

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年3月17日(17.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 2011/030866 A1

- (51) 国際特許分類:
B24B 47/20 (2006.01) B24B 19/12 (2006.01)
B24B 5/04 (2006.01) B24B 49/04 (2006.01)
B24B 5/42 (2006.01) B24B 49/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/065651
- (22) 国際出願日: 2010年9月10日(10.09.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-210113 2009年9月11日(11.09.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ジェイテクト(JTEKT CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5428502 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 桑野 俊貴
(KUMENO Toshiaki) [JP/JP]; 〒5428502 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 Osaka (JP). 頼経 昌史(YORIT-SUNE Masashi) [JP/JP]; 〒5428502 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 Osaka (JP). 松本 崇(MATSUMOTO Takashi) [JP/JP]; 〒5428502 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 Osaka (JP). 大坪 和義(OHTSUBO Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒5428502 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 Osaka (JP).

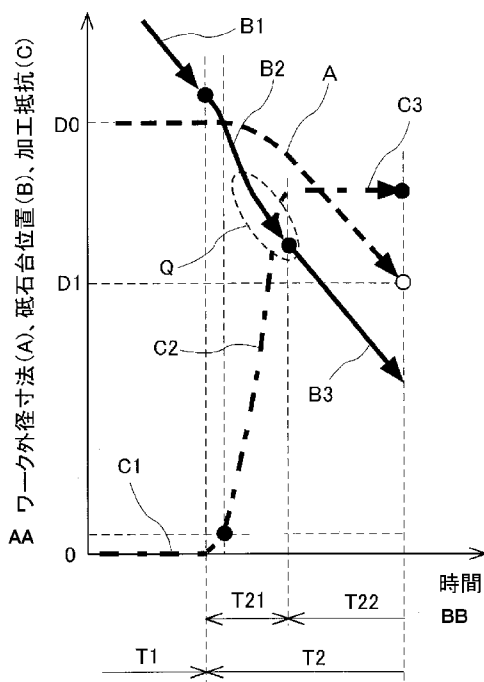
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: MACHINE TOOL AND MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: 工作機械および加工方法

[図4B]



AA WORKPIECE OUTSIDE DIAMETER DIMENSION (A), GRINDING WHEEL HEAD POSITION (B), MACHINING RESISTANCE (C)
BB TIME

(57) Abstract: A control unit (72) causes a headstock (20), a tailstock (30), and a tool (43) to make relative movements, thereby machining the peripheral surface of a workpiece (W) in the radial direction. This control unit (72) performs control in such a way that the relative radial feed rate for the tool (43) in a transient state (T21) is higher than the relative radial feed rate for the tool (43) in a steady state (T22), the transient state (T21) being a state where there increases the radial deflection amount of the workpiece (W) at the machining position, and the steady state (T22) being a state where the radial deflection amount of the workpiece (W) at the machining position becomes constant. Due to the above, it is possible to reduce machining time at the time of the start of machining.

(57) 要約: 主軸台(20)および心押台(30)と工具(43)とを相対移動させて、ワークWの周面を径方向に向かって加工する制御部(72)は、加工位置におけるワークWの径方向の撓み量が増加する過渡状態T21における工具(43)の径方向の相対送り速度を、加工位置におけるワークWの径方向の撓み量が一定となる定常状態T22における工具(43)の径方向の相対送り速度より早くするように制御することにより、加工開始時における加工時間を短縮することが可能になる。

WO 2011/030866 A1



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 工作機械および加工方法

技術分野

[0001] 本発明は、ワークの周面を径方向に加工する工作機械およびその加工方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、筒状ワークの外周面を径方向に切り込む工作機械として、特開平7-214466号公報（特許文献1）に記載された研削盤がある。当該研削盤は、加工の際に、砥石台を一定の送り速度で前進させている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平7-214466号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、一般に、粗加工や仕上げ加工などのそれぞれにおいて、加工精度および加工焼け（研削焼け）などの観点から、適切な工具の送り速度が設定されている。しかし、工具がワークに接触していない状態（空加工）から実加工に移行する際、すなわち加工開始時には、ワークに工具による押しつける力が急に作用するため、ワークは径方向に撓む。つまり、ワークは径方向に撓みながら工具により加工されることになる。そのため、この状態においては、工具とワークの相対的な送り速度が目標の送り速度に達しておらず、加工時間の長期化を招来することが分かった。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、加工開始時において加工時間の短縮を図ることができる工作機械および加工方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の課題を解決するため、請求項1に係る工作機械の発明は、

軸状のワークを回転可能に支持する支持手段と、
前記支持手段に対して、前記ワークの径方向に相対移動可能な工具と、
前記支持手段と前記工具とを相対移動させて、前記ワークの周面を径方向
に向かって加工する制御手段と、
を備え、

前記制御手段は、加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が増加する過渡状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度を、前記加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度より早くするように制御することである。

[0007] 請求項 2 に係る発明は、前記過渡状態は、空加工から加工に移行した直後における状態であることである。

[0008] 請求項 3 に係る発明は、

前記工作機械は、

実加工において前記工具により前記ワークを加工する際に生じる加工抵抗を検出する加工抵抗検出手段と、

同種の前記ワークを以前に加工した際において、前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記加工抵抗を定常目標加工抵抗として設定する目標加工抵抗設定手段と、

をさらに備え、

前記制御手段は、前記過渡状態において、現在の前記加工抵抗が前記目標加工抵抗に到達するように前記工具の前記径方向の送り速度を制御することである。

[0009] 請求項 4 に係る発明は、前記制御手段は、前記過渡状態における現在の前記加工抵抗に応じて、前記工具の前記径方向の送り速度を変化させることである。

[0010] 請求項 5 に係る発明は、前記工作機械は、前記ワークの加工径を計測する加工径計測手段をさらに備え、前記目標加工抵抗設定手段は、前記ワークを加工する際において、前記加工径計測手段により計測した前記ワークの加工

径に基づいて、前記定常目標加工抵抗を修正することである。

[0011] 請求項 6 に係る発明は、

前記目標加工抵抗設定手段は、

前記定常目標加工抵抗を設定した際において、前記加工径計測手段により算出された前記定常状態における前記ワークの加工径の単位時間当たりの減少量を設定しておき、

今回の前記ワークを加工する際において、前記加工径計測手段により前記定常状態における前記ワークの今回の加工径の単位時間当たりの減少量を算出し、

前記今回の加工径の単位時間当たりの減少量を設定された前記加工径の単位時間当たりの減少量により除算した値を、前記定常目標加工抵抗に乗算し、

得られた値を新しい前記定常目標加工抵抗に設定することである。

[0012] 請求項 7 に係る加工方法の発明は、軸状のワークを回転させながら、前記ワークの径方向に前記ワークと工具とを相対移動させることにより、前記ワークの周面を径方向に向かって加工する加工方法において、加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が増加する過渡状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度を、前記加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度より早くするように制御することである。

なお、上述した請求項 2～6 に係る工作機械の発明は、請求項 7 に係る加工方法の発明に、実質的にそのまま適用可能である。

発明の効果

[0013] 上記のように構成した請求項 1 に係る発明によれば、過渡状態における工具のワークに対する径方向の送り速度（以下、「工具の相対送り速度」と称する）が、定常状態における工具の相対送り速度より早くなるように制御されている。ここで、過渡状態とは、加工位置におけるワークの径方向の撓み量が増加する状態、すなわち、空加工から粗加工に移行した直後の状態に相

当する。一方、定常状態とは、加工位置におけるワークの径方向の撓み量が一定となる状態、すなわち、粗加工を開始して一定時間経過した状態に相当する。つまり、粗加工開始直後において、工具の相對送り速度を設定された目標値（定常状態における送り速度に相当）よりも早く制御することにより、過渡状態における加工時間を短縮することができる。ここで、当該説明において、粗加工を例に挙げて説明したが、ワークの径方向の撓み量が増加する過渡状態であれば、仕上げ加工にも同様に適用できる。

[0014] 請求項 2 に係る発明によれば、過渡状態について明確化を図っている。つまり、空加工から加工に移行した直後における工具の相對送り速度を、その後の定常状態における工具の相對送り速度より早くなるように制御している。

[0015] 請求項 3 に係る発明によれば、同種のワークを以前に加工した際の定常状態における加工抵抗を定常目標加工抵抗として、今回加工しているワークの過渡状態の加工抵抗を定常目標加工抵抗に到達するように制御している。つまり、以前の加工の際の情報を利用している。ここで、定常状態とは、上述したように、加工抵抗が一定となる状態である。つまり、定常状態における加工抵抗に到達するまでは、加工精度や加工焼けに対して問題がないと考えられる。従って、今回加工している過渡状態において、定常目標加工抵抗に到達するように工具の相對送り速度を制御することで、加工精度や加工焼けの問題が発生することを抑制できる。そして、加工抵抗の目標値が設定されることで、加工抵抗によるフィードバック制御を行うことができる。

[0016] 請求項 4 に係る発明によれば、過渡状態において、工具の相對送り速度を一定とするのではなく、適宜変化させることとしている。例えば、過渡状態の終焉、すなわち過渡状態から定常状態に移行する付近において、急激に工具の相對送り速度を変化させると、実際の加工抵抗が定常目標加工抵抗を超過してしまう虞がある。そうすると、場合によっては、加工精度や加工焼けの問題が生じる虞がある。そこで、例えば、過渡状態の初期から中盤までは、工具の相對送り速度を早くしておき、過渡状態の終焉付近においては、工具

の相対送り速度を徐々に遅くなるように制御する。つまり、過渡状態から定常状態に移行する際においては、工具の相対送り速度が急激に変化することを抑制することができる。その結果、加工精度や加工焼けの問題が生じることを抑制できる。

[0017] ここで、定常状態の加工において、例えば、工具（砥石など）の切れ味の変化などによって、加工抵抗が変化することがある。そうすると、定常状態における実際の加工抵抗が既に設定されている定常目標加工抵抗に一致していたとしても、目標の削り量よりも実際の削り量が少なくなってしまう。そこで、このような場合に、請求項5に係る発明によれば、定常目標加工抵抗を修正することができるため、現在の状態に適切な定常目標加工抵抗を設定できる。

請求項6に係る発明によれば、定常目標加工抵抗の修正に関する具体的な処理方法を特定している。これらによれば、確実に、適切な定常目標加工抵抗を設定できる。

請求項7に係る発明によれば、請求項1に係る工作機械の発明における効果と実質的に同様の効果を奏することができる。また、他の工作機械に関する発明を、当該加工方法に適用した場合には、それぞれの効果と同一の効果を奏することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]は工作機械の平面図を示す。

[図2]は工作機械の機能ブロック図である。

[図3]は制御装置における処理を示すフローチャートである。

[図4A]は初期ワークの加工におけるワーク外径寸法、砥石台位置および加工抵抗を示す図である。

[図4B]は継続ワークの加工におけるワーク外径寸法、砥石台位置および加工抵抗を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の工作機械および加工方法を具体化した実施形態について図

面を参照しつつ説明する。

本実施形態の工作機械の一例として、砥石台トラバース型円筒研削盤を例に挙げて説明する。そして、当該研削盤の加工対象ワークWは、カムシャフトやクランクシャフトなどの軸状のワークを例に挙げる。ただし、ワークWは、軸状であれば、カムシャフトやクランクシャフトの他にも適用可能である。

[0020] 当該研削盤について、図1を参照して説明する。図1に示すように、研削盤1は、ベッド10と、主軸台20と、心押台30と、砥石支持装置40と、力センサ50と、定寸装置60と、制御装置70とから構成される。

[0021] ベッド10は、ほぼ矩形状からなり、床上に配置される。このベッド10の上面には、一对の砥石台用ガイドレール11a、11bが、図1の左右方向（Z軸方向）に延びるように、且つ、相互に平行に形成されている。一对の砥石台用ガイドレール11a、11bは、砥石支持装置40を構成する砥石台トラバースベース41が摺動可能なレールである。さらに、ベッド10には、一对の砥石台用ガイドレール11a、11bの間に、砥石台トラバースベース41を図1の左右方向に駆動するための、砥石台用Z軸ボールねじ11cが配置され、この砥石台用Z軸ボールねじ11cを回転駆動する砥石台用Z軸モータ11dが配置されている。

[0022] 主軸台20（本発明の「支持手段」に相当する。）は、主軸台本体21と、主軸22と、主軸モータ23と、主軸センタ24とを備えている。主軸台本体21は、ベッド10の上面のうち、図1の左下側に固定されている。ただし、主軸台本体21は、ベッド10に対するZ軸方向位置を僅かに調整することが可能である。この主軸台本体21の内部には、主軸22が軸周り（図1のZ軸周り）に回転可能に挿通支持されている。この主軸22の図1の左端には、主軸モータ23が設けられ、主軸22は、主軸モータ23により主軸台本体21に対して回転駆動される。この主軸モータ23はエンコーダを有しており、エンコーダにより主軸モータ23の回転角を検出することができる。また、主軸22の右端に、軸状のワークWの軸方向一端を支持する

主軸センタ 2 4 が取り付けられている。

[0023] 心押台 3 0（本発明の「支持手段」に相当する。）は、心押台本体 3 1 と、心押センタ 3 2 とを備えている。心押台本体 3 1 は、ベッド 1 0 の上面のうち、図 1 の右下側に固定されている。ただし、心押台本体 3 1 は、ベッド 1 0 に対する Z 軸方向位置を僅かに調整することが可能である。この心押台 3 1 には、心押台 3 1 に対して回転不能に心押センタ 3 2 が設けられている。この心押センタ 3 2 は、主軸 2 2 の回転軸と同軸上に位置している。

[0024] そして、この心押センタ 3 2 は、ワーク W の軸方向他端を支持する。つまり、心押センタ 3 2 は、主軸センタ 2 4 に対向するように配置されている。そして、主軸センタ 2 4 と心押センタ 3 2 とにより、ワーク W の両端を回転可能に支持している。さらに、心押センタ 3 2 は、心押台本体 3 1 の右端面からの突出量を変更可能である。つまり、ワーク W の位置に応じて、心押センタ 3 2 の突出量を調整することができる。このように、ワーク W は、主軸センタ 2 4 および心押センタ 3 2 により、主軸軸周り（Z 軸周り）に回転可能に保持されている。

[0025] 砥石支持装置 4 0 は、砥石台トラバースベース 4 1 と、砥石台 4 2 と、砥石車 4 3（本発明の「工具」に相当する。）と、砥石回転用モータ 4 4 とを備えている。砥石台トラバースベース 4 1 は、矩形の平板状に形成されており、ベッド 1 0 の上面のうち、一对の砥石台用ガイドレール 1 1 a、1 1 b 上を摺動可能に配置されている。砥石台トラバースベース 4 1 は、砥石台用 Z 軸ボールねじ 1 1 c のナット部材に連結されており、砥石台用 Z 軸モータ 1 1 d の駆動により一对の砥石台用ガイドレール 1 1 a、1 1 b に沿って移動する。この砥石台用 Z 軸モータ 1 1 d はエンコーダを有しており、エンコーダにより砥石台用 Z 軸モータ 1 1 d の回転角を検出することができる。

[0026] この砥石台トラバースベース 4 1 の上面には、砥石台 4 2 が摺動可能な一对の X 軸ガイドレール 4 1 a、4 1 b が、図 1 の上下方向（X 軸方向）に延びるように、且つ、相互に平行に形成されている。さらに、砥石台トラバースベース 4 1 には、一对の X 軸ガイドレール 4 1 a、4 1 b の間に、砥石台

4 2 を図 1 の上下方向に駆動するための、X 軸ボールねじ 4 1 c が配置され、この X 軸ボールねじ 4 1 c を回転駆動する X 軸モータ 4 1 d が配置されている。この X 軸モータ 4 1 d はエンコーダを有しており、エンコーダにより X 軸モータ 4 1 d の回転角を検出することができる。

[0027] 砥石台 4 2 は、砥石台トラバースベース 4 1 の上面のうち、一对の X 軸ガイドレール 4 1 a、4 1 b 上を摺動可能に配置されている。そして、砥石台 4 2 は、X 軸ボールねじ 4 1 c のナット部材に連結されており、X 軸モータ 4 1 d の駆動により一对の X 軸ガイドレール 4 1 a、4 1 b に沿って移動する。つまり、砥石台 4 2 は、ベッド 1 0、主軸台 2 0 および心押台 3 0 に対して、X 軸方向（プランジ送り方向）および Z 軸方向（トラバース送り方向）に相対移動可能となる。

[0028] そして、この砥石台 4 2 のうち図 1 の下側部分には、図 1 の左右方向に貫通する穴が形成されている。この砥石台 4 2 の貫通孔に、砥石車回転軸部材（図示せず）が、砥石中心軸周りに Z 軸と平行に回転可能に支持されている。この砥石車回転軸部材の一端（図 1 の左端）に、円盤状の砥石車 4 3（本発明の「工具」に相当する。）が同軸的に取り付けられている。つまり、砥石車 4 3 は、砥石台 4 2 に対して、片持ち支持されている。具体的には、砥石車 4 3 の図 1 の右端側を砥石台 4 2 に支持され、砥石車 4 3 の図 1 の左端側は自由端となる。また、砥石台 4 2 の上面には、砥石回転用モータ 4 4 が固定されている。そして、砥石車回転軸部材の他端（図 1 の右端）と砥石回転用モータ 4 4 の回転軸とにプーリが懸架されることで、砥石回転用モータ 4 4 の駆動により、砥石車 4 3 が砥石軸周りに回転する。

[0029] カセンサ 5 0（本発明の「加工抵抗検出手段」に相当する。）は、主軸 2 2 に設けられ、主軸 2 2 に加わる X 軸方向成分の力を計測している。つまり、このカセンサ 5 0 は、砥石車 4 3 によりワーク W が加工されることにより生じる加工抵抗を検出している。ここでは、砥石車 4 3 をワーク W に対して X 方向のみに移動させながら加工するため、カセンサ 5 0 は、X 軸方向成分の力を計測するのみとしている。このカセンサ 5 0 により計測される信号は

、制御装置 70 へ出力される。

定寸装置 60（本発明の「加工径計測手段」に相当する。）は、加工位置におけるワーク W の外径を計測している。この定寸装置 60 により計測される信号は、制御装置 70 へ出力される。

[0030] 制御装置 70（本発明の「制御手段」「目標抵抗設定手段」に相当する。）は、各モータを制御して、ワーク W を主軸周りに回転させ、砥石車 43 を回転させ、且つ、ワーク W に対する砥石車 43 の Z 軸方向および X 軸方向の相対的な位置を変更することにより、ワーク W の外周面の研削加工を行う。この制御装置 70 は、各エンコーダにより検出される各位置に基づいて位置制御を行う場合と、力センサ 50 により検出される加工抵抗に基づいて抵抗制御を行う場合とがある。詳細は後述する。

[0031] 次に、当該研削盤 1 の機能、および当該研削盤 1 によりワーク W を加工する方法に関して、図 2 を参照して説明する。図 2 に示すように、制御装置 70 は、目標加工抵抗設定部 71 と、制御部 72 とから構成されている。目標加工抵抗設定部 71（本発明の「目標抵抗設定手段」に相当する。）は、抵抗制御を行う場合における定常目標加工抵抗 R_t を設定している。この定常目標加工抵抗 R_t は、定常状態における目標加工抵抗である。

[0032] ここで、定常状態とは、ワーク W の径方向の撓み量が一定となる状態である。加工開始から定常状態に到達するまでの間を過渡状態という。過渡状態では、ワーク W の径方向の撓み量が増加する状態となる。この目標加工抵抗設定部 71 は、初期のワーク W を位置制御により加工する際に、定常目標加工抵抗 R_t を初期設定する。その後、必要に応じて、目標加工抵抗設定部 71 は、定常目標加工抵抗 R_t を修正する。この目標加工抵抗設定部 71 は、エンコーダ、定寸装置 60 および力センサ 50 から出力される情報に基づいて、定常目標加工抵抗 R_t を設定および修正している。

[0033] 制御部 72（本発明の「制御手段」に相当する。）は、各エンコーダから出力される情報に基づいて、各モータ 11d, 41d の位置制御を行うことにより、ワーク W の外周面の加工を行う。また、制御部 72 は、目標加工抵

抗設定部 71 に設定された各目標加工抵抗と力センサ 50 から出力される情報とに基づいて、抵抗制御を行うことにより、ワーク W の外周面の加工を行う。

[0034] 以下に、制御装置 70 の処理について、図 3 および図 4 A、図 4 B を参照して詳細に説明する。まず、本実施形態においては、同種のワーク W を複数個連続的に加工する場合を対象とする。便宜上、一つ目のワーク W を初期ワーク W1 と称し、二つ目以降のワーク W_n を継続ワークと称する。

[0035] 図 3 に示すように、まず、初期ワーク W1 に対して、加工（以下、「初期ワーク加工」と称する）を開始する（S1）。初期ワーク加工では、予め設定された位置指令値およびエンコーダにより検出される位置情報に基づいて、X 軸モータ 41 d の位置制御を行うことにより、初期ワーク W1 の外周面を加工する。つまり、初期ワーク W1 に対しては、位置によるフィードバック制御が行われる。そして、初期ワーク W1 に対しては、位置制御により、砥石車 43 の X 軸方向への送り速度が制御される。ここで、この時点においては、目標加工抵抗設定部 71 に未だ定常目標加工抵抗 R_t が設定されていない。

[0036] この初期ワーク加工におけるワーク外径寸法 a、砥石台位置 b および加工抵抗 c は、図 4 A に示すような挙動となる。図 4 B において、T1 は空加工、T2 は実加工を示す期間であって、T21 は過渡状態における実加工を示す期間、T22 は定常状態における実加工を示す期間である。

[0037] 空加工は、図 4 A の c にて示すように、加工抵抗はゼロとなる。また、このときのワーク外形寸法は、図 4 A の a にて示すように、D0 である。また、このときの砥石台位置の挙動、すなわち砥石車 43 の送り速度は、図 4 A の b にて示すような傾きとなる。

[0038] 図 4 A の b にて示すように、空加工が終了した後の実加工において、砥石車 43 の送り速度は、空加工時と同一の送り速度となっている。実加工における初期は、過渡状態（期間 T21）となり、急激に加工抵抗が増加している。その後、加工抵抗が一定となる定常状態（期間 T22）に達する。

- [0039] ここで、初期ワーク加工の全体において、初期ワークW1の外径減少量D1を記憶しておく(S2)。この初期ワークW1の外径減少量D1は、定寸装置60により計測する。具体的には、初期ワーク加工における定常状態の単位時間当たりの外径減少量D1を計測する。
- [0040] 続いて、初期ワーク加工の定常状態(期間T22)における加工抵抗を定常目標加工抵抗Rtに設定する(S3)。設定された定常目標加工抵抗Rtは、目標加工抵抗設定部71に記憶される。
- [0041] 続いて、次のワークWが存在するか否かを判定する(S4)。そして、次のワークWがない場合には(S4:N)、処理を終了する。
- 一方、次のワークW、すなわち継続ワークWnが存在する場合には(S4:Y)、当該継続ワークWnに対して加工を開始する(S5)。継続ワークWnに対する加工は、空加工の場合と、加工(実加工)の場合とで異なる制御がされる。空加工における継続ワークWnに対する加工においては、エンコーダにより検出される位置情報に基づいて、設定された空加工における砥石車43の送り速度に一致するように、X軸モータ41dの位置制御を行う。このときの砥石車43の送り速度は、初期ワーク加工の空加工における砥石車43の送り速度と同一としている。
- [0042] この空加工は、図4Bにおいて、T1にて示す期間である。空加工における加工抵抗は、図4BのC1にて示すように、加工抵抗はゼロとなる。また、このときのワーク外径寸法は、図4BのAにて示すように、D0である。また、このときの砥石台位置の挙動、すなわち砥石車43の送り速度は、図4BのB1にて示すような傾きとなっている。
- [0043] そして、空加工が終了すると、実加工における継続ワークWnに対する加工においては、力センサ50により検出される加工抵抗に基づいて、目標加工抵抗設定部71に記憶されている定常目標加工抵抗Rtに到達するように、X軸モータ41dを制御する。つまり、継続ワークWnに対しては、加工抵抗によるフィードバック制御が行われる。そして、継続ワークWnに対しては、抵抗制御により、砥石車43のX軸方向への送り速度が制御される。

- [0044] 具体的には、過渡状態における加工は、図4Bにおいて、T21にて示す期間である。この過渡状態における加工抵抗は、図4BのC2にて示すように、急激に増加している。過渡状態の終焉において、徐々に加工抵抗の増加量が小さくなるように変化している。ワーク外径寸法は、図4BのAに示すように、徐々に小さくなっている。また、このときの砥石台位置の挙動、すなわち砥石車43の送り速度は、図4BのB2にて示すように、過渡状態の初期に比べて、過渡状態の中盤が早くなり、その後終焉に向かって徐々に遅くなっている。つまり、過渡状態における砥石車43の送り速度は、緩やかなS字曲線を描くような挙動を示す。過渡状態における砥石車43の送り速度の挙動が上記のようになるように、フィードバック制御のゲインを設定している。
- [0045] そして、過渡状態が終了して、定常状態（期間T22）に達すると、加工抵抗は、図4BのC3にて示すように、一定となる。定常状態のワーク外形寸法は、図4BのAにて示すように、一定の量で減少している。また、定常状態の砥石台位置の挙動、すなわち砥石車43の送り速度は、図4BのB3にて示すように、一定となっている。
- [0046] つまり、過渡状態における砥石車43の送り速度は、定常状態における砥石車43の送り速度より速くなるように抵抗制御されている。さらに、過渡状態から定常状態への移行においては、砥石車43の送り速度が滑らかに変化するように抵抗制御されている。
- [0047] 続いて、図3に戻り説明する。継続ワーク W_n に対して加工を開始した後には（S5）、まず、今回の外径減少量 D_n を計測する。この外径減少量 D_n は、定寸装置60により計測する。具体的には、定常状態の単位時間当たりの外径減少量 D_n を計測する。そして、この今回計測した単位時間当たりの外径減少量 D_n と初期ワーク加工における定常状態の単位時間当たりの外径減少量 D_1 （本発明の「目標減少量」に相当する。）との差 ΔD を算出する。そして、外径減少量の差 ΔD が、予め設定された許容値以内であるか否かを判定する（S6）。

- [0048] そして、外径減少量の差 ΔD が許容値以内でない場合には（S6：N）、定常目標加工抵抗 R_t を修正する（S7）。この定常目標加工抵抗 R_t の修正は、以下のように行う。まず、今回の単位時間当たりの外径減少量 D_n を初期ワーク加工における単位時間当たりの外径減少量 D_1 により除算した値を、定常目標加工抵抗 R_t に乗算する。そして、得られた値を新しい定常目標加工抵抗 R_t に設定する。修正された定常目標加工抵抗 R_t は、目標加工抵抗設定部71に新しい定常目標加工抵抗 R_t として設定される。
- [0049] 一方、外径減少量の差 ΔD が許容値以内である場合（S6：Y）、および、ステップS7において定常目標加工抵抗を修正した後は、次のワークWが存在するか否かを判定する（S8）。そして、次のワークWが存在する場合には（S8：Y）、ステップS5に戻り処理を繰り返す。一方、次のワークWがない場合には（S8：N）、処理を終了する。
- [0050] ここで、本実施形態において、図4Bに、継続ワーク W_n の加工の際に、空加工、実加工の過渡状態、および、実加工の定常状態における、ワーク外形寸法、砥石台位置および加工抵抗を示した。本実施形態によれば、継続ワーク W_n の過渡状態における砥石車43のワークWに対する径方向の送り速度が、定常状態における砥石車43の送り速度より早くなるように制御されている。つまり、継続ワーク W_n の加工開始直後（空加工から実加工へ移行した直後）において、砥石車43の送り速度を定常状態における送り速度よりも早く制御することにより、継続ワーク W_n の過渡状態における加工時間を短縮することができる。
- [0051] また、本実施形態においては、同種のワークWを以前に加工した際の定常状態における加工抵抗を定常目標加工抵抗 R_t として、今回加工しているワークWの過渡状態の加工抵抗を定常目標加工抵抗 R_t に到達するようにフィードバック制御している。このように、以前の加工の際の情報を利用して、ここで、定常状態における加工抵抗までは、加工精度や加工焼けに対して問題がないと考えられる。従って、今回加工している過渡状態において、定常目標加工抵抗 R_t に到達するように砥石車43の送り速度を制御するこ

とで、加工精度や加工焼けの問題が発生することを抑制できる。

[0052] また、図4BのQにて示すように、過渡状態において、砥石車43の送り速度を一定とするのではなく、適宜変化させるように制御している。過渡状態の終焉、すなわち過渡状態から定常状態に移行する付近において、急激に砥石車43の送り速度を変化させると、実際の加工抵抗が定常目標加工抵抗 R_t を超してしまう虞がある。そうすると、場合によっては、加工精度や加工焼けの問題が生じる虞がある。そこで、図4BのB2にて示すように、過渡状態の初期から中盤までは、砥石車43の送り速度が早くなるように制御し、過渡状態の終焉付近においては、砥石車43の送り速度が徐々に遅くなるように制御する。つまり、過渡状態から定常状態に移行する際においては、砥石車43の送り速度が急激に変化することを抑制することができる。その結果、加工精度や加工焼けの問題が生じることを抑制できる。

[0053] さらに、本実施形態においては、ワークの外径減少量 D_1 , D_n に基づいて、定常目標加工抵抗 R_t を修正している。ここで、工具（砥石など）の切れ味の変化などによって、加工抵抗は変化する。このような場合であっても、定常目標加工抵抗 R_t を本実施形態のように修正することで、適切な定常目標加工抵抗 R_t を設定できる。

[0054] （その他の実施形態）

上記実施形態において、制御部72は、継続ワーク W_n に対して、加工の際には抵抗制御を行うこととした。この他に、制御部72は、継続ワーク W_n に対して、空加工のみならず、実加工においても、位置制御を行うようにすることもできる。この場合、まず、初期ワーク W_1 の際に得られた情報に基づいて、図4Bの加工抵抗（ C_1 , C_2 , C_3 ）の挙動となるような砥石台位置（ B_1 , B_2 , B_3 ）を算出しておく。この算出された砥石台位置が、位置制御の指令値となる。そして、制御部72は、算出された砥石台位置（ B_1 , B_2 , B_3 ）の位置となるように、X軸モータ41dを位置制御する。つまり、砥石車43の送り速度を直接的に制御することとなる。

[0055] 従って、制御部72は、過渡状態における砥石車43の送り速度を、定常

状態における砥石車43の送り速度より早くするように制御している。これにより、本実施形態においても、上記実施形態と同様に、加工時間の短縮を図ることができる。

[0056] また、この場合において、砥石車43の切れ味が悪くなることに伴って上記の位置制御を行った場合に、加工抵抗が低下することがある。このような場合には、継続ワーク W_n の加工中に定常状態における加工抵抗を力センサ50により検出しておき、初期ワーク W_1 の定常状態の加工抵抗に一致するような、砥石台位置を修正すると良い。これにより、加工抵抗が低下した場合であっても、適切に、所望の加工抵抗となるような加工ができる。つまり、確実に加工時間の短縮を図ることができる。

[0057] なお、力センサ50は、主軸22に設けることに換えて、心押センタ32に設けてもよく、心押センタ32に歪ゲージを取り付けることにより加工抵抗を心押センタ32の歪量として検出するようにしてもよい。また、力センサ50は、主軸22と心押センタ32の両者に設けるようにしてもよい。また、力センサ50に換えて、砥石回転用モータ44に流れる電流の変化により砥石回転用モータ44の動力を検出して、当該動力により砥石車43によりワーク W が加工されることにより生じる加工抵抗を検出することもできる。

[0058] また、砥石台42を駆動するX軸モータ41dに流れる電流の変化によりX軸モータ41dの動力を検出して、当該動力により砥石車43によりワーク W が加工されることにより生じる加工抵抗を検出することもできる。なお、この場合、砥石台42の駆動を回転モータであるX軸モータ41dとボールネジ41cにて行うよりも、リニアモータを用いた方がより正確に加工抵抗を検出することができるので好ましい。

[0059] また、上記説明した本実施形態の加工は、粗加工に適用すると良いが、仕上げ加工にも適用することもできる。また、上記実施形態においては、ワーク W の外周面を径方向に加工する場合を例に挙げて説明したが、この他に、ワーク W の内周面を径方向に加工する場合にも同様に適用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 軸状のワークを回転可能に支持する支持手段と、
前記支持手段に対して、前記ワークの径方向に相対移動可能な工具と、
前記支持手段と前記工具とを相対移動させて、前記ワークの周面を径方向に向かって加工する制御手段と、
を備え、
前記制御手段は、加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が増加する過渡状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度を、前記加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記工具の前記径方向の相対送り速度より早くするように制御することを特徴とする工作機械。
- [請求項2] 請求項1において、
前記過渡状態は、空加工から加工に移行した直後における状態であることを特徴とする工作機械。
- [請求項3] 請求項1または2において、
前記工作機械は、
実加工において前記工具により前記ワークを加工する際に生じる加工抵抗を検出する加工抵抗検出手段と、
同種の前記ワークを以前に加工した際において、前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記加工抵抗を定常目標加工抵抗として設定する目標加工抵抗設定手段と、
をさらに備え、
前記制御手段は、前記過渡状態において、現在の前記加工抵抗が前記目標加工抵抗に到達するように前記工具の前記径方向の送り速度を制御することを特徴とする工作機械。
- [請求項4] 請求項3において、
前記制御手段は、前記過渡状態における現在の前記加工抵抗に応じ

て、前記工具の前記径方向の送り速度を変化させることを特徴とする
工作機械。

[請求項5]

請求項3または4において、

前記工作機械は、前記ワークの加工径を計測する加工径計測手段を
さらに備え、

前記目標加工抵抗設定手段は、前記ワークを加工する際において、
前記加工径計測手段により計測した前記ワークの加工径に基づいて、
前記定常目標加工抵抗を修正することを特徴とする工作機械。

[請求項6]

請求項5において、

前記目標加工抵抗設定手段は、

前記定常目標加工抵抗を設定した際において、前記加工径計測手段
により算出された前記定常状態における前記ワークの加工径の単位時
間当たりの減少量を設定しておき、

今回の前記ワークを加工する際において、前記加工径計測手段によ
り前記定常状態における前記ワークの今回の加工径の単位時間当たり
の減少量を算出し、

前記今回の加工径の単位時間当たりの減少量を設定された前記加工
径の単位時間当たりの減少量により除算した値を、前記定常目標加工
抵抗に乗算し、

得られた値を新しい前記定常目標加工抵抗に設定することを特徴と
する工作機械。

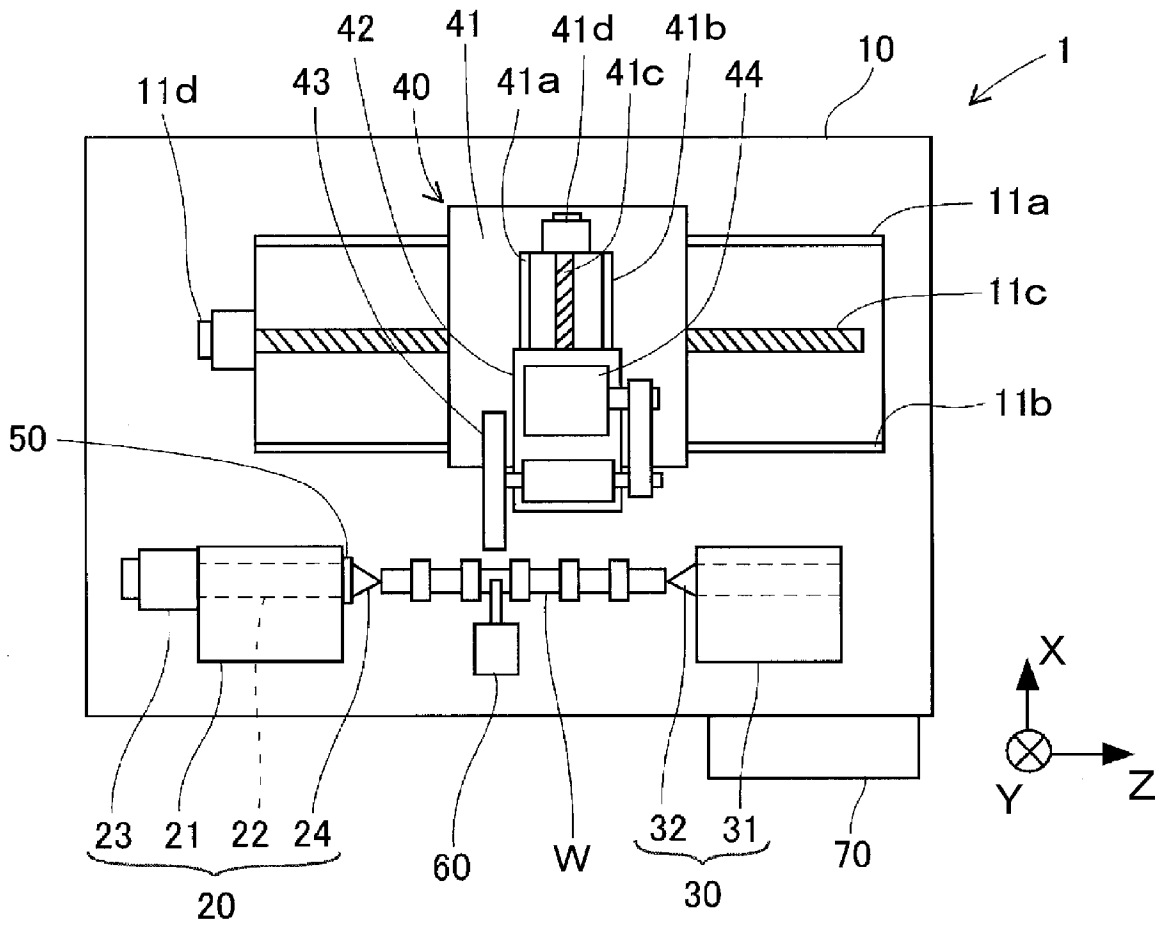
[請求項7]

軸状のワークを回転させながら、前記ワークの径方向に前記ワーク
と工具とを相対移動させることにより、前記ワークの周面を径方向に
向かって加工する加工方法において、

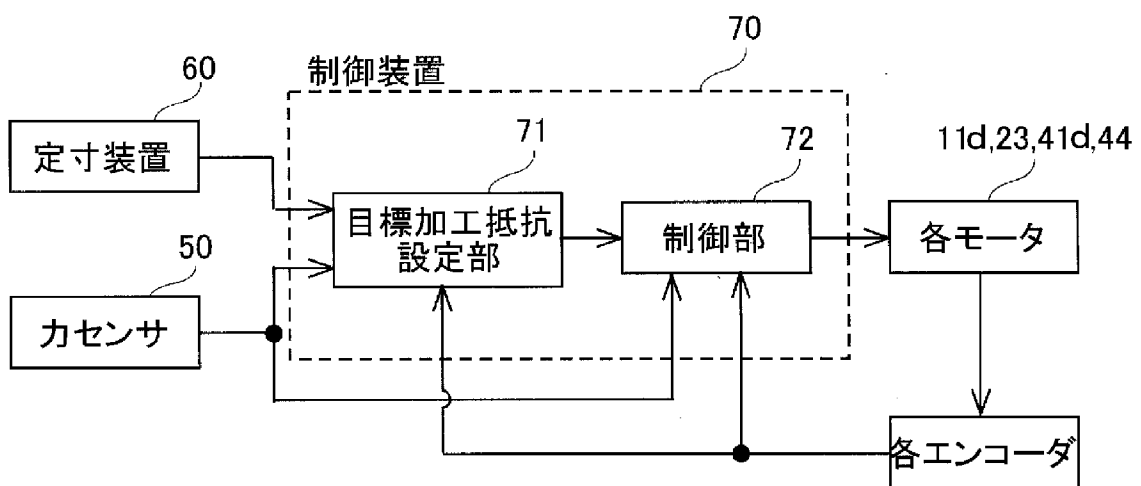
加工位置における前記ワークの径方向の撓み量が増加する過渡状態
における前記工具の前記径方向の相対送り速度を、前記加工位置にお
ける前記ワークの径方向の撓み量が一定となる定常状態における前記
工具の前記径方向の相対送り速度より早くするように制御することを

特徴とする加工方法。

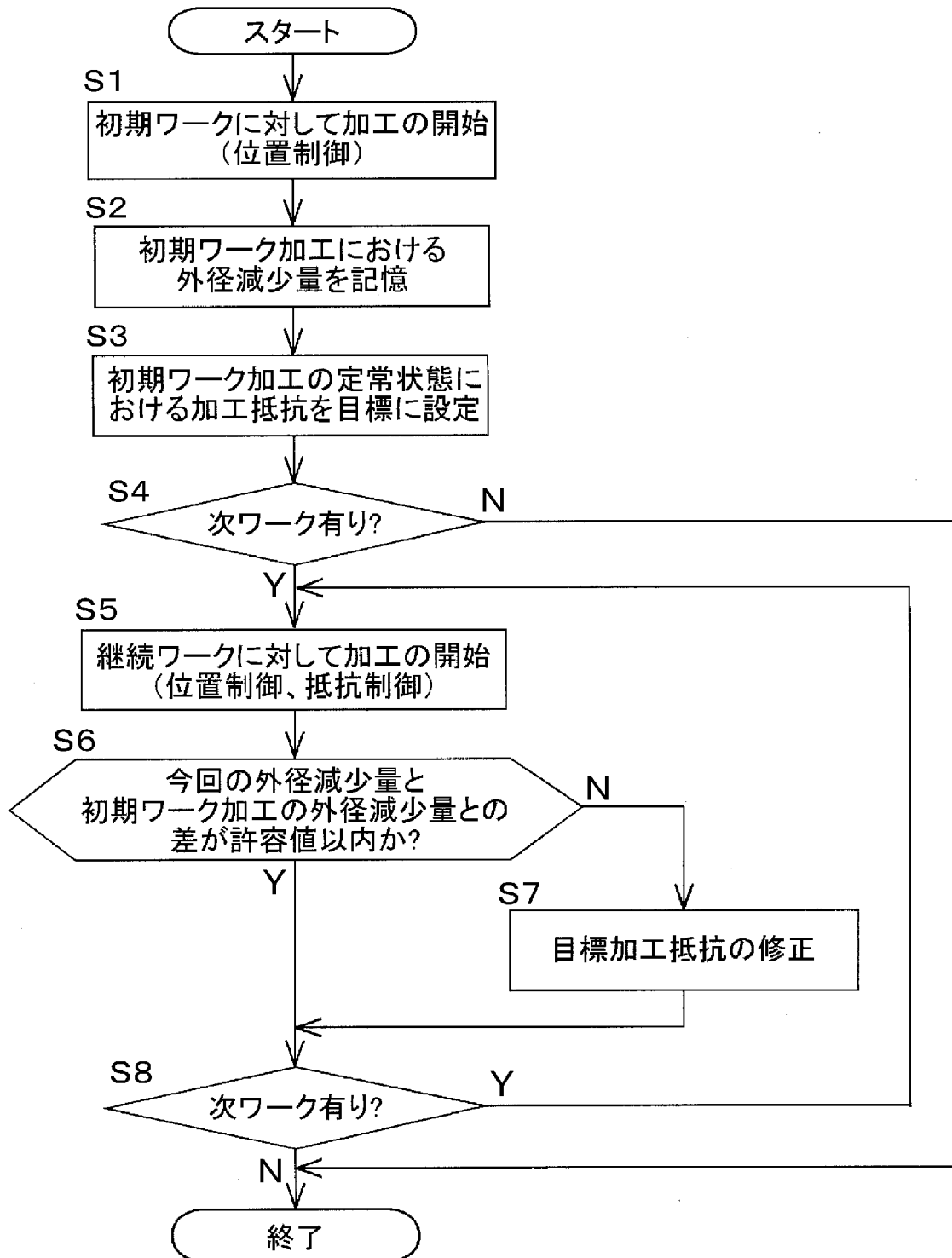
[図1]



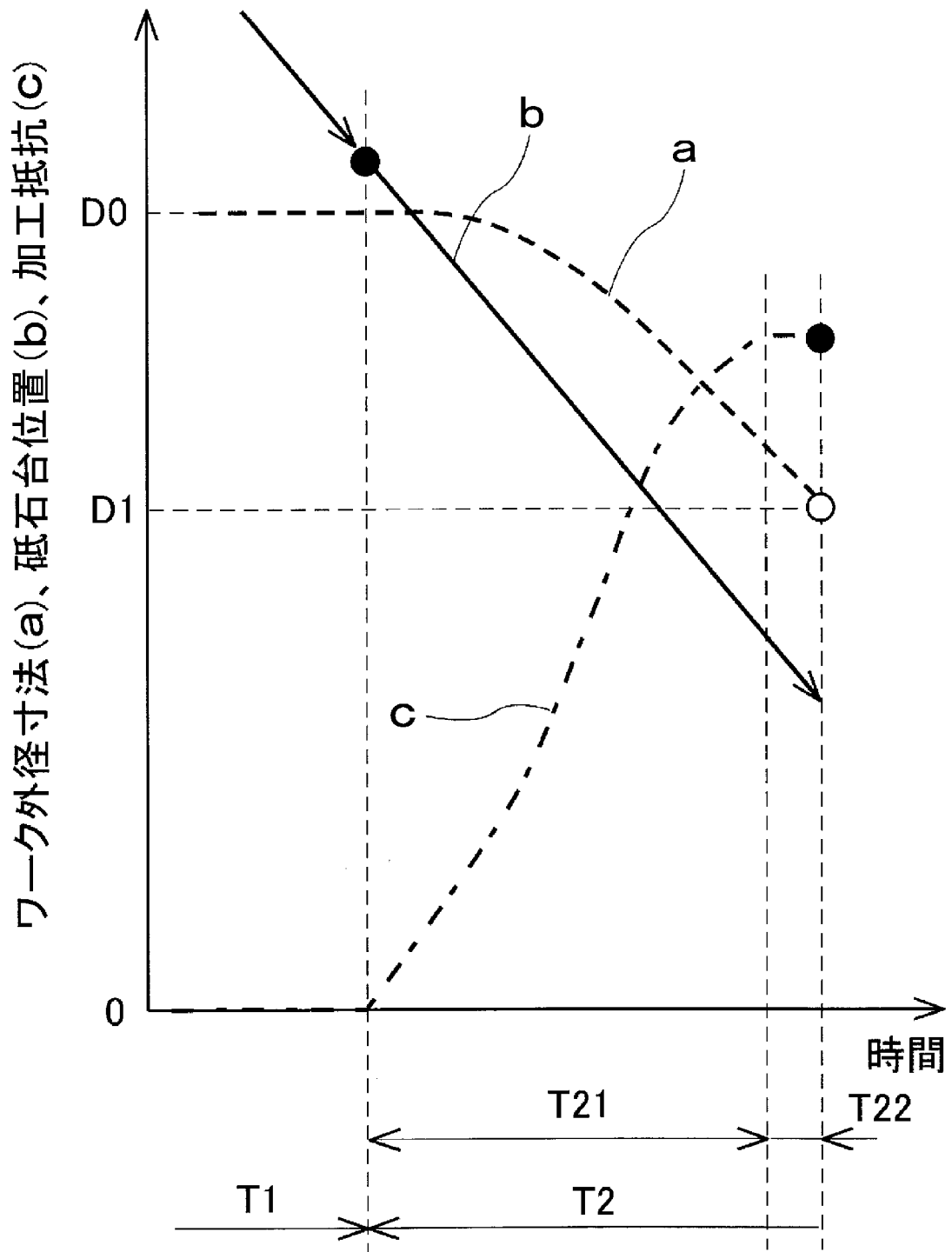
[図2]



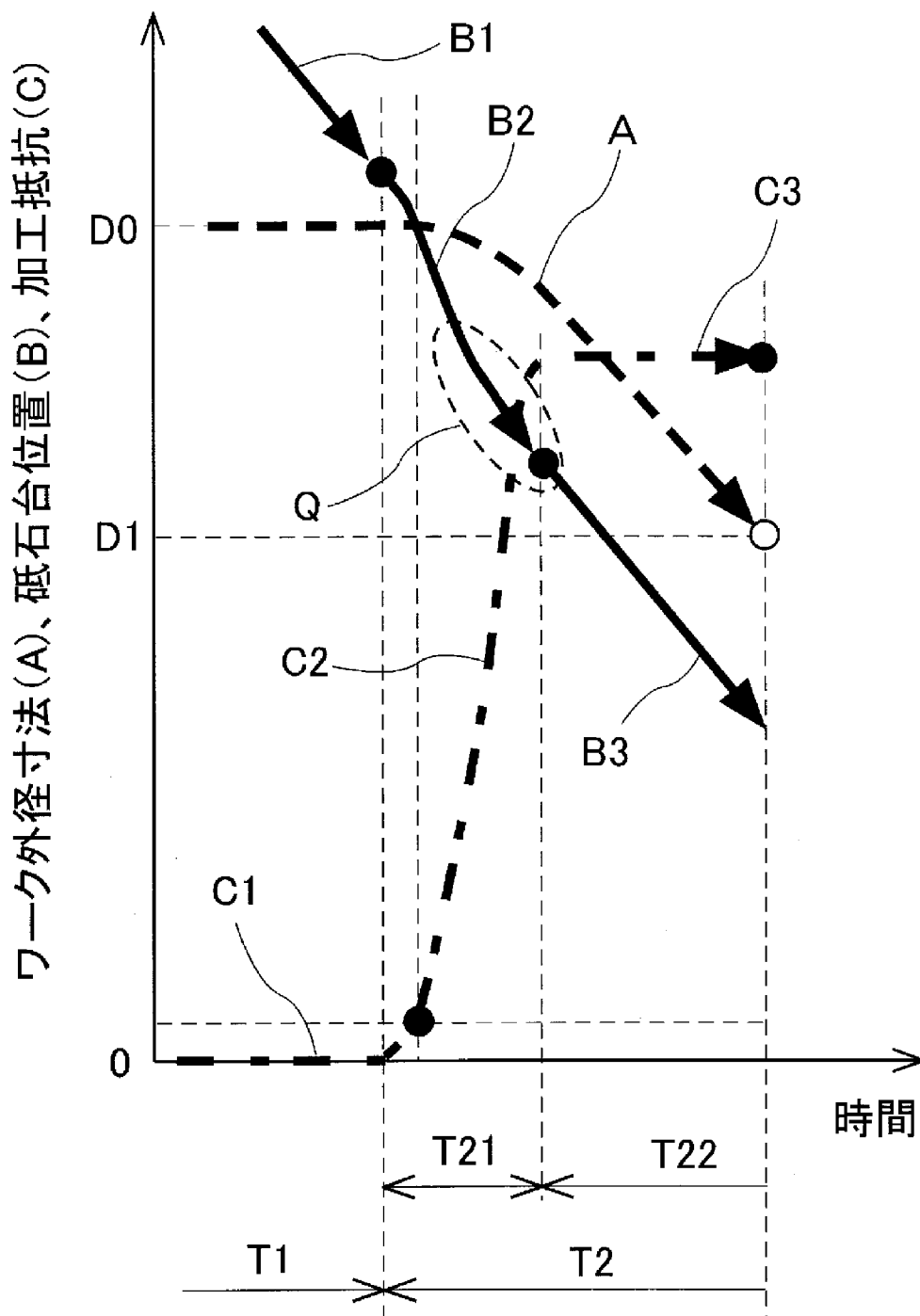
[図3]



[図4A]



[図4B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/065651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24B47/20(2006.01)i, B24B5/04(2006.01)i, B24B5/42(2006.01)i, B24B19/12(2006.01)i, B24B49/04(2006.01)i, B24B49/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B24B41/00-51/00, B24B5/00-7/30, B24B1/00-1/04, B24B9/00-19/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-168957 A (Toyoda Machine Works, Ltd.), 02 July 1996 (02.07.1996), (Family: none)	1-7
A	JP 2000-263437 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 September 2000 (26.09.2000), (Family: none)	1-7
A	JP 2003-275957 A (Toyo Advanced Technologies Co., Ltd.), 30 September 2003 (30.09.2003), (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 November, 2010 (17.11.10)

Date of mailing of the international search report
30 November, 2010 (30.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B24B47/20(2006.01)i, B24B5/04(2006.01)i, B24B5/42(2006.01)i, B24B19/12(2006.01)i, B24B49/04(2006.01)i, B24B49/16(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B24B41/00-51/00, B24B5/00-7/30, B24B1/00-1/04, B24B9/00-19/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 8-168957 A (豊田工機株式会社) 1996. 07. 02, (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2000-263437 A (三菱重工業株式会社) 2000. 09. 26, (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2003-275957 A (トーヨーエイテック株式会社) 2003. 09. 30, (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 11. 2010

国際調査報告の発送日

30. 11. 2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

金本 誠夫

3C

3505

電話番号 03-3581-1101 内線 3324