にずれた位置関係にある。

30

【0006】

図 2 2 および図 2 3 に示されるように、低速用の第 1 カム 1 1 2 と高速用の第 2 カム 1 1 4 は軸方向に隣接して配設されている。すなわち、カムは複合カム 1 1 0 として配設されている。この場合、低速用の第 1 カム 1 1 2 および高速用の第 2 カム 1 1 4 とともに、角度に応じて前述のリフト高さ方向に変化するカム輪郭以外のベース円部はカム軸中心から一定の半径 r で形成されている。この両者のベース円部が重なった一定の角度範囲が共通ベース円部 C となっている。この共通ベース円部 C の範囲において、前述のタペットと第 1 カム 1 1 2 および第 2 カム 1 1 4 の間の相対的接触移動が行われる。

40

【0007】

低速用の第 1 カム 1 1 2 と高速用の第 2 カム 1 1 4 からなる複合カム 1 1 0 のカム研削は、カム研削装置において砥石 T （図 2 2 および図 2 3 参照）により通常行われる。この複合カム 1 1 0 の研削は、第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の一方のカムをプランジ研削した後、他方のカムをプランジ研削する。

【0008】

例えば、図 2 2 と図 2 3 の場合は、先に、低速用の第 1 カム 1 1 2 の研削が行われ、後で、高速用の第 2 カム 1 1 4 の研削が行われる場合である。この場合、第 1 カム 1 1 2 の

50

研削は、砥石 T により、予め設定された低速用の第 1 カム 1 1 2 のカムリフトデータに基づいて行われる。その後、砥石 T を高速用の第 2 カム 1 1 4 に対応する位置に移動させて、第 2 カム 1 1 4 を砥石 T により、予め設定された低速用の第 1 カム 1 1 2 のカムリフトデータに基づいて行う。この様にして複合カム 1 1 0 の研削はカム研削装置により行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】独国特許発明第 1 0 3 3 3 9 1 6 号明細書

【特許文献 2】特開平 4 - 1 3 5 6 0 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述した複合カム 1 1 0 のカム研削装置による砥石 T の研削においては、図 2 3 に示すように、第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の共通ベース円部の範囲における第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 との境界部に研削残しの研削残部 F が生じる問題がある。図 2 2 および図 2 3 に示す研削残部 F の図示は、理解を容易とするために誇張して図示されている。具体的には研削残部 F は数 μm (ミクロン) のオーダである。

【0011】

共通ベース円部 C の範囲における第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 との境界部に研削残部 F があると、前述したタペットが第 1 カム 1 1 2 および第 2 カム 1 1 4 との間を相対移動する際、この研削残部 F を乗り越えて行われることになる。このため、その作動がスムーズに行われなく、バルブの開弁制御に影響を及ぼすことになる。このため、砥石 T の成形頻度を早くする必要があった。

20

【0012】

上述した研削残部 F が生じる問題を具体的に説明する。通常、図 2 2 および図 2 3 に示すように砥石 T の軸方向幅は、低速用の第 1 カム 1 1 2 および高速用の第 2 カム 1 1 4 の軸方向幅より幅広とされている。砥石 T の研削面側の両端 T a , T b は、ワークであるカムの研削を行うことにより、いわゆる研磨ダレが生じる。すなわち、中央部に比べ両端 T a , T b の摩耗の進行が早くダレが生じる。

30

【0013】

このため、今、図 2 2 に示すように低速用の第 1 カム 1 1 2 をプランジ研削を行う場合、砥石 T はその右端 T a を第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の境界部に合わせて位置させる。このことから砥石 T の左端 T b は、第 1 カム 1 1 2 の左側よりはみ出した位置状態となる。これにより、砥石 T の左端 T b のダレは第 1 カム 1 1 2 の研削に影響を与えることはない。しかし、砥石 T の右端 T a のダレは第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の境界部における第 1 カム側への研削に影響を与え、研削残部 F を残す。図 2 2 において黒く塗り潰した箇所が研削残部 F である。なお、図 2 2 および図 2 3 において第 1 カム 1 1 2 および第 2 カム 1 1 4 の研削代を仮想線で示したが、これも理解を容易とするため誇張して図示されている。

40

【0014】

次に、第 1 カム 1 1 2 の研削を終えた後、図 2 3 に示すように、砥石 T を第 2 カム 1 1 4 の位置に相対的に移動させて、第 2 カム 1 1 4 を砥石 T によりプランジ研削する。このプランジ研削においては、砥石 T はその左端 T b を第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の境界部に合わせて位置させる。このことから砥石 T の右端 T a は、第 2 カム 1 1 4 の右側よりはみ出した位置状態となり、砥石 T の右側のダレは第 2 カム 1 1 4 の研削に影響を与えることはない。しかし、砥石 T の左端 T b のダレは第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の境界部における第 2 カム側への研削に影響を与え、研削残部 F を残す。この研削残部 F は、図 2 2 の第 1 カム 1 1 2 の研削残部 F と共に、図 2 3 において黒く塗り潰して示したが、第 1 カム 1 1 2 と第 2 カム 1 1 4 の境界部の位置に残る。

50

【 0 0 1 5 】

而して、本発明は上述した点に鑑みて創案されたものであって、本発明が解決しようとする課題は、カムリフト高さが異なる複合カムの第1カムと第2カムにおける共通ベース円部の境界部に生じる研削残部を、第1カムおよび第2カムの最後に研削を行った砥石をトラバース移動させることにより削除することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するため、本発明は次の手段をとる。

【 0 0 1 7 】

請求項1に係る発明のカム研削装置は、複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削するカム研削装置である。

10

【 0 0 1 8 】

そして、当該カム研削装置は、ベースとなる基台と、前記基台上に載置され、前記複合カムを前記軸中心回りに回転可能に支持するワーク回転装置を備えた主軸装置と、前記基台上に載置され、回転する砥石を備えた砥石装置と、前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向に往復移動可能なトラバース移動装置と、前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向と交差する方向に移動可能なプランジ移動装置と、前記ワーク回転装置、前記トラバース移動装置、および前記プランジ移動装置を制御する制御装置と、を備え、前記砥石の軸方向幅は前記第1カムおよび第2カムの軸方向幅より幅広とされており、かつ、共通ベース円部の軸方向幅より幅狭とされている。

20

【 0 0 1 9 】

そして、更に、前記制御装置は、前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定部と、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して、前記第1カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して、前記第1カムを研削する、第1カム研削部と、前記第1カム研削後、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して前記第2カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して前記第2カムを研削する、第2カム研削部と、前記第2カム研削後、前記トラバース移動装置を制御して、前記砥石を第2カムの研削後の位置からプランジ移動することなく両カムの境界に残存する研削残部を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記ワーク回転装置を制御して、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削部とを有する。

30

40

【 0 0 2 0 】

上述した請求項1に係る発明によれば、複合カムの第1カムと第2カムの砥石による研削を第1カム研削部および第2カム研削部により行くと、前述の「本発明が解決しようとする課題」で説明したように、両カムの共通ベース円部の境界部には、研削残部が残る。当該本発明は、この研削残部を次のようにして削除する。

【 0 0 2 1 】

まず、当該本発明は、問題となる研削残部が残る第1カムと第2カムの共通ベース円部

50

の角度範囲を、制御装置における共通ベース円部設定部により把握する。これは第1カムの第1リフトデータと、第2カムの第2リフトデータと、に基づいて求める。

【0022】

そして、第1カムと第2カムの研削を終了した後、砥石を該第2カム研削部で研削した第2カムの位置から、両カムの共通ベース円部の研削残部が残存する境界部の外周面の位置までトラバース移動させる。これにより、共通ベース円部の角度範囲をトラバース研削して境界部の研削残部を削除する。

【0023】

なお、当該請求項1に係る発明においては、第2カム研削部の第2カムの研削を終えた砥石を後退前進させることなく、そのままトラバース移動させるので、研削残部を確実に除去することができる。すなわち、第2カム研削部の第2カムの研削の研削終了後、砥石をいったん後退させて、境界部位置へトラバース移動させ、砥石を前進させてプランジ研削を行う場合には、砥石の前進位置に誤差を生じ、研削残部の削り残しが生じる可能性がある。

【0024】

次に、請求項2に係る発明のカム研削装置は、前述の請求項1に係る発明のカム研削装置であって、前記第1カム研削部における前記第1カムの研削は、粗研削、精研削からなっており、前記第2カム研削部における前記第2カムの研削は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部の前記トラバース研削は、前記第2カムの前記スパークアウト後に行う。

【0025】

上述した請求項2に係る発明によれば、スパークアウトの後に研削残部を除去するので、例えば、精研削の後、スパークアウトの後に研削残部を除去するに比べて、カム研削時間の短縮化を図ることができる。

【0026】

次に、請求項3に係る発明のカム研削装置は、複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削するカム研削装置であって、ベースとなる基台と、前記基台上に載置され、前記複合カムを前記軸中心回りに回転可能に支持するワーク回転装置を備えた主軸装置と、前記基台上に載置され、回転する砥石を備えた砥石装置と、前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向に往復移動可能なトラバース移動装置と、前記複合カムに対して前記砥石を相対的に前記軸方向と交差する方向に移動可能なプランジ移動装置と、前記ワーク回転装置、前記トラバース移動装置、および前記プランジ移動装置を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定部と、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して、前記第1カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して、前記第1カムを研削する、第1カム研削部と、前記第1カム研削後、前記プランジ移動装置と前記トラバース移動装置を制御して前記第2カムの外周面に対向する位置に前記砥石を移動させ、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置を制御して前記第2カムを研削する、第2カム研削部と、前記第2カム研削後、前記トラバース移動装置を制御して、前記砥石を第2カム

10

20

30

40

50

の位置から、両カムの境界を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記ワーク回転装置を制御して、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削部とを有し、前記第1カム研削部における前記第1カムの研削は、粗研削、精研削からなっており、前記第2カム研削部における前記第2カムの研削は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部の前記トラバース研削は、前記第2カムの前記スパークアウト後に行い、前記制御装置の共通ベース円部トラバース研削部は、前記トラバース移動させる範囲を、前記第2カムの位置から、両カムの境界部を超えて前記第1カムの位置までとし、前記制御装置は、前記共通ベース円部の前記トラバース研削後、前記ワーク回転装置と前記プランジ移動装置とを制御して、前記砥石により第1カムをスパークアウトする第1カムスパークアウト部を有する。

10

【0027】

上述した請求項3に係る発明によれば、前記共通ベース円部のトラバース研削後、砥石により第1カムのスパークアウトが行われるので、共通ベース円部のトラバース研削にできたツールマークを第1カムだけ除去できる。

【0028】

次に、請求項4に係る発明のカム研削装置は、前述の請求項1に係る発明のカム研削装置であって、前記共通ベース円部トラバース研削部における前記トラバース研削は、前記第1カムおよび前記第2カム間で前記軸方向に往復移動させるオシレーション研削である。

20

【0029】

上述した請求項4に係る発明によれば、共通ベース円部をオシレーション研削とすると、共通ベース円部に複数のツールマークがずらして形成され、ツールマークが目立ちにくくなる。

【0030】

なお、前述した各請求項に係る発明のカム研削装置によれば、当該装置により下記する請求項5から請求項8に係る発明のカム研削方法をとることができ、上述した本発明の課題を解決することができる。

【0031】

先ず、請求項5に係る発明のカム研削方法は、複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第1半径で形成される第1ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第1カム部と、を有する第1カムと、前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第1半径で形成される第2ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第2カム部と、を有する第2カムと、を有し、前記第1カムと前記第2カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第1カムリフトデータと第2カムリフトデータを有し、さらに、前記第1ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削する、カム研削方法である。

30

【0032】

そして、前記第1カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第1リフトデータと、前記第2カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第2リフトデータと、に基づいて、前記第1ベース円部の外周面と前記第2ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定工程と、前記第1カムを前記第1リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第1カム研削工程と、前記第1研削工程後、前記第2カムを前記第2リフトデータに基づいて砥石によりプランジ研削する、第2カム研削工程と、前記第2カム研削工程後、前記砥石を第2カムの研削後の位置からプランジ移動することなく、両カムの境界に残存する研削残部を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削工程とを有する。

40

50

【 0 0 3 4 】

次に、請求項 6 に係る発明のカム研削方法は、上述した請求項 5 に記載のカム研削方法であって、前記第 1 カム研削工程は、粗研削、精研削からなっており、前記第 2 カム研削工程は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記第 2 カム研削工程の前記スパークアウト後に行う、カム研削方法である。

【 0 0 3 5 】

次に、請求項 7 に係る発明のカム研削方法は、複合カムは、軸中心から外周面までのリフト高さが一定の第 1 半径で形成される第 1 ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第 1 カム部と、を有する第 1 カムと、前記軸中心から外周面までのリフト高さが一定の前記第 1 半径で形成される第 2 ベース円部と、前記軸中心から外周面までのリフト高さが変化する第 2 カム部と、を有する第 2 カムと、を有し、前記第 1 カムと前記第 2 カムは、同軸となるように軸方向に隣接して配設されており、かつ、互いに異なる第 1 カムリフトデータと第 2 カムリフトデータを有し、さらに、前記第 1 ベース円部の外周面の少なくとも一部と前記第 2 ベース円部の外周面の少なくとも一部とが同一面の共通ベース円部となっており、前記複合カムを研削する、カム研削方法であって、前記第 1 カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第 1 リフトデータと、前記第 2 カムにおける回転角度に対するリフト量が設定された前記第 2 リフトデータと、に基づいて、前記第 1 ベース円部の外周面と前記第 2 ベース円部の外周面の少なくとも一部が同一面となる共通ベース円部の角度範囲を求める、共通ベース円部設定工程と、前記第 1 カムを前記第 1 リフトデータに基づいて砥石によりブランジ研削する、第 1 カム研削工程と、前記第 1 研削工程後、前記第 2 カムを前記第 2 リフトデータに基づいて砥石によりブランジ研削する、第 2 カム研削工程と、前記第 2 カム研削工程後、前記砥石を第 2 カムの位置から、両カムの境界を超える位置までトラバース移動させるとともに、前記複合カムを前記砥石に対して前記共通ベース円部の角度範囲内で回転させ、前記共通ベース円部をトラバース研削する共通ベース円部トラバース研削工程とを有し、前記第 1 カム研削工程は、粗研削、精研削からなっており、前記第 2 カム研削工程は、粗研削、精研削、スパークアウトからなっており、前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記第 2 カム研削工程の前記スパークアウト後に行い、前記共通ベース円部トラバース研削工程は、前記砥石をトラバース移動させる範囲を、前記第 2 カムの位置から、両カムの境界部を超えて前記第 1 カムの位置までとし、前記共通ベース円部トラバース研削工程後、前記砥石により前記第 1 カムをスパークアウトする第 1 カムスパークアウト工程を有する、カム研削方法である。

【 0 0 3 6 】

次に、請求項 8 に係る発明のカム研削方法は、上述した請求項 5 に記載のカム研削方法であって、前記共通ベース円部トラバース研削工程における前記トラバース研削は、前記第 1 カムおよび前記第 2 カム間で前記軸方向に往復移動させるオシレーション研削である、カム研削方法である。

【発明の効果】

【 0 0 3 7 】

上述した装置の本発明によれば、カムリフト高さが異なる複合カムの第 1 カムと第 2 カムにおける共通ベース円部の境界部に生じる研削残部を、第 1 カムおよび第 2 カムの最後に研削を行った砥石をトラバース移動させることにより削除することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 8 】

【図 1】本実施形態が対象とする複合カムをカム軸線方向から見た概略図である。

【図 2】同複合カムを構成する第 1 カムと第 2 カムをカム軸線に直交する方向から見た側面図である。

【図3】複合カム14を選択的に制御するカム制御機構の一例を示す実施形態の斜視図である。

【図4】カム研削装置の平面図である。

【図5】カム研削装置の右側面図である。

【図6】制御装置の制御機能を示すブロック図である。

【図7】制御装置による第1実施形態の工程フローである。

【図8】制御装置による第2実施形態の工程フローである。

【図9】第1カム研削工程の詳細工程フローである。

【図10】第2カム研削工程の詳細工程フローである。

【図11】共通ベース円部オシレーション研削工程の詳細工程フローである。

【図12】共通ベース円部トラバース研削左進工程の詳細工程フローである。

【図13】第1カム空研削工程の詳細工程フローである。

【図14】共通ベース円部トラバース研削右進工程の詳細工程フローである。

【図15】第2カム空研削工程の詳細工程フローである。

【図16】第1カム研削の説明図である。

【図17】第2カム研削の説明図である。

【図18】共通ベース円部をトラバース研削する第1実施形態の説明図である。

【図19】共通ベース円部をトラバース研削する第2実施形態の説明図である。

【図20】第3実施形態において、第1カム、第2カムに対する砥石の軌跡のイメージを示す展開図である。

【図21】従来技術を説明するための複合カムをカム軸線方向から見た概略図である。

【図22】同複合カムを構成する第1カムと第2カムをカム軸線に直交する方向から見た側面図であり、第1カムを研削する状態図である。

【図23】同第2カムを研削する状態図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0040】

先ず、本実施形態が対象とする複合カム10について説明する。図1は複合カム10をカム軸線x方向から見た概略図である。図2は複合カム10を構成する第1カム12と第2カム14をカム軸線xに直交する方向から見た側面図で示し、それぞれ最大のリフト高さ位置で図示した側面図である。

【0041】

本実施形態の複合カム10は図2に示すように第1カム12と第2カム14とが軸方向に隣接して配設されて構成されている。本実施形態では、第1カム12は低速用のカム、第2カム14は高速用のカムとなっている。低速用の第1カム12の最大リフト高さは、高速用の第2カム14の最大リフト高さより低くなっている。なお、図2に示されるように、低速用の第1カム12と高速用の第2カム14の軸方向xの幅形成は同じとされている。すなわち、第1カム12の幅E1と第2カムの幅E2は同じとされている。

【0042】

図1に示されるように、低速用の第1カム12と高速用の第2カム14の位相角は異なっている。内燃機関の回転方向(図1の矢印方向)に対して、高速用の第2カム14は低速用の第1カム12より早い位相となっている。これにより、内燃機関のバルブの開弁作動は、第1カム12より第2カム14の方が早く行われる。なお、本実施形態では、高速用の第2カム14のリフト高さ方向のカム輪郭と、低速用の第1カム12のリフト高さ方向のカム輪郭とは、角度方向において相互にずれた位置にあり、カム軸線方向から見た場合、相互にはみ出した位置関係にある。なお、はみ出すことなく他方のカム輪郭が一方のカム輪郭内にある場合でも、最大カム高さ位置の位相が異なってもよい。

【0043】

図1に示すように、第1カム12と第2カム14のそれぞれのカム外形形状は、カム軸

10

20

30

40

50

心 x から一定の第1半径 r で形成される第1ベース円部と、この第1ベース円部以外のカム高さ変化輪郭部とからなっている。図1では第1カム12の第1ベース円部をC1で示し、カム高さ変化輪郭部をD1で示した。同様に第2カム14の第2ベース円部をC2で示し、カム高さ変化輪郭部をD2で示した。第1カム12と第2カム14はカム高さ位相角が異なっていることから、第1ベース円部C1と、第2ベース円部C2の範囲も異なっており、両カム12, 14の第1ベース円部C1と、第2ベース円部C2が重なり合う同一面部分が共通ベース円部Cとして図1に示されている。

【0044】

図3は上述した複合カム10を備えたカム軸18における第1カム12と第2カム14を選択的に制御するカム制御機構16の一例を示す実施形態である。カム軸18に第1カム12と第2カム14が配設されており、この第1カム12と第2カム14はそれぞれのバルブ(弁)20に対して配設され互いに一体化して、複合カム10を構成している。本実施形態の場合は、2組の複合カム10がそれぞれカム軸18に対して一体回転可能で、かつ軸方向に移動可能とされている。

【0045】

バルブ20はタペット22の揺動運動により上下動させられる。タペット22は第1カム12あるいは第2カム14との選択的接触により、当カム12, 14により揺動させられる。詳細には、接触はタペット22に備えられたタペットローラ23とカム12, 14の接触により行われる。このカム12, 14とタペット22との選択的接触は、電磁ソレノイド等のアクチュエータ24のピン26と、複合カム10の側部に一体的に配設された螺旋溝形成体28との係合により行われる。螺旋溝形成体28には、その外周面に軸方向の螺旋溝が形成されており、この螺旋溝に前述のピン26が係合して、カム軸18、複合カム10の回転により、2組の複合カム10が軸方向に移動する。左右に配設される螺旋溝形成体28の螺旋溝は同方向に形成されており、例えば、一方の螺旋溝形成体28の螺旋溝へのピン26の係合により右方向に移動する。また、他方の螺旋溝形成体28の螺旋溝へのピン26の係合により右方向に移動する。これによりタペット22に接触するカムの位置が切替えられる。なお、アクチュエータ24による切替え作動は、タペット22と第1カム12および第2カム14との接触状態が、共通ベース円部Cのときに行われるようになっている。

【0046】

次に、カム研削装置30を図4および図5により説明する。図4は平面図、図5は右側面図を示す。なお、図5は図4における心押し装置58の図示は省略されている。これらの図に記入されているX軸、Y軸、Z軸は互いに直交した状態を示している。Y軸方向は鉛直上向き方向を示している。X軸方向とZ軸方向は互いに直交する水平方向を示している。

【0047】

本実施形態のカム研削装置30は、上述した複合カム10を備えたワークWとしてのカム軸18を、回転支持して、円筒状の砥石Tにより研削するものである。カム研削装置30は、図4に示すように、キーボード等の入力装置32、モニタ等の表示装置34、テープリーダ等のデータ読込装置36、自動プログラミング装置38、数値制御装置40、ドライブユニット42, 44, 46, 48、砥石装置50、ワーク支持装置52にて構成されている。

【0048】

データ読込装置36は、入力装置32及び表示装置34を用いた作業からの操作に従って、各種のデータを読み込む。この場合、研削対象の複合カム10の形状を特定するためのカムリフトデータと、砥石Tの径とを読み込む。本実施形態では、図1に示す位相とカムリフト高さが異なる2つのカムリフトデータが読み込まれる。すなわち、第1カム12の第1カムリフトデータと、第2カム14の第2カムリフトデータと、第1カム12の基準位相からの最大リフト時の位相までの角度と、第2カム14の基準位相からの最大リフト時の位相までの角度とが読み込まれている。第1カム12の基準位相と第2カム14

10

20

30

40

50

の基準位相は同じ位相である。

【 0 0 4 9 】

入力装置 3 2 には、表示装置 3 4 を見ながら作業者によって、詳細には、次のようなデータが入力される。すなわち、(a) 第 1 カム 1 2 の幅 E 1 , (b) 第 2 カム 1 4 の幅 E 2、(c) 砥石 T の幅 G、径 H、(d) 空研削時における砥石 T の回転数 m 1、主軸 7 4 の回転数 n 1、砥石 T の切込み量 J、(e) 粗研削時における砥石 T の回転数 m 2、主軸 7 4 の回転数 n 2、砥石 T の切込み量 K、(f) 精研削時における砥石 T の回転数 m 3、主軸 7 4 の回転数 n 3、砥石 T の切込み量 M、(g) スパークアウト時における砥石 T の回転数 m 4、主軸 7 4 の回転数 n 4、主軸 7 4 の回転量、(h) 研削残部削除時における砥石 T の回転数 m 5、主軸 7 4 の回転数 n 5、主軸 7 4 の回転量、が入力される。なお、

10

【 0 0 5 0 】

カム研削装置 3 0 には、各種装置を載置するベースとなる基台 5 4 を備える。この基台 5 4 上には、ワークテーブル駆動装置 6 6 によって Z 軸方向に往復移動可能なワークテーブル 6 5 と、砥石台駆動装置 6 8 にとって X 軸方向に往復移動可能な砥石台 7 0 が載置されている。この本実施形態におけるワークテーブル駆動装置 6 6 が本発明のトラバース移動装置に相当し、砥石台駆動装置 6 8 がプランジ移動装置に相当する。

【 0 0 5 1 】

20

ワークテーブル 6 5 の上には、Z 軸と平行であり、センタ 7 2 の中心を通る主軸回転軸線回りに回転する主軸 7 4 を備えた主軸装置 5 6 と、主軸回転軸線上に設けられたセンタ 7 3 を備えた心押し装置 5 8 とが載置されている。なお、主軸 7 4 は主軸駆動装置 7 6 によって回転可能となっている。この主軸駆動装置 7 6 が本発明のワーク回転装置に相当する。また、複合カム 1 0 を有するワーク W としてのカム軸 1 8 は、センタ 7 2 とセンタ 7 3 とで挟持される。なお、主軸 7 4 にはワーク W としてのカム軸 1 8 の回転位相と主軸 7 4 の回転位相を一致させるための位置決めピン 7 8 が設けられており、ワーク W としてのカム軸 1 8 には前記位置決めピン 7 8 が嵌合する嵌合部 (図示省略) が形成されている。これにより、前記位置決めピン 7 8 と前記嵌合部とが嵌合するようにカム軸 1 8 が位置決めされて挟持される。

30

【 0 0 5 2 】

砥石台 7 0 の上には、モータ等の砥石駆動装置 8 0 によって回転する砥石 T が載置されている。本実施形態では、これらによって本発明の砥石装置 5 0 が構成されている。

【 0 0 5 3 】

数値制御装置 4 0 は、ドライブユニット 4 2 , 4 4 , 4 6 , 4 8 に制御信号を出し、各種の駆動装置 6 8 , 7 6 , 6 6 , 8 0 を駆動制御することにより各種装置を制御する。本実施形態の場合、数値制御装置 4 0 は、ドライブユニット 4 2 に制御信号を出し、砥石台駆動装置 6 8 を駆動制御することにより砥石台 7 0 の X 軸方向の位置である砥石 T の進退位置を制御する。また、数値制御装置 4 0 は、ドライブユニット 4 4 に制御信号を出し、主軸駆動装置 7 6 を駆動制御することにより主軸 7 4 の主軸回転角度を制御する。また、

40

【 0 0 5 4 】

なお、ドライブユニット 4 4 は主軸駆動装置 7 6 のエンコーダ 7 6 E の検出信号から主軸 7 4 の実際の主軸回転角度を取り込んでフィードバック制御する。また、ドライブユニット 4 2 は砥石台駆動装置 6 8 のエンコーダ 6 8 E の検出信号から砥石台 7 0 の実際の X 軸方向の位置を取り込んでフィードバック制御する。また、ドライブユニット 4 6 はワークテーブル駆動装置 6 6 のエンコーダ 6 6 E の検出信号からワークテーブル 6 5 の実際の

50

Z軸方向の位置を取り込んでフィードバック制御する。

【0055】

具体的には、ワークテーブル65の移動量は、エンコーダ66Eとドライブユニット46によって検出される。また、砥石台70のワークテーブル65側の移動量は、エンコーダ68Eとドライブユニット42によって検出され、指令信号である制御信号の移動量と、エンコーダとドライブユニットによる実際の移動量が一致すると、完了信号が数値制御装置へ送信される。

【0056】

また、図5に示すように、複合カム10を有するカム軸18自体の軸中心であるワーク回転軸線PWが主軸74の回転軸である主軸回転軸線と一致するように、ワークWとしてのカム軸18はセンタ72とセンタ73との間に挟持されている。

10

【0057】

また、本実施形態にて説明するカム研削装置30は、主軸回転軸線（図5の例ではワーク回転軸線PWと一致）と砥石Tの回転軸である砥石回転軸線PTは同一の水平面STM上にある。

【0058】

次に、制御装置64の制御内容について説明する。制御装置64は図4に示す仮想線で囲む範囲内の構成要素により構成される。制御装置64は第1カム12および第2カム14の研削を行う各駆動装置を制御する。すなわち、ワーク回転装置としての主軸駆動装置76、トラバース移動装置としてのワークテーブル駆動装置66、およびプランジ移動装置としての砥石台駆動装置68を制御する。

20

【0059】

制御装置64には、図6に示すように、上記各駆動装置を制御するための各制御機能部を備える。すなわち、共通ベース円部設定部82、第1カム研削部84、第2カム研削部86、共通ベース円部トラバース研削部88、第1カムスパークアウト部90を備える。

【0060】

共通ベース円部設定部82は、第1カム12と第2カム14の共通ベース円部Cを、後述の制御工程フローにおける共通ベース円設定工程のプログラムにより設定する機能部である。

【0061】

第1カム研削部84は、第1カム12の研削を後述の第1カム研削工程のプログラムにより行う機能部である。第2カム研削部86は、第2カム14の研削を、後述の第2カム研削工程のプログラムにより行う機能部である。

30

【0062】

共通ベース円部トラバース研削部88は、第1カム研削工程および第2カム研削工程で生じた研削残部の削除を、後述の共通ベース円部トラバース研削工程のプログラムにより行う機能部である。

【0063】

第1カムスパークアウト部90は、後述の第2実施形態における共通ベース円部トラバース研削工程の後行う第1カムのスパークアウトを、後述の第1カムスパークアウト研削工程のプログラムにより行う機能部である。

40

【0064】

上記各機能部を用いて上記各駆動装置を作動制御する制御工程フローは、本実施形態は、図7に示す第1実施形態の制御工程フローと、図8に示す第2実施形態の制御工程フローがある。以下、各実施形態について説明する。

【0065】

まず、図7に示す第1実施形態について説明する。図7の制御工程フローに示すように、まず、ステップS10において、前述もしたように図1に示す第1カム12および第2カム14の外形輪郭を表す第1カムリフトデータおよび第2カムリフトデータが読み込まれる。

50

【 0 0 6 6 】

次に、ステップ S 1 1 の共通ベース円部設定工程で、第 1 カム 1 2 と第 2 カム 1 4 との共通ベース円部 C を求める。これは図 1 に示す第 1 カム 1 2 における回転角度に対するリフト量が設定された第 1 カムリフトデータと、第 2 カム 1 4 における回転角度に対するリフト量が設定された第 2 カムリフトデータとから求められる。図 1 に示す第 1 カムの第 1 ベース円部 C 1 の外周面と、第 2 カム 1 4 の第 2 ベース円部 C 2 の外周面において、半径 r の共通面となる角度範囲を共通ベース円部 C として求める。なお、このステップ S 1 1 の共通ベース円部設定工程は後述する第 2 カム研削工程の終了するまでに行えばよい。

【 0 0 6 7 】

次に、ステップ S 1 2 の第 1 カム研削工程で、第 1 カム 1 2 の研削を行う。図 1 6 は第 1 カム研削工程の研削状態の概略図を示す。砥石 T は、ワークテーブル駆動装置 6 6 と砥石台駆動装置 6 8 が制御装置 6 4 の制御により、第 1 カム 1 2 の外周面に対向する位置に移動させられる。そして、主軸駆動装置 7 6 と砥石台駆動装置 6 8 を制御装置 6 4 により制御して第 1 カム 1 2 をプランジ研削する。

【 0 0 6 8 】

図 9 は第 1 カム研削工程 S 1 2 の詳細工程フローを示す。図 9 に示されるように、第 1 カム 1 2 の研削は、位置決め S 3 1、空研削 S 3 2、粗研削 S 3 3、精研削 S 3 4、スパークアウト S 3 5、砥石台後退 S 3 6 の順に行われる。位置決め S 3 1 は、図 1 6 のトラバース方向（図 1 6 で見て左右方向）において、第 1 カム 1 2 の右端が砥石 T の右端と対応する位置となるようにワークテーブル 6 5 を右進させる。そして、プランジ方向（図 1 6 で見て上下方向）において、複合カム 1 0 の軸線 x から半径 r + 空研削の切込み量 J + 粗研削の切込み量 K + 精研削の切込み量 M だけ砥石台 7 0 側へ離れた位置へ砥石 T が位置するよう砥石台 7 0 を前進させる。

【 0 0 6 9 】

上記の位置決め S 3 1 によって、図 1 6 に示すトラバース方向（左右方向）において、第 1 カム 1 2 の右端に砥石 T の右端が位置決めされる。また、プランジ方向（上下方向）において、第 1 カム 1 2 に対して砥石 T が空研削の切込み量 J だけ離れた位置に位置決めされる。空研削によって、砥石 T は空研削の切込み量 J だけプランジ方向に移動し、砥石 T は第 1 カム 1 2 の外周面と接触状態となる。この状態から、粗研削によって、砥石 T は粗研削の切込み量 K だけプランジ方向に前進し、粗研削を行う。更に、精研削によって、砥石 T は精研削の切込み量 M だけプランジ方向に前進し、精研削を行う。その後、主軸 7 4 が所定の回転量に達するまでスパークアウトを行う。以上の研削が終わったら、次の第 2 カム研削工程 S 1 4 のため、プランジ方向において、切込み量 J + 切込み量 K + 切込み量 M で算出された値だけ砥石台 7 0 を後退させる。

【 0 0 7 0 】

図 7 に戻り、上記の第 1 カム研削工程 S 1 2 の終了後、ステップ S 1 3 のトラバース移動が行われる。トラバース移動は、砥石 T を図 1 6 の位置から図 1 7 に示す位置への移動である。これは、トラバース方向において、砥石 T の幅 G だけワークテーブル 6 5 を右進させる移動である。

【 0 0 7 1 】

その後、ステップ S 1 4 の第 2 カム研削工程が行われる。第 2 カム研削工程 S 1 4 は第 2 カム 1 4 の研削を行う。図 1 7 は第 2 カム研削工程 S 1 4 の研削状態を示す。砥石 T は、ワークテーブル駆動装置 6 6 と砥石台駆動装置 6 8 が制御装置 6 4 の制御により、図 1 7 に示す矢印の経路により、第 2 カム 1 4 の外周面に対向する位置に移動させられる。そして、主軸駆動装置 7 6 と砥石台駆動装置 6 8 を制御装置 6 4 により制御して第 2 カム 1 4 をプランジ研削する。

【 0 0 7 2 】

図 1 0 は第 2 カム研削工程 S 1 4 の詳細工程フローを示す。図 1 0 に示されるように、第 2 カム 1 4 の研削は、位置決め S 4 1、空研削 S 4 2、粗研削 S 4 3、精研削 S 4 4、スパークアウト S 4 5 の順に行われる。位置決め S 4 1 は、前記のトラバース移動 S 1 3

10

20

30

40

50

により当該第2カム研削工程S14の砥石Tの位置決めが行われる。この位置決めによって、トラバース方向において、第2カム14の左端に砥石Tの左端が位置する。また、プランジ方向において、第2カム14に対して砥石Tが空研削の切込み量Jだけ離れた位置にある。空研削S42によって、砥石Tは空研削の切込み量Jだけプランジ方向に前進させる。粗研削S43によって、砥石Tは粗研削の切込み量Kだけプランジ方向に前進させる。精研削S44によって、砥石Tは精研削の切込み量Mだけプランジ方向に前進させる。その後、スパークアウトS45によって、主軸74が所定の回転量に達するまでスパークアウトを行う。

【0073】

なお、上記における第1カム研削工程S12及び第2カム研削工程S14における空研削時の切込み量Jは、次のとおりである。当該第空研削時の切込み量Jは、第1カム12又は第2カム14の最大リフト量より大きく、空研削前の砥石台70の位置で、ワークテーブル65をトラバースさせても、砥石Tと第1カム12、第2カム14が干渉しない量である。すなわち、最大リフト量＝リフトデータの最大値 リフトデータの最小値、である。また、リフトデータの最小値は、第1ベース円部C1、第2ベース円部C2の半径である。

【0074】

また、第1カム研削工程S12及び第2カム研削工程14における空研削、粗研削、精研削、スパークアウト時は、主軸74の回転角に連動して第1カムリフトデータあるいは第2カムリフトデータに基づき砥石台70を前進後退させる。この前進後退は、切込み量

【0075】

なお、上述の第1カム研削工程12及び第2カム研削工程14のカム研削は、粗研削、精研削、スパークアウトの順で、3段階で行われる。これにより研削時間の短縮化を図ることができる。すなわち、精研削のみで行うこともできるが、研削時間がかかる。なお、スパークアウトはプランジ研削のような研削送りを有しない研削である。このスパークアウトを行う理由は、精研削において研削されたワークWには、その加工時に撓み変形が生じていることから、そのたわみ変形分を研削送りのない状態で研削を行い、たわみ変形を取り除き、研削精度を向上させるものである。

【0076】

上述の第1カム研削工程S12および第2カム研削工程S14における砥石Tによる第1カム12および第2カム14のプランジ研削においては、「発明が解決しようとする課題」で説明したように第1カム12と第2カム14の境界部に研削残部Fが残る。その研削残部Fを黒く塗り潰して示した。なお、研削残部Fおよび第1カム12、第2カム14の仮想線で示す研削代は理解を容易とするため誇張して図示されている。

【0077】

次に、上記の第2カム研削工程S14後、図7に示す共通ベース円部トラバース研削工程S15で、第1カム12と第2カム14の境界部に残った上記の研削残部Fの研削を行い、削除する。

【0078】

図18は共通ベース円部トラバース研削工程S15の研削状態の概略図を示す。当該共通ベース円部トラバース研削工程S15では、ワークテーブル65を砥石Tの右端が第2カム14の右端と対応する位置まで、トラバース方向に左進させる。この左進させた位置は、第1カム12と第2カム14の境界部に残った研削残部Fを超えた位置となっている。なお、この左進動作は、ワークテーブル駆動装置66を制御装置64により制御して、砥石Tを図19に矢印で示すようにトラバース移動させることにより行われる。

【0079】

共通ベース円部トラバース研削工程S15において、共通ベース円部Cの角度が、180度以下であるので、主軸74の当該工程S15における回転数n5は、精研削時の回転数n3に比べて小さく、トラバース速度は、第1カム研削工程後第2カム研削工程前に行

10

20

30

40

50

われるトラバース速度よりも大きい。

【 0 0 8 0 】

上記のトラバース移動は、砥石 T の左端 T b が両カム 1 2 , 1 4 の境界部に残存する研削残部 F の位置を越えた位置まで行われ、これと同時に主軸駆動装置 7 6 を制御して共通ベース円部 C の角度範囲で両カム 1 2 , 1 4 を回転させ、境界部の研削残部 F を削除すると共に、共通ベース円部 C のスパークアウトを行う。これにより研削残部 F が削除される。

【 0 0 8 1 】

なお、上記の砥石 T のトラバース移動においては、図 1 に示す、共通ベース円部 C の反時計廻り端部 C A に砥石 T が位置した状態で、第 1 カム 1 2、第 2 カム 1 4 を反時計廻りに回転させると共に、砥石 T に対して第 1 カム 1 2、第 2 カム 1 4 をトラバース方向に右進させる。共通ベース円部 C の反時計廻り端部 C B に砥石 T が位置し、幅 G - 幅 F の値だけトラバースした状態で、砥石台 7 0 を高速で後退させ、砥石 T によって第 1 カム 1 2 のカム高さ変化輪郭部 D 1 が研削されるのを防止する。

【 0 0 8 2 】

なお、図 1 8 の砥石 T のトラバース移動において、砥石 T を研削残部を越える位置までトラバース移動させた際に、砥石 T の右端が第 2 カム 1 4 の右端の位置を越えない位置とされる位置関係とされるのが良い。これにより第 2 カム研削工程により研削した第 2 カム 1 4 の研削面に影響を及ぼすことがない。

【 0 0 8 3 】

次に、図 8 に示す第 2 実施形態の制御工程フローについて説明する。当該第 2 実施形態の制御工程フローにおいて、前述した図 7 に示す第 1 実施形態の制御工程フローと同じ工程については、同じ符号を付すことにより、詳細説明は省略する。すなわち。ステップ S 1 0 の第 1 カムおよび第 2 カムのカムリフトデータの入力、ステップ S 1 1 の共通ベース円部設定工程、ステップ S 1 2 の第 1 カム研削工程、ステップ S 1 3 のトラバース移動、ステップ S 1 4 の第 2 カム研削工程は、第 1 実施形態の制御工程フローと同じである。

【 0 0 8 4 】

図 8 に示す第 2 実施形態のステップ S 2 5 の共通ベース円部トラバース研削工程は、前述の第 1 実施形態の共通ベース円部トラバース研削工程 S 1 5 と同様に、第 1 カム 1 2 と第 2 カム 1 4 の境界部に残った研削残部 F の研削を行い、削除するものである。しかし、削除するためのトラバース移動範囲が異なっている。

【 0 0 8 5 】

図 1 9 は共通ベース円部トラバース研削工程 S 2 5 の研削状態の概略図を示す。砥石 T は、先ず、第 1 実施形態の場合と同様に、第 2 カム 1 4 との接触位置状態を主軸駆動装置 7 6 を制御装置 6 4 の制御により、第 2 カム 1 4 の共通ベース円部 C の位置状態とする。この位置状態においてワークテーブル駆動装置 6 6 を制御装置 6 4 により制御して、砥石 T を図 1 9 に矢印で示すようにトラバース移動させる。

【 0 0 8 6 】

そして、上記のトラバース移動は、この第 2 実施形態においては、砥石 T の左端が両カム 1 2 , 1 4 の境界部に残存する研削残部 F の位置を越えて、砥石 T の右端 T a が第 1 カム 1 2 の左端に対応する位置までトラバース移動させる。このトラバース移動において、主軸駆動装置 7 6 と砥石台駆動装置 6 8 を制御して共通ベース円部設定工程 S 1 1 により求めた共通ベース円部 C の角度範囲で両カム 1 2 , 1 4 を回転させ、境界部の研削残部 F を削除すると共に、共通ベース円部 C のスパークアウトを行う。これにより研削残部 F が削除される。この共通ベース円部 C の範囲における研削残部 F を、砥石 T のトラバース移動により削除し、スパークアウトするのを、トラバース研削と称する。

【 0 0 8 7 】

第 2 実施形態では、上記の共通ベース円部トラバース研削工程 S 2 5 によりトラバース研削を行った後、ステップ S 2 6 の第 1 カムスパークアウト研削工程が行われる。

【 0 0 8 8 】

10

20

30

40

50

第1カムスパークアウト研削工程S26は、共通ベース円部Cの反時計廻り端部CBに砥石Tが位置し、砥石Tの幅Gだけトラバースした状態で、主軸74の回転角に連動して第1カム12のリフトデータにもとづき砥石台70を前進後退させ、第1カム12のスパークアウトを行う。第1カム12のスパークアウトによって、共通ベース円部トラバース研削工程S25で共通ベース円部Cにできたツールマークから、第1カム12に対応する部分だけが消える。

【0089】

スパークアウトの後は、砥石台70を高速で後退させ、砥石Tによって第1カム12のカム高さ変化輪郭部D1が研削されるのを防止する。第1実施形態の共通ベース円部Cのトラバース量は少ないのに対し、第2実施形態の共通ベース円部Cでのトラバース量は大きいので、トラバース速度を上げるのに限界がある場合は、主軸74の回転数を第1実施形態時に比べて落とす。

10

【0090】

続いて、図11に示す第3実施形態について説明する。第3実施形態は、第1実施形態と同様に図7の制御工程フローにおけるステップS10～S14が実施されるが、共通ベース円部トラバース研削工程S13に代えて、図11の共通ベース円部オシレーション研削工程S50が実施される。第2実施形態の共通ベース円部トラバース研削工程S25は、共通ベース円部Cに対し1回の左進のトラバース研削しか行わないのに対し、第3実施形態の共通ベース円部オシレーション研削工程S50は、共通ベース円部Cに対し複数回の往復トラバース研削を行う。

20

【0091】

図11にもとづいて第3実施形態である共通ベース円部オシレーション研削工程S50について説明する。共通ベース円部オシレーション研削工程S50は、共通ベース円部トラバース研削左進工程S51と、第1カム空研削工程S60と、共通ベース円部トラバース研削右進工程S70と、第2カム空研削工程S80と、 $n = n + 1$ のカウントアップ工程S52と、 $n = a$ のカウント数判定工程S53と、 $n = 0$ のカウントリセット工程S54との順に行われる。カウント数判定工程S53で、 $n = a$ に達していないと判断した場合には、S51からS53のステップを再度実行する。カウント数判定工程S53で、 $n = a$ に達していると判断した場合には、共通ベース円部オシレーション研削工程S50を終了する。

30

【0092】

図12にもとづいて共通ベース円部トラバース研削左進工程S51について説明する。共通ベース円部トラバース研削左進工程S51は、砥石Tに共通ベース円部Cの位相CAが対応し、砥石Tの左端が第2カム14の左端と対応する工程S55と、第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させると共に、砥石Tに対して第1カム12、第2カム14を左進させ、トラバース研削する左進トラバース工程S56と、砥石Tに共通ベース円部Cの位相CBが対応し、砥石Tの右端が第1カム12の右端と対応する工程S57との順に行われる。

【0093】

図13にもとづいて第1カム空研削工程S60について説明する。第1カム空研削工程S60は、砥石台70を切込み量をJだけ後退させるとともに、第1カムリフトデータにもとづいて第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させながら、砥石台70を前進後退させる後退空研削工程S61と、砥石台70を切込み量をJだけ前進させるとともに、第1カムリフトデータにもとづいて第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させながら、砥石台70を前進後退させる前進空研削工程S62との順に行われる。

40

【0094】

図14にもとづいて共通ベース円部トラバース研削右進工程S70について説明する。共通ベース円部トラバース研削右進工程S70は、砥石Tに共通ベース円部Cの位相CAが対応し、砥石Tの右端が第2カム14の右端と対応する工程S71と、第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させると共に、砥石Tに対して第1カム12、第2カム

50

14を右進させ、トラバース研削する右進トラバース工程S72と、砥石Tに共通ベース円部Cの位相CBが対応し、砥石Tの左端が第2カム14の左端と対応する工程S73との順に行われる。

【0095】

図15にもとづいて第2カム空研削工程S80について説明する。第2カム空研削工程S80は、砥石台70を切込み量Jだけ後退させるとともに、第2カムリフトデータにもとづいて第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させながら、砥石台70を前進後退させる後退空研削工程S81と、砥石台70を切込み量Jだけ前進させるとともに、第2カムリフトデータにもとづいて第1カム12、第2カム14を反時計廻りに回転させながら、砥石台70を前進後退させる前進空研削工程S82との順に行われる。

10

【0096】

図20にもとづいて第3実施形態の第1カム12、第2カム14に対する砥石Tの軌跡を説明する。図20は、第1カム12、第2カム14の外周を平面状に展開した図である。

【0097】

左進トラバース工程S56では砥石Tは軌跡T2上を移動し、後進空研削工程S61および前進空研削工程S62では砥石Tは軌跡T3上を移動し、右進トラバース工程S72では砥石Tは軌跡T4上を移動し、後退空研削工程S81および前進空研削工程S82では砥石Tは軌跡T1上を移動する。

【0098】

上述した本実施形態によれば、第1カム研削工程S12および第2カム研削工程S14において生じる第1カム12と第2カム14との境界部の研削残部Fは、共通ベース円部トラバース研削工程S15、S25により削除される。このためタペット22が第1カム12および第2カム14との間を相対移動する際、従来のように研削残部Fを乗り越えて行われることがなく、その作動がスムーズに行われる。このため、砥石の取替え頻度を早くして、砥石の研磨を早期に行う必要もない。

20

【0099】

また、上述した本実施形態によれば、第2カム研削工程S14後に行う共通ベース円部トラバース研削工程S15、S25は、その第1実施形態および第2実施形態のいずれの場合も、第2カム研削工程S14により研削した第2カム14からプランジ移動しないで研削残部位置方向にトラバース移動して行う方法としている。このため研削残部の削除面の状態を精度良く上げることができる。すなわち、第2カム研削工程S14後、プランジ後退、トラバース移動、プランジ前進して、研削残部位置に移動させる場合には、プランジ方向に数 μm の位置誤差を生じ、研削残部の削り残しが生じることがある。

30

【0100】

また、第1実施形態は、共通ベース円部トラバース研削工程S15におけるトラバース量が研削残部Fの幅分と小さいので加工時間が短い。反面、主軸74を回転させながらトラバースさせるので、共通ベース円部Cに螺旋状のツールマークができる。しかし、このツールマークの凹み量は数 μ と小さいので、研削残部Fの数 μ に比べてタペットに与える影響は小さい。

40

【0101】

これに対して、第2実施形態は、共通ベース円部トラバース研削工程S25におけるトラバース量が砥石Tの幅Gと大きいので加工時間が長い。反面、共通ベース円部Cのスパークアウトの後、第1カム12をスパークアウトするので、共通ベース円部Cに出来たツールマークの内、第1カム12上のツールマークが削除されるメリットがある。

【0102】

これに対して、第3実施形態は、共通ベース円部Cのトラバース研削を繰り返し行うので加工時間が長い。反面、共通ベース円部Cに複数のツールマークがずらして形成され、ツールマークが目立ちにくくなる。

【0103】

50

上記した第1実施形態、第2実施形態、第3実施形態は、第2カムのスパークアウト後のみ共通ベース円部Cのトラバース研削、オシレーション研削を行っているので、粗研削、精研削後も共通ベース円部Cのトラバース研削、オシレーション研削を行うものと比較して加工時間を短縮できる。

【0104】

以上、本発明を特定の実施形態について説明したが、本発明はその他各種の形態でも実施可能なものである。

【0105】

例えば、上述した実施形態では、第1カムと第2カムの軸方向幅は同じであるが、異なってもよい。その場合には、砥石Tによりブランジ研削時の面圧が異なるため、留意する必要がある。

10

【0106】

例えば、第2実施形態として第1研削工程で第1カム12のスパークアウトを行い、共通ベース円部トラバース研削工程S25の後、第1カム12のスパークアウトを行う例について述べた。この場合、他の実施形態として、第1カム研削工程S12で第1カム12のスパークアウトを行わず、共通ベース円部トラバース研削工程S25の後、第1カム12のスパークアウトを行うものであっても良い。この場合、全体の加工時間を短くできるメリットがある。

【0107】

また、上述した実施例では、第1カム12を低速用カム、第2カム14を高速用のカムとして説明したが、逆であっても良い。

20

【符号の説明】

【0108】

- 10 複合カム
- 12 第1カム（低速用のカム）
- 14 第2カム（高速用のカム）
- 16 カム制御機構
- 18 カム軸
- 20 バルブ（弁）
- 22 タペット
- 23 タペットローラ
- 24 アクチュエータ（電磁ソレノイド）
- 26 ピン
- 28 螺旋溝形成体
- 30 カム研削装置
- 32 入力装置
- 34 表示装置
- 36 データ読込装置
- 38 自動プログラミング装置
- 40 数値制御装置
- 42、44、46、48 ドライブユニット
- 50 砥石装置
- 52 ワーク支持装置
- 54 基台（ベース）
- 56 主軸装置
- 58 心押し装置
- 64 制御装置
- 65 ワークテーブル
- 66 ワークテーブル駆動装置（トラバース移動装置）
- 66E エンコーダ

30

40

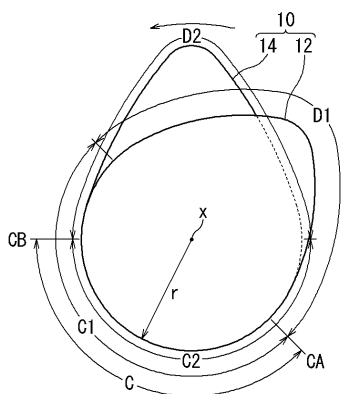
50

- 6 8 砥石台駆動装置 (プランジ移動装置)
- 6 8 E エンコーダ
- 7 0 砥石台
- 7 2、7 3 センタ
- 7 4 主軸
- 7 6 主軸駆動装置
- 7 6 E エンコーダ
- 7 8 位置決めピン
- 8 0 砥石駆動装置 (モータ)
- 8 2 共通ベース円部設定部
- 8 4 第 1 カム研削部
- 8 6 第 2 カム研削部
- 8 8 共通ベース円部トラバース研削部
- 9 0 第 1 カムスパークアウト部
- T 砥石
- F 研削残部
- C 共通ベース円部
- C 1 第 1 ベース円部
- C 2 第 2 ベース円部
- E 1 第 1 カムの幅
- E 2 第 2 カムの幅
- G 砥石の幅
- H 砥石の径

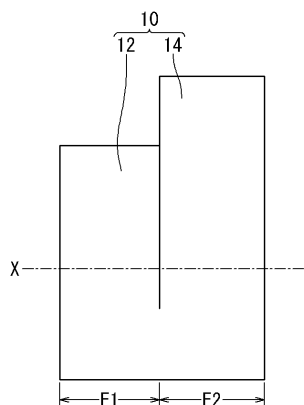
10

20

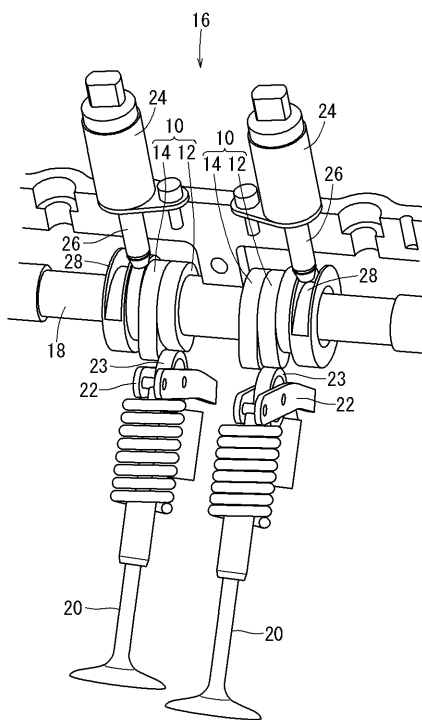
【 図 1 】



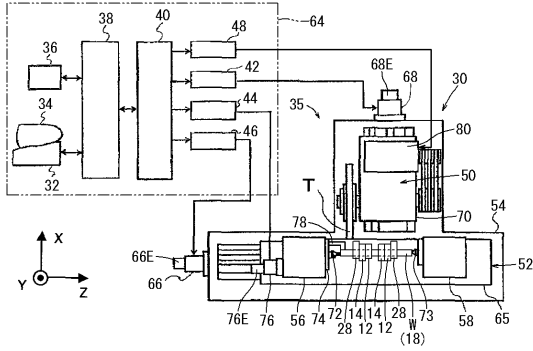
【 図 2 】



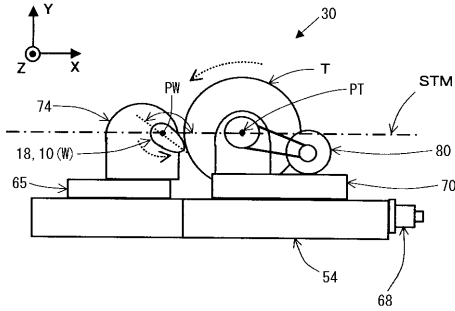
【 図 3 】



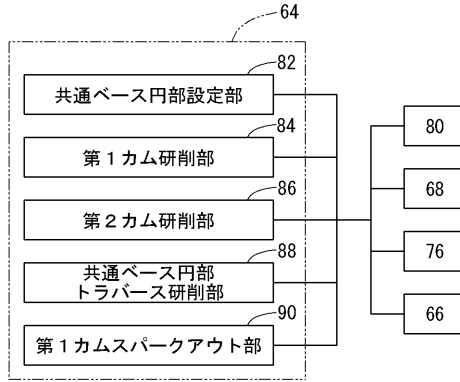
【図4】



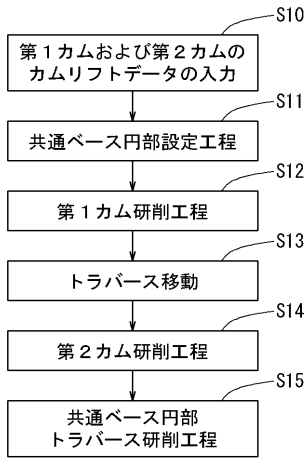
【図5】



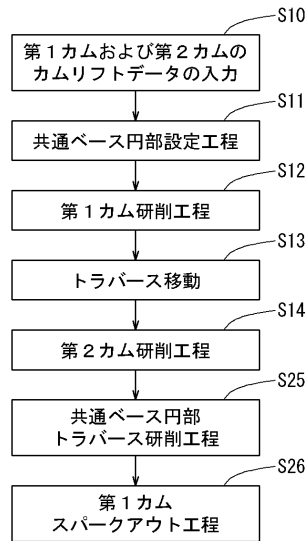
【図6】



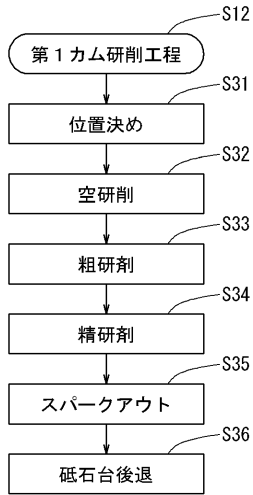
【図7】



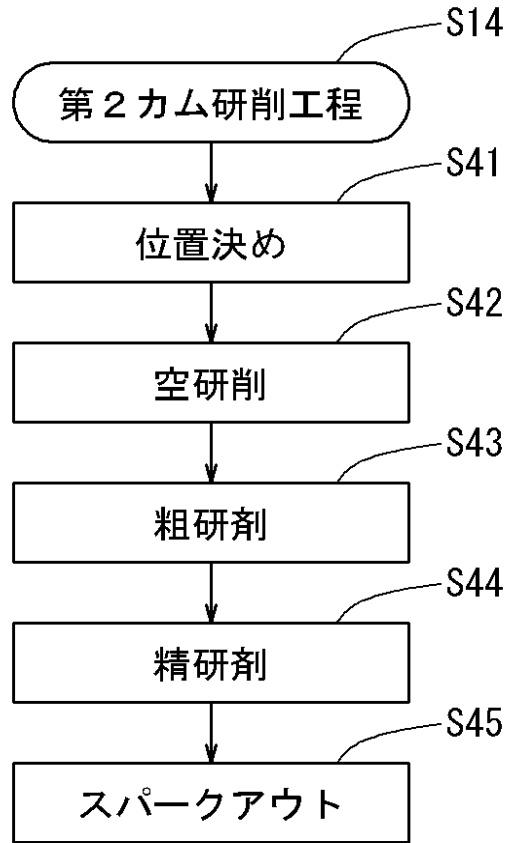
【図8】



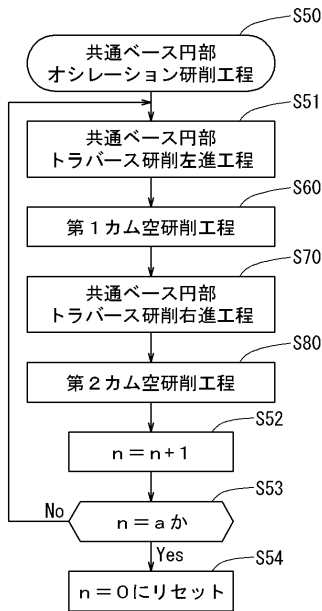
【図 9】



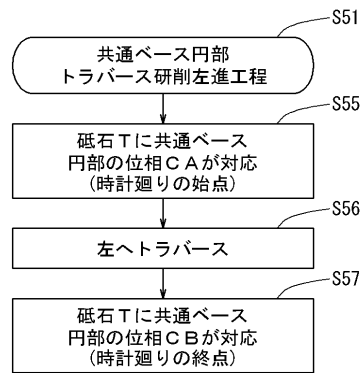
【図 10】



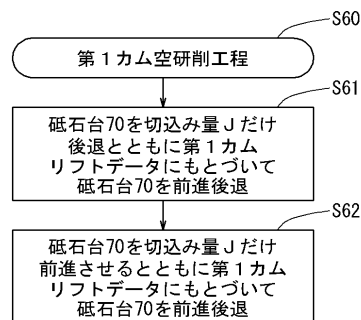
【図 11】



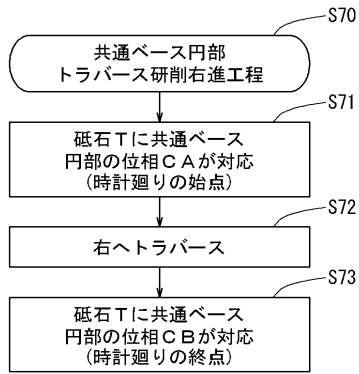
【図 12】



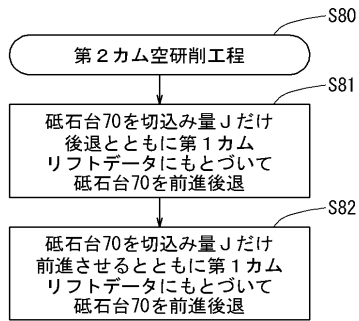
【図 13】



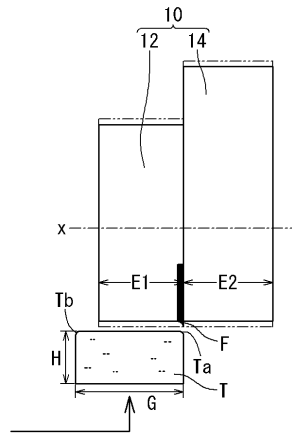
【図14】



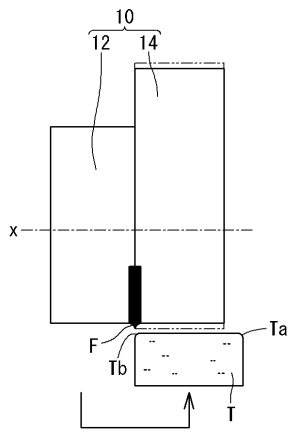
【図15】



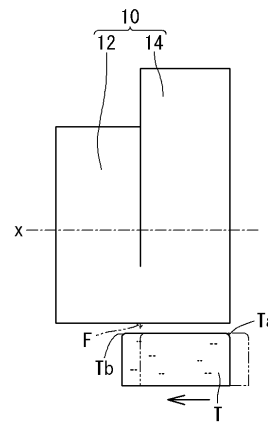
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

審査官 小川 真

(56)参考文献 独国特許出願公開第10333916 (DE, A1)

特開2009-142959 (JP, A)

特開2004-188560 (JP, A)

特開2005-052912 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 19/12

F01L 1/04

F01L 13/00

DWPI (Derwent Innovation)