

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4065564号
(P4065564)

(45) 発行日 平成20年3月26日 (2008. 3. 26)

(24) 登録日 平成20年1月11日 (2008. 1. 11)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 3 C 3/06 (2006. 01) B 2 3 C 3/06

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平9-521596	(73) 特許権者	ヴィディア ゲゼルシャフト ミット ベ シュレンクテル ハフツング
(86) (22) 出願日	平成8年11月15日 (1996. 11. 15)		ドイツ連邦共和国 エツセン ミュンヒエ ナー シュトラッセ 90
(65) 公表番号	特表2000-501656 (P2000-501656A)	(74) 代理人	弁理士 矢野 敏雄
(43) 公表日	平成12年2月15日 (2000. 2. 15)		
(86) 国際出願番号	PCT/DE1996/002195	(74) 代理人	弁理士 山崎 利臣
(87) 国際公開番号	W01997/021513		
(87) 国際公開日	平成9年6月19日 (1997. 6. 19)	(74) 代理人	弁理士 久野 琢也
審査請求日	平成15年11月5日 (2003. 11. 5)		
(31) 優先権主張番号	19546197.5	(74) 代理人	弁護士 ラインハルト・アインゼル
(32) 優先日	平成7年12月11日 (1995. 12. 11)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転フライス加工のための方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工中自軸線を中心にして回転せしめられるワーク（10）、例えばクランク軸またはこれに類似のものを回転フライス加工するための方法であって、少なくとも2つの互いに独立に作業する回転フライス工具（15，16，21，22）が同時にワーク（10）の異なる箇所で切削加工を行う形式のものにおいて、少なくとも2つの前記回転フライス工具（15，16，21，22）の各切削加工に関して最適なワーク回転速度（ n_{KW} ）を見つけ出し、次いでこの見つけ出したワーク回転速度の最低値を設定し、前記回転フライス工具（15，16，21，22）のうちの、該最低値より高い最適なワーク回転速度を有する回転フライス工具（15，16，21，22）を、前記最低値に応じて制御することを特徴とする、回転フライス加工のための方法。

10

【請求項 2】

加工中自軸線を中心にして回転せしめられるワーク（10）、例えばクランク軸またはこれに類似のものを回転フライス加工するための装置であって、少なくとも2つの互いに独立に作業する回転フライス工具（15，16，21，22）が同時にワーク（10）の異なる箇所で切削加工を行うようになっており、回転駆動装置の設けられた、チップを備えた工具（15，16；21，22）のための支持体（19，20）を複数備えた形式のものにおいて、工具のための回転駆動装置が、少なくとも2つの前記回転フライス工具（15，16，21，22）の各切削加工に関して最適なワーク回転速度（ n_{KW} ）を見つけ出し、次いでこの見つけ出したワーク回転速度の最低値を設定し、前記回転フライス工具

20

(15, 16, 21, 22)のうちの、該最低値より高い最適なワーク回転速度を有する回転フライス工具(15, 16, 21, 22)を、前記最低値に応じて制御するように構成された、請求項1記載の方法を実施するための回転数制御装置と接続されており、少なくとも1つの支持体が2つのキャリッジ(25, 26; 27, 28)を備え、キャリッジが工具の互いに垂直な2つの方向での移動性を可能にすることを特徴とする、回転フライス加工するための装置。

【発明の詳細な説明】

本発明は、加工中自軸線を中心にして回転せしめられるワーク、例えばクランク軸または類似の部材を回転フライス加工するための方法であって、同時に少なくとも2つの互いに独立して作業する回転フライス工具がワークの異なる箇所では切削加工を実施する形式のものに関する。

10

本発明はさらに回転フライス加工のための装置に関する。

回転フライス工具は直交形(orthogonal)回転フライスおよびまたは円板体またはその他の円筒体から成り、これらの回転軸線はワークの回転軸線に平行である。円板もしくは円筒の周面もしくは套面に配置されたチップがワークに必要な切削加工を順次実施し、この場合に回転フライス工具は異なる加工目的(例えば粗加工および精密加工)のために異なるチップを備えることができる。

本発明による方法の主使用分野は主に乗用および実用自動車産業で、特にクランク軸の主支承部(Hauptlager)と行程支承部(Hublager)、カム軸、伝動装置ピニオンおよび軸脚部の加工にある。

20

鋳造クランク軸ブランクの加工のためには、クランク軸は両端でその都度の主スピンドルを備えた機械のチャック内で締め付けられる。主スピンドルは2つの同期運転する交流モータで駆動される。この機械でもって軸線方向にずらされて配置された主支承部も行程支承部も加工することができ、機械のチャックは受容高さを調整可能である。従来技術によれば、加工すべき主支承部または行程支承部の数に応じて回転フライス工具が支持体を用いて半径方向に当該支承部上へ、回転フライス工具の周面もしくは套面に配置されたチップが加工すべきワーク部分へ係合するまで移動せしめられる。クランク軸回転軸線に偏心して位置する行程支承部を全円筒周面にわたって加工し得るためには、回転フライス工具の回転軸線を円弧上で移動せしめる必要がある。2つ以上の行程支承部を相当数の回転フライス工具で同時に加工することは工具の送り、およびワークおよび回転フライス工具の各回転速度の調整に関しては何の問題もない、それというのも同形式の切削加工操作を互いに並行に実施することができるからである。ワークの主支承部の同時加工、またはアーム(Wange)またはカウンタウエイトまたは他の同種の部材の同時加工にも同じことが該当する。このような作業では各回転フライス工具のチップは同一の強さで負荷されるので、通常の場合、同一の切削加工操作のために使用されるすべての回転フライス工具のほぼ同じ長さの寿命から出発することができる。

30

しかし異種のワーク部分、特にクランク軸部分、例えば一方のアームおよび他方の行程支承部を同時に並行に加工する場合には別の事情が存在する。ワークの一定の回転速度は、この回転速度が1つの切削加工操作、例えば行程支承部加工だけについてしか最適化されないという欠点を持つ。そのためワーク部分、例えばアームでの各切削円弧長さ(Schnittbogenlänge)は回転対称的ではない輪郭のために著しく変化する結果になる。

40

したがって本発明の課題は、使用工具の寿命を最大にすることができ、しかも特にすべての回転フライス加工工具のできる限り一様な摩耗が得られるような、回転フライス加工の方法を提供することである。

この課題は、本発明により請求項1による方法によって解決され、該方法は、ワークの回転速度が回転フライス工具の最適な切削加工に関して適合せしめられるかまたは変化せしめられ、かつこの適合または変化によって設定されたワーク回転速度に依存して、第2の、かつ他の各回転フライス工具の回転速度が制御されることを特徴とする。この方法は内面フライス加工にも外面フライス加工にも使用可能である。

本発明による方法は、最適な切断および摩耗条件を目指す工具の切削加工操作がワークの

50

回転数を規定するという考えに基づく。このワーク回転速度は第2の工具の寿命に関しては望ましい切断性能および寿命よりも劣悪な結果に導くので、第2の工具は、所定のワーク回転速度でここでも最適な切削加工操作を得るためには回転速度が（第1の工具と比べて）異なるように調整もしくは制御される。簡単に言うと、第1の回転フライス工具はマスター設定（Master-Vorgabe）を提供し、第2の工具は上記の制御によって奴隷のようにこのマスター設定に従うようにされる（Master-Slave-Prinzip）。

本発明による方法の発展形が従属請求項に記載される。

有利に、回転フライス工具の各切削加工に関してそれぞれ時間間隔を置いて最適なワーク回転速度が見つけ出され、次いでこの見つけ出されたワーク回転速度の最低値が設定され、その際にその都度より高い、有利には最適なワーク回転速度が見つけ出された、他の回転フライス工具の回転速度が相応して制御されるように、本発明による方法は変更せしめられる。この手段は、ワークの回転速度として特定の回転フライス工具だけが決まって採用されるのではなく、加工中は優勢なマスター工具も、もしくは当該切削加工操作も、すなわちその都度最低の可能なワーク回転速度が選択されるように交換し得るという考えから出発する。2つの同時加工では、先ず、第1の加工がワーク回転速度に関して優勢であり、かつ第2の加工では工具回転速度が第1の切削加工の規定に応じて後制御され、それに対して加工中、第2の加工からより低いワーク回転速度が最適値として生じる一定の時点からは、第2の加工が優勢となり、かつその場合には同時に第1の加工はワーク速度に関してより低いワーク速度に依存して制御されるという場合が存在しよう。本発明の上記の発展形の枠内で、付加的に、より高いワーク回転速度として、見つけ出された最適なワーク回転速度よりも低いものを選択することもでき、この場合にはこの相対的に高いワーク回転速度は常に決められた下限値を上回らなければならないかまたはこれを下回ってはならない。

本発明による方法の別の発展形によれば、有利には同時に行われるすべての切削加工において回転フライス工具送りによって一定の切削厚さ（Spanungsdicke）0.1～0.3 mm、さらに有利には0.2～0.25 mmが調整される。これによりより低い切削厚さもより高い切削厚さもそれぞれ寿命の減少に導くという本発明による認識が考慮される。

有利に2つの回転フライス工具が同時に切削加工を行う場合には、第1の回転フライス工具の所定の切削厚さと一定の回転速度から、過剰寸法（Aufmass）に依存して（特にクランク軸のアームの切削加工では）回転フライス工具の最大可能な寿命に関してのワークの一速度プロフィールが見つけ出され、第2の回転フライス工具の回転速度がこの速度プロフィールに応じて制御される。方法のこの発展形は、ワークの回転速度が切削加工操作中変更され、しかも採用された第1の回転フライス工具のリード役は少なくとも第2の切削加工操作から寿命の最適化に関してより低いワーク回転速度が得られるまではそのまま（次いでこのより低い回転速度がリードの役割を第1の加工過程から第2の加工過程へと変更する）あることを包含する。

ワークの回転速度が2つの設定間で直線形に変更されると有利であり、これはワークの加工箇所において著しい過剰寸法変化がある場合には相応してより短いワーク回転速度の適合時間を、並びに過剰寸法変化が僅かである場合には該変化の著しい場合に比して比較的長いワーク回転速度適合を包含する。特にそれぞれ最適なワーク回転速度が求められる時点の時間的な間隔は、加工すべきワーク輪郭または切削円弧長さ、特にアームとこれによって与えられる切削円弧長さの変化に依存して調整せしめられる。

有利には本発明による方法は、クランク軸の行程ピン（Hubzapfen）、主支承部ジャーナル（Hauptlagerzapfen）およびまたはアームにおいて並置しての同時加工に使用される。本発明による別の構成によれば、各工具が少なくとも1つの軸上でワークの回転角度に依存して、切削加工によりもしくは切削加工の後に円筒形の輪郭（行程支承部で）が生じるように追従せしめられる。切削円弧長さ、すなわち工具の、適切なチップでもって係合している長さは全周に関して全周の10分の1～1000分の1にすぎない。

本発明の別の構成によれば、2つの回転フライス工具のチップが、第1の工具がジャーナル半部を含む右側の輪郭を、かつ第2の工具がジャーナル半部を含む左側の輪郭を加工す

10

20

30

40

50

るように分配される。有利には回転フライス工具として直交形の回転フライスが使用される。

切削条件の最適化のためには、回転フライス工具に存在するチップが、ワークに対して-5度～+15度の間、有利に-5度～+5度の有効すくい角が得られるように、配置されるかもしくはワークに対して案内される。軸直角すくい角（Rueckspanwinkel）は0度～10度である。逃げ角とチップの切刃角の計は75度～95度、有利に最大85度～95度である。

ワーク回転軸線に対して偏心して位置する部分、例えば行程支承部の加工では、工具を1軸線内でのみ一定の回転運動および等しい過剰寸法で追従させることによって不様な切削厚さが生じる。本発明による方法の一層の発展形によれば、この予期可能な不様性を補償して等しい切削厚さとすることが配慮される。

10

本発明による方法を実施するために使用される装置は、チップを備えた少なくとも2つの回転フライス工具を備えており、これらは高速フライスであり、各フライス工具に対して回転駆動装置を持つ支持体が設けられており、かつ回転駆動装置はそれぞれ回転数制御装置と接続されている。有利に支持体は2つのキャリッジを備え、キャリッジは2つの互いに垂直な方向内での工具の走行性を可能にする。これによってアンダーカット等の製作も可能となる。

上記の方法並びに上記の装置は、並置した異種の部材も、すなわち例えば一方の行程支承部および他方のアームも加工することができるのでワーク加工総時間、周期時間を著しく減少させることができるという利点を与える。本発明による方法技術は表面品質および仕

20

上げ加工されたワークの寸法精度の向上を達成することができ、その際に高い切削力および高い切削工具加熱が同様に回避される。

本発明の実施例が図面に示されている。図1はクランク軸を閉め込んだ本発明により装置の原理図、図2は本方法による加工形式の略示図、図3は2つのチップの加工形式の略示図、図4は各2つのチップもしくはチップ対の作用形式を示した図、図5は回転数のグラフである。

図1には切削加工のための装置100が本発明との関係で重要な構成部材に関して略示されている。構成部材はすべて図示されない機台内に配置されている。ワーク10、すなわちクランク軸は両端部11、12でもってその中心縦軸線を中心にして回転可能に、駆動可能な、回転可能なチャック13、14内に締め込まれている。加工にはディスク形の回転フライス工具15、16が使用され、これらに対応する駆動装置17、18を介して駆動可能である。各駆動装置17、18は支持体19、20上に支承され、このため工具は1軸線上をワーク10に追従せしめられる。さらに装置100内には2つの直交形の回転フライス21、22が配置され、これらに対応する駆動装置23、24を介して同様に回転駆動可能である。各直交形の回転フライス21、22はそれぞれ2つのキャリッジ25、26；27、28を備えた支持体上に支承され、そのために各直交形の回転フライス21、22の追従は回転中のクランク軸でも可能である。図示の装置でもって4つのクランク軸箇所

30

の同時加工が可能である。

装置100で使用するような回転フライス工具の作用形式が図2に略示されている。ワーク10の回転中心29の外部に偏心して配置されたクランク軸行程支承部30の切削加工を実施するためには、ディスク形の回転フライス工具15がその中心軸線31を中心にして一定のまたは可変の回転数でもって駆動され、その結果図2に示されない、外周部に配置されたチップが高い加工速度 v_c で加工箇所32を送り案内せしめられる。加工箇所32はワーク10の回転中心29を中心とした回転とともに移動し、かつ水平平面33から角度 β 変位せしめられる。工具15の追従のために、水平平面33内をRで示される方向に工具は移動されて、その結果工具15の中心軸線31に関して角度 α 変位せしめられた加工箇所32が常に到達される。その際に工具15は水平平面33内に位置する、工具追従運動の軸線上をワーク10の回転角度 β に依存して、各箇所32で切削加工の後に円筒形の輪郭が得られるように追従せしめられる。それぞれ高い切削速度並びに切削厚さ0.2～0.25mmがワーク10への小さな力もしくはチップのできる限り小

40

50

さな摩耗を示す。以下で本発明による方法が詳細に述べられる。

図3には、ワーク10の加工箇所32で円筒形の輪郭、すなわち具体的にはクランク軸行程支承部のピン加工を実施するためにどのように異なるチップ34, 35が工具15に配置され得るかが一部断面して略示されている。図示の図ではチップ34が切り込みを形成し、チップ35はピンの外径を形成する。完全な輪郭、すなわち2つの切り込みおよびピン加工が唯一の工具15によって図4による切削過程で形成することができ、その際に場合による摩耗の補正のために必要により後退（Zuruecksetzen）、軸方向の移動および新たな切り込みが適切な箇所で行われる。

ピン幅の形成が2つの工具を用いて実現される場合には交差部におけるエラー（これは工具15の同心回転エラーまたは機台の運動学的なエラーによる可能性がある）ができる限り僅かに保持されなければならない。そのためにはチップ35は正のすくい角を有し、かつワークについてはワークに対して有効すくい角 r_f - 5度～+15度、有利に-5度～+5度で配置もしくは案内される。軸直角すくい角（アキシャルすくい角） r_p は正であり、かつ10度までであってよい。チップの逃げ角 α （ワークに対して）と切刃角 β の計は75度～95度、有利に85度～95度である。

本発明による方法がクランク軸加工の例で以下で説明される。この例では2つの互いに独立の回転フライス工具が同時に並置して使用され、その際第1の工具はクランク軸アームの加工かつ第2の工具は行程支承部の加工に使用される。クランク軸アームはこの例では可変の過剰寸法を持つ。第1の寿命最適化のために、クランク軸加工工具においてアーム加工工具の一定の切削厚さ h_{max} および一定の回転数 v_c が与えられる。これから過剰寸法に応じてワーク回転速度に関する最適な速度プロフィール40が過剰寸法に応じてもしくは時間に依存して先に与えられる（図5参照）。クランク軸ピン加工には一定の回転速度41が最適であろう。この場合にも一定の切削厚さ h_{max} 0.2～0.25mmが先に与えられる。同様に、加工されるピンもしくはピン片では過剰寸法は一定である。ワークの回転数はアーム加工工具によって既に先に与えられているので、この回転速度に応じてピン加工工具の回転速度が可変に制御される。

方法の改良実施形によれば、回転数の経過41もしくは40から時点 t_1 までは回転数41が低い方であり、そのために時点 t_1 まではワーク、すなわちクランク軸はこの低い回転数41で作業される。この時間中はピン加工工具が優勢であり、アーム加工工具は回転速度については時点 t_1 まで選択されたワーク回転速度に依存して制御される。時点 t_1 から時点 t_2 までの間は、可変のアーム輪郭から最適な切削条件に関してより小さな回転速度40が得られ、したがってこの期間 $t_1 \sim t_2$ ではアーム加工工具が優勢であり、かつピン加工工具の回転数は相応して制御される。時点 $t_1 \sim t_2$ ではワークの回転数は変化するので、ピン加工工具の回転数の相応する変更も必要であり、変更は段階的に行われる、すなわちクランク軸の回転数変化が比較的著しく変わる期間内では適合は比較的短い時間内で、それぞれ直線形で行われ、変化がより小さい期間では比較的大きな時間でそれぞれ直線形に行われる。時点 t_2 に到達した後はピン加工工具が再び優勢となり、相応してアーム加工工具の回転数が後制御され、これは直線41に比べてこの場合にはより高い曲線40の回転数値から得られる。

同様のことが、可変の過剰寸法を持つ2つのワーク（これらのそれぞれ単独で観察されたワーク回転数に関する速度プロフィールが曲線40もしくは42によって先に与えられる）の加工でも得られる。この場合も時点 t_3 までは回転数42が実際に調整されるワークの回転数を規定し、時点 t_3 から時点 t_4 までは回転数曲線40に従った回転数が選択され、時点 t_4 通過後は再び回転数42が選択され、その都度別の加工工具がその回転数制御に関して後制御され、その都度“リード”または“マスター”工具が一定の回転数で運転される。

本発明の利点は、本発明による方法でもって同時に異なるワーク加工を従来よりも短い周期時間で行うことができ、かつ各回転フライス工具の寿命も最適化することができることである。

具体的な実施例、すなわちアーム加工では、刃の送りが仕上げ直径 d_w 、フライス軌道直

10

20

30

40

50

径 (Fraesbahndurchmesser) d_B 、フライス直径 D (回転フライス工具の直径) および切削厚さ h_{max} に依存して次式:

$$fz = dw \cdot \frac{\pi}{360} \cdot \left[\text{acos} \left[\frac{(dB)^2 - (da)^2 - D^2}{2 \cdot dB \cdot da} \right] \cdot \frac{180}{\pi} \right. \\ \left. - \text{acos} \left[\frac{(dB)^2 + (da)^2 - (D - 2 \cdot h_{max})^2}{2 \cdot dB \cdot da} \right] \cdot \frac{180}{\pi} \right]$$

10

により得られる。

特別な実施例では、以下に掲載されるクランク軸データ、工具データおよび切削データが先に与えられており、その都度工具回転数フライス軌跡直径並びに加工時間が従来技術で一般的な形式で決定される。これから特に表 1 から判る送り速度 V_f に関する速度プロフィールが得られ、かつクランク軸の回転数プロフィール n_{KW} が得られる。

逆に変化するクランク軸回転数が先に与えられている場合には第 2 の回転フライス工具 (例えば行程支承部の加工に使用される) の回転速度を見つけ出すことができる。

角 度 (Winkel)	0	44	45	60	70	80	90	100	140	150
仕上げ前半径 (Aufmaßradius)	36	36	94	104	113	120	121	122	118	114
仕上げ前直径 (Aufmaßdurchmesser)	72.0	72.0	188.0	208.0	226.0	240.0	242.0	244.0	236.0	228.0
送り／刃 (Vorschub/Zahn)	0.347	0.347	0.052	0.046	0.042	0.039	0.039	0.039	0.040	0.042
送り速度 (Vorschubgeschwindigkeit)	4137	4137	616	550	503	471	467	463	480	498
回転数 (Drehzahl)	19.65	19.65	2.93	2.61	2.39	2.24	2.22	2.20	2.28	2.37
切削円弧長さ (Schnittbogenlänge)	12.8	12.8	84.5	94.8	104.0	111.1	112.1	113.1	109.0	105.0
係合する刃 (Zähne im Eingriff)	0.51	0.51	3.36	3.77	4.14	4.42	4.46	4.50	4.34	4.18
主要時間 (Hauptzeit)	0.00	0.37	0.01	0.90	0.67	0.72	0.75	0.75	2.98	0.72

160	178	179	190	200	210	220	230	240	250	260	350
110	109	60	50	46	43	38	36	36	36	36	36
220.0	218.0	120.0	100.0	92.0	86.0	76.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
0.043	0.044	0.091	0.122	0.143	0.168	0.253	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347
517	523	1083	1453	1711	2002	3021	4137	4137	4137	4137	4137
2.46	2.48	5.15	6.90	8.13	9.51	14.35	19.65	19.65	19.65	19.65	19.65
100.9	99.9	47.9	35.7	30.4	26.0	17.4	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
4.02	3.98	1.91	1.42	1.21	1.03	0.69	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
0.69	1.21	0.04	0.30	0.22	0.19	0.14	0.10	0.08	0.08	0.08	0.85

10

20

30

40

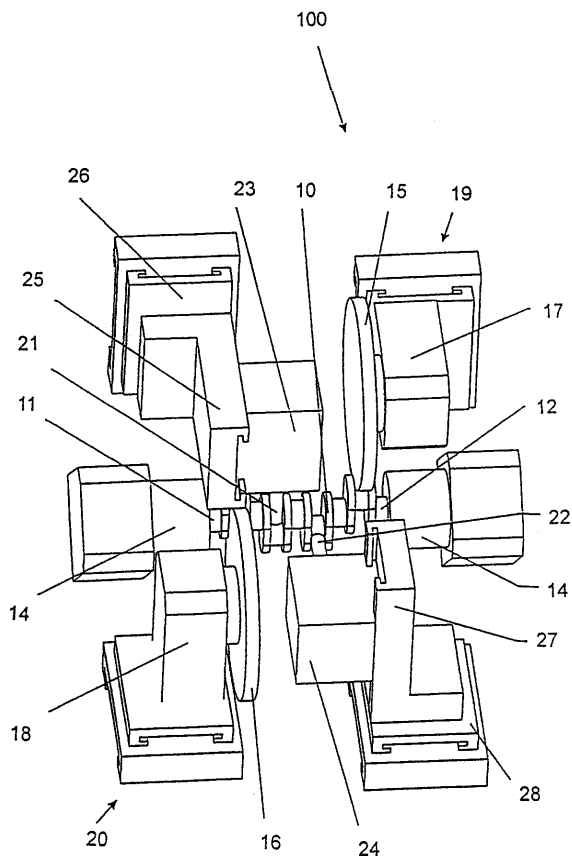
表 1

				アーム		行程支承部
				工程 1	工程 2	
クランク軸データ (Kurbelwellendaten)						
仕上げ直径	(Fertigdurchmesser)	dw	mm	67,0		57
仕上げ前直径	(Aufmaßdurchmesser)			244		4
工具 データ (Werkzeugdaten)						
フライス直径	(Fräserdurchmesser)	D	mm	800		
刃 数	(Zahnezahl)	ze		100		50
切削データ (Schnittdaten)						
最大切削厚さ	(max. Spandicke)	hmax	mm	0,14		0,13
切削速度	(Schnittgeschwindigkeit)	vc	m/分	300		500
加速速度	(Eilganggeschwindigkeit)	vE	mm/分	10000		10000
回転数 (Drehzahl)						
フライス軌道直径	(Fräserbahndurchmesser)	n(WZ)	1/分	119		199
総時間	(Gesamtzeit)	d3	mm	867		857
		s		11,9		4,7
				27,9		

10

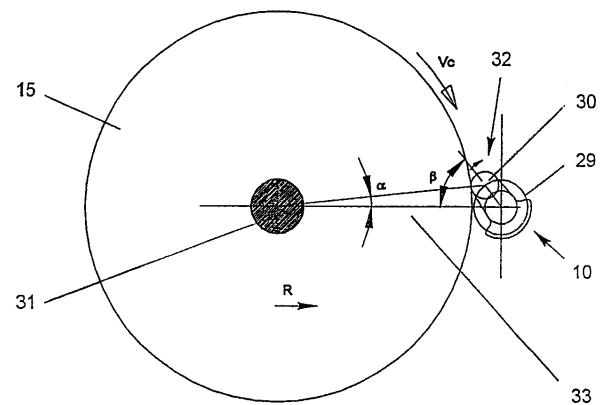
【図 1】

Fig. 1

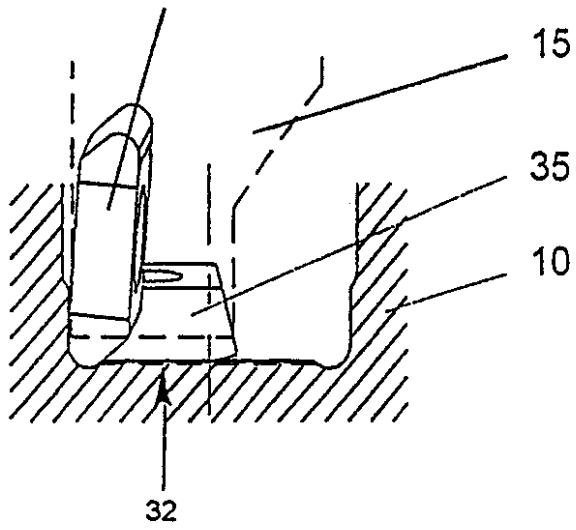


【図 2】

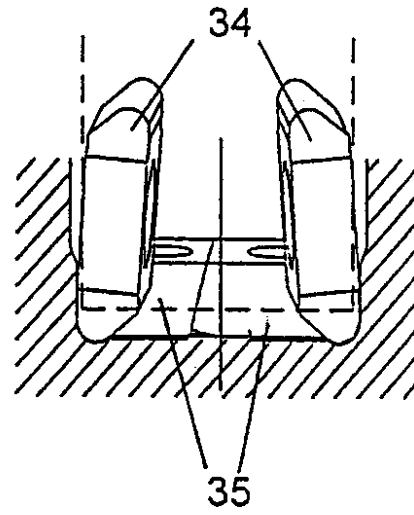
Fig. 2



【図 3】
Fig. 3



【図 4】
Fig. 4



【図 5】

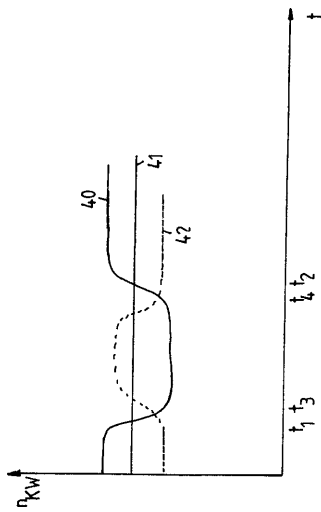


FIG. 5

フロントページの続き

(72)発明者 ラインホルト ゲゼル
ドイツ連邦共和国 ヴァイエンツェル ペータースドルフ 20

審査官 大川 登志男

(56)参考文献 実開昭63-067014 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23C 3/06