

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6669983号
(P6669983)

(45) 発行日 令和2年3月18日(2020.3.18)

(24) 登録日 令和2年3月3日(2020.3.3)

(51) Int. Cl.	F 1
B 2 3 B 1/00 (2006.01)	B 2 3 B 1/00 Z
B 2 3 B 27/08 (2006.01)	B 2 3 B 27/08 A

請求項の数 28 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-121362 (P2015-121362)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成27年6月16日 (2015. 6. 16)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2016-26894 (P2016-26894A)		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28年2月18日 (2016. 2. 18)	(74) 代理人	100130188
審査請求日	平成30年5月17日 (2018. 5. 17)		弁理士 山本 喜一
(31) 優先権主張番号	特願2014-132119 (P2014-132119)	(74) 代理人	100089082
(32) 優先日	平成26年6月27日 (2014. 6. 27)		弁理士 小林 脩
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(74) 代理人	100190333
			弁理士 木村 群司
		(72) 発明者	東 孝幸
			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	山田 良彦
			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】 切削装置及び切削方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

切削工具を当該切削工具の軸線回りに回転させる回転手段と、
前記切削工具及び工作物を相対送りする送り手段と、
を備え、
前記工作物は、円筒状に形成され、前記円筒状の軸線回りに回転する物体であり、
前記回転手段は、前記切削工具の外周面の周速度が前記工作物の外周面の周速度以上となるように、前記切削工具の外周面を回転させ、
前記送り手段は、前記切削工具の外周面をすくい面として、前記切削工具及び前記工作物を相対送りすることにより、前記工作物を切削加工する、切削装置。

10

【請求項 2】

前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度は、前記切削工具で前記工作物を切削加工するときの切削点での周速度である、請求項 1 に記載の切削装置。

【請求項 3】

前記切削加工によって発生する切屑が、前記すくい面での引っ張りにより張った状態となっている、請求項 1 又は 2 に記載の切削装置。

【請求項 4】

前記切削工具の外周面の周速度は、前記すくい面の一部の周速度又は前記すくい面における前記切削加工によって発生する切屑と接する領域の平均周速度である、請求項 1 - 3 の何れか一項に記載の切削装置。

20

【請求項 5】

前記切削装置は、
前記切削工具の回転軸を傾斜させる傾斜手段、を備え、
前記傾斜手段は、前記切削工具の回転軸線を前記切削工具の切削送り方向に所定角度で傾斜させることにより、前記工作物を切削加工する、請求項 1 - 4 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 6】

前記切削装置は、前記切削工具のすくい角が正となるように前記切削工具を配置して前記工作物を切削加工する、請求項 1 - 5 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 7】

前記切削工具の外周面は、軸直角断面が円形状である、請求項 1 - 6 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 8】

前記切削工具の外周面は、円錐面状である、請求項 7 に記載の切削装置。

【請求項 9】

前記切削工具の外周面は、周方向に摩擦係数の異なる領域を有する、請求項 1 - 8 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 10】

前記切削工具の外周面は、前記切削工具による切削加工により発生する切屑の分断が可能な溝を有する、請求項 1 - 9 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 11】

前記切削工具の外周面の周速度と、前記工作物の外周面の周速度との速度比を所定の範囲で一定となるように制御する速度比一定手段を備える、請求項 1 - 10 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 12】

前記速度比一定手段は、前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度の少なくとも一方を制御する制御装置である、請求項 11 に記載の切削装置。

【請求項 13】

前記制御装置は、
前記切削工具の外周面の周速度を取得する周速度取得手段と、
前記工作物の外周面の周速度を取得する送り速度取得手段と、
前記周速度取得手段及び前記送り速度取得手段で取得した各速度に基づいて前記速度比を算出する速度比算出手段と、を備え、

前記速度比算出手段で算出した前記速度比が前記所定の範囲を越えている場合、前記所定の範囲となるように前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度の少なくとも一方を制御する、請求項 12 に記載の切削装置。

【請求項 14】

前記制御装置は、切削加工途中において、前記工作物の径が変化することで、又は前記切削工具の径が変化することで、前記速度比が変化する場合、前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度の少なくとも一方を制御する、請求項 13 に記載の切削装置。

【請求項 15】

前記切削工具の外周面は、円錐面状であり、前記切削工具の外周面の周速度は、前記切削工具の外周面と大径端面とのなす稜線での周速度である、請求項 11 - 14 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 16】

前記切削工具の外周面は、円錐面状であり、前記切削工具の外周面の周速度は、前記切削工具の外周面における前記切削工具の軸線方向の中間部での周速度である、請求項 11 - 14 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

前記切削工具の外周面は、円錐面状であり、前記切削工具の外周面の周速度は、前記外周面の全域の平均周速度である、請求項 1 1 - 1 4 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 1 8】

前記速度比一定手段は、前記速度比が 1 . 0 となるように常時制御する、請求項 1 1 - 1 7 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 1 9】

前記速度比一定手段は、前記速度比が 1 . 0 以上となるように制御する、請求項 1 1 - 1 7 の何れか一項に記載の切削装置。

【請求項 2 0】

前記速度比一定手段は、前記速度比が 2 . 0 以下となるように制御する、請求項 1 9 に記載の切削装置。

10

【請求項 2 1】

前記切削工具で前記工作物を切削加工するときの切削点における切屑の流出方向と前記切削工具の切れ刃の回転方向とがなす前記切屑の流出角度が 3 0 度以上 7 0 度以下であって、前記切削工具の外周面の周速度と、前記工作物の外周面の周速度との速度比が 1 . 0 以上となるように制御する流出角度・速度比制御手段を備える、請求項 1 に記載の切削装置。

【請求項 2 2】

前記流出角度・速度比制御手段は、前記速度比が 2 . 0 以下となるように制御する、請求項 2 1 に記載の切削装置。

20

【請求項 2 3】

流出角度・速度比制御手段は、前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度の少なくとも一方を制御する制御装置である、請求項 2 1 又は 2 2 に記載の切削装置。

【請求項 2 4】

前記切削工具で前記工作物を切削加工するときの切削点における切屑の流出方向での前記切屑の流出速度と、前記切削工具の外周面の周速度との流出速度比が 0 . 5 以上 1 . 3 以下で、前記切削工具の外周面の周速度と、前記工作物の外周面の周速度との速度比が 1 . 0 以上となるように制御する流出速度・速度比制御手段を備える、請求項 1 に記載の切削装置。

30

【請求項 2 5】

前記流出速度・速度比制御手段は、前記切削工具の外周面の周速度及び前記工作物の外周面の周速度の少なくとも一方を制御する制御装置である、請求項 2 4 に記載の切削装置。

【請求項 2 6】

前記切削工具で前記工作物を切削加工するときの切削点における切屑の流出方向と前記切削工具の切れ刃の回転方向とがなす前記切屑の流出角度が 3 0 度以上 7 0 度以下で、前記切削点における前記切屑の流出方向での前記切屑の流出速度と、前記切削工具の外周面の周速度との流出速度比が 0 . 5 以上 1 . 3 以下となるように制御する流出速度比制御手段を備える、請求項 1 に記載の切削装置。

40

【請求項 2 7】

前記流出速度比制御手段は、制御装置である、請求項 2 6 に記載の切削装置。

【請求項 2 8】

請求項 1 に記載の切削装置の切削方法であって、
前記工作物は、円筒状に形成され、前記円筒状の軸線回りに回転する物体であり、
前記切削工具の外周面の周速度が前記工作物の外周面の周速度以上となるように前記切削工具を回転させる工程と、
前記切削工具の外周面をすくい面として前記切削工具及び前記工作物を相対送りすることにより、前記工作物を切削加工する工程と、
を備える切削方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、切削装置及び切削方法に関する。

【背景技術】

【0002】

切削装置では、バイト等の切削工具でチタン合金やインコネル等の難切削材でなる工作物を切削加工すると、切削工具の切れ刃は工作物と大きな切削抵抗力で長時間接触することになるので、切れ刃の接触部分に高温の切削熱が発生し易く、工具寿命が低下するおそれがある。

10

【0003】

そこで、例えば、特許文献1には、回転可能な丸駒形状の切削工具の回転軸線を切削送り方向と平行に配置し、切削工具を回転させながら工具端面をすくい面として工作物を切削加工するロータリー切削方法が提案されている。このロータリー切削方法では、切削工具が回転しているので、切れ刃に発生する切削熱は全周に分散されることになり、工具寿命を向上できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-68831号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

現状のロータリー切削方法では、高能率な切削加工を実現できるが、それでも切れ刃の摩耗は激しくさらなる工具寿命の向上が求められている。また、ロータリー切削方法では、切削工具の回転軸が切削送り方向と平行に配置されるため、工作物の切削加工面には、切削加工時に切削工具の回転振れの影響が転写され易く、切削加工面の精度が悪化するという問題がある。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、切削工具の工具寿命の更なる向上、及び切削加工面の高精度化を図れる切削装置及び切削方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

(切削装置)

本発明の切削装置は、切削工具を当該切削工具の軸線回りに回転させる回転手段と、前記切削工具及び工作物を相対送りする送り手段と、を備え、前記工作物は、円筒状に形成され、前記円筒状の軸線回りに回転する物体であり、前記回転手段は、前記切削工具の外周面の周速度が前記工作物の外周面の周速度以上となるように、前記切削工具の外周面を回転させ、前記送り手段は、前記切削工具の外周面をすくい面として、前記切削工具及び前記工作物を相対送りすることにより、前記工作物を切削加工する。

40

【0008】

この切削工具による切削加工では、外周面が回転しながら工作物に対し切り込んでいく引き切り作用、及び切屑が回転する外周面に引っ張られて流出する引っ張り作用を示す。よって、この切削加工においては、切削工具が回転して切れ刃に発生する切削熱が外周面全周に分散されることと合わせて上記作用により切削抵抗力を低減して切れ刃の温度を低減でき、工具寿命の向上を図れる。そして、切削工具の外周面の周速度が工作物の外周面の周速度に対し1.0以上の場合、すくい面で切屑が引っ張られ切削点から流出していく流出速度が、切り込みによる切屑の生成速度と等しい又は切屑の生成速度より大きくなるため、切屑は弛まずに張った状態となり良好な加工結果を得易い。

50

【 0 0 0 9 】

(切削方法)

本発明の切削方法は、前記工作物は、円筒状に形成され、前記円筒状の軸線回りに回転する物体であり、前記切削工具の外周面の周速度が前記工作物の外周面の周速度以上となるように前記切削工具を回転させる工程と、前記切削工具の外周面をすくい面として前記切削工具及び前記工作物を相対送りすることにより、前記工作物を切削加工する工程と、を備える。

本発明の切削方法によれば、上述した切削装置における効果と同様の効果を奏する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

10

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係る切削装置の全体構成を示す平面図である。

【 図 2 A 】 図 1 の切削装置に用いられる切削工具を示す正面図である。

【 図 2 B 】 図 2 A の切削工具の側面図である。

【 図 3 】 図 2 A , 図 2 B の切削工具を用いたプランジ方向送りでの円筒切削制御を説明するためのフローチャートである。

【 図 4 A 】 図 2 A , 図 2 B の切削工具によるプランジ方向送りでの円筒切削状態を示す工作物の回転軸線方向から見た図である。

【 図 4 B 】 図 4 A を工作物の回転軸線に直角な方向から見た図である。

【 図 5 】 横軸を押し切り方向、縦軸を引き切り方向にして引き切り作用のイメージを説明するための図である。

20

【 図 6 】 引き切りのときの切削工具の見掛け上の刃先角と、押し切りのときの切削工具の刃先角とを重ねて大きさを比較した図である。

【 図 7 】 実測した工具周速と切削抵抗との関係を示す図である。

【 図 8 A 】 図 2 A , 図 2 B の切削工具によるプランジ方向送りでの円筒切削状態を高速カメラで撮像するときの撮像方向を示す工作物の回転軸線方向から見た図である。

【 図 8 B 】 図 8 A を工作物の回転軸線に直角な方向から見た図である。

【 図 9 A 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 1 の図である。

【 図 9 B 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 2 の図である。

【 図 9 C 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 3 の図である。

【 図 9 D 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 4 の図である。

30

【 図 9 E 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 5 の図である。

【 図 9 F 】 周速比を変化させて高速カメラで撮像した画像を示す第 6 の図である。

【 図 1 0 A 】 切屑流出角度と周速比との関係を示す図である。

【 図 1 0 B 】 切屑の流出速度比と周速比との関係を示す図である。

【 図 1 0 C 】 切屑流出角度と切屑の流出速度比との関係を示す図である。

【 図 1 1 A 】 ロータリー工具による切削状態を示す斜視図である。

【 図 1 1 B 】 図 1 1 A を工作物の回転軸線方向から見た図である。

【 図 1 2 A 】 図 1 の切削装置に用いられる切削工具の第一の別形態を示す正面図である。

【 図 1 2 B 】 図 1 の切削装置に用いられる切削工具の第二の別形態を示す正面図である。

【 図 1 2 C 】 図 1 の切削装置に用いられる切削工具の第三の別形態を示す正面図である。

40

【 図 1 3 】 図 1 の切削装置に用いられる切削工具の第四の別形態を示す正面図である。

【 図 1 4 A 】 図 2 A , 図 2 B の切削工具によるトラバース方向送りでの円筒切削状態を示す工作物の回転軸線に直角な方向であって切削工具を正面から見た図である。

【 図 1 4 B 】 図 1 4 A を工作物の回転軸線に直角な方向であって切削工具を側面から見た図である。

【 図 1 5 A 】 図 2 A , 図 2 B の切削工具による平面切削状態を示す平面に直角な方向から見た図である。

【 図 1 5 B 】 図 1 5 A を平面に平行な方向から見た図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

50

(切削装置の機械構成)

図 1 に示すように、切削装置 1 は、主軸台 1 0 と、ベッド 2 0 と、心押し台 3 0 と、往復台 4 0 と、送り台 5 0 と、チルト台 6 0 と、刃物台 7 0 と、制御装置 8 0 等とから構成される。なお、以下の説明では、主軸台 1 0 に設けられている回転主軸 1 1 の軸線方向を Z 軸方向、回転主軸 1 1 の軸線方向と水平面内で直交する方向を X 軸方向と称する。

【 0 0 1 2 】

主軸台 1 0 は、直方体状に形成され、ベッド 2 0 上に設置される。主軸台 1 0 には、回転主軸 1 1 が回転可能に設けられる。回転主軸 1 1 には、一端側に工作物 W の一端側の周面を把持可能な爪 1 2 a を備えたチャック 1 2 が取り付けられる。回転主軸 1 1 は、主軸台 1 0 内に収容された主軸モータ 1 3 により回転駆動される。

10

【 0 0 1 3 】

ベッド 2 0 は、直方体状に形成され、回転主軸 1 1 の下方において主軸台 1 0 から Z 軸方向に延びるように床上に設置される。ベッド 2 0 の上面には、心押し台 3 0 及び往復台 4 0 が摺動可能な一対の Z 軸ガイドレール 2 1 a , 2 1 b が、Z 軸方向に延びるように、且つ、相互に平行に設けられる。さらに、ベッド 2 0 には、一対の Z 軸ガイドレール 2 1 a , 2 1 b の間に、往復台 4 0 を Z 軸方向に駆動するための、図略の Z 軸ボールねじが配置され、この Z 軸ボールねじを回転駆動する Z 軸モータ 2 2 が配置される。

【 0 0 1 4 】

心押し台 3 0 は、ベッド 2 0 に対して Z 軸方向に移動可能なように、一対の Z 軸ガイドレール 2 1 a , 2 1 b 上に設けられる。心押し台 3 0 には、チャック 1 2 に把持された工作物 W の自由端面を支持可能なセンタ 3 1 が設けられる。すなわち、センタ 3 1 は、センタ 3 1 の軸線が回転主軸 1 1 の軸線と一致するように心押し台 3 0 に設けられる。

20

【 0 0 1 5 】

往復台 4 0 は、矩形板状に形成され、ベッド 2 0 に対して Z 軸方向に移動可能なように、一対の Z 軸ガイドレール 2 1 a , 2 1 b 上の主軸台 1 0 と心押し台 3 0 との間に設けられる。往復台 4 0 の上面には、送り台 5 0 が摺動可能な一対の X 軸ガイドレール 4 1 a , 4 1 b が、X 軸方向に延びるように、且つ、相互に平行に設けられる。さらに、往復台 4 0 には、一対の X 軸ガイドレール 4 1 a , 4 1 b の間に、送り台 5 0 を X 軸方向に駆動するための、図略の X 軸ボールねじが配置され、この X 軸ボールねじを回転駆動する X 軸モータ 4 2 が配置される。

30

【 0 0 1 6 】

送り台 5 0 は、矩形板状に形成され、往復台 4 0 に対して X 軸方向に移動可能なように、一対の X 軸ガイドレール 4 1 a , 4 1 b 上に設けられる。送り台 5 0 の上面には、チルト台 6 0 を支持する一対のチルト台支持部 6 1 が Z 軸方向に所定間隔をあけて配置される。

【 0 0 1 7 】

チルト台 6 0 は、クレードル状に形成され、送り台 5 0 に対して Z 軸線回りに回転（揺動）可能なように、一対のチルト台支持部 6 1 に支持される。チルト台 6 0 の上面には、刃物台 7 0 が配置される。一方のチルト台支持部 6 1 には、チルト台 6 0 を Z 軸線回りに回転（揺動）駆動するチルトモータ 6 2 が配置される。

40

【 0 0 1 8 】

刃物台 7 0 には、工具ホルダ 7 1 が X 軸線回りに回転可能に設けられる。そして、刃物台 7 0 には、工具ホルダ 7 1 を X 軸線回りに回転駆動する工具用モータ 7 2 が配置される。工具ホルダ 7 1 には、後述する切削工具 9 0 がチャッキングされる。また、刃物台 7 0 には、切削工具 9 0 を冷却するための切削油を供給する図略の切削油供給装置と繋がる供給ノズル 7 3 が備えられる。

【 0 0 1 9 】

制御装置 8 0 は、主軸回転制御部 8 1 と、往復台移動制御部 8 2 と、送り台移動制御部 8 3 と、チルト制御部 8 4 と、工具回転制御部 8 5 とを備える。ここで、各部 8 1 ~ 8 5 は、それぞれ個別のハードウェアによる構成することもできるし、ソフトウェアによりそ

50

れぞれ実現する構成とすることもできる。

【0020】

主軸回転制御部81は、主軸モータ13を制御して回転主軸11を所定の回転数で回転駆動させる。

往復台移動制御部82は、Z軸モータ22を制御して往復台40を一对のZ軸ガイドレール21a, 21bに沿って往復移動させる。

【0021】

送り台移動制御部83は、X軸モータ42を制御して送り台50を一对のX軸ガイドレール41a, 41bに沿って往復移動させる。

チルト制御部84は、チルトモータ62を制御してチルト台60をZ軸線回りに回転(揺動)駆動させる。

工具回転制御部85は、工具用モータ72を制御して切削工具90を工具ホルダ71とともに回転駆動させる。

【0022】

制御装置80は、チルトモータ62を制御して切削工具90を所定角度に傾斜させ、主軸モータ13及び工具用モータ72を制御して、工作物Wを回転させるとともに切削工具90を回転させ、X軸モータ42及びZ軸モータ22を制御して、工作物Wと切削工具90とをX軸方向及びZ軸方向に相対移動することにより、切削工具90の外周面を工作物Wに切り込ませて工作物Wの切削加工を行う。

【0023】

なお、刃物台70、工具ホルダ71、工具用モータ72及び工具回転制御部85等が、本発明の「回転手段」に相当し、往復台40、Z軸ガイドレール21a, 21b、Z軸モータ22、送り台50、X軸ガイドレール41a, 41b、X軸モータ42、往復台移動制御部82及び送り台移動制御部83等が、本発明の「送り手段」に相当し、チルト台60、チルト台支持部61、チルトモータ62及びチルト制御部84等が、本発明の「傾斜手段」に相当する。

【0024】

(切削工具の形状)

図2A及び図2Bに示すように、切削工具90は、円錐台状の工具本体91と、工具本体91の根元側の小径端面91aから延びる円柱状の工具軸92とで構成される。工具本体91の外周面は、円錐面状のすくい面91bとして形成され、工具本体91の大径端面は、平坦な逃げ面91cとして形成される。

【0025】

そして、工具本体91のすくい面91bと逃げ面91cとのなす稜線は、連続した円形状、すなわち途中で分断されていない円形状の切れ刃91rとして形成される。切削工具90の刃先角、すなわちすくい面91bを回転軸線Rtと直角な方向から見たときの傾斜線と、逃げ面91cを回転軸線Rtと直角な方向から見たときの直線との成す角は、切れ刃91rの強度を保持するため、45度以上、好ましくは70度から80度で形成される。

【0026】

(切削工具を用いた切削方法とロータリー工具を用いた切削方法)

次に、切削工具90を用いた切削方法と、この切削方法に比較的近い既存のロータリー工具を用いた切削方法の相違点を円筒状の工作物Wを切削する場合について説明する。

図11A及び図11Bに示すように、ロータリー工具100は、円錐台状の工具本体101と、工具本体101の小径端面101aから延びる円柱状の工具軸102とで構成される。工具本体101の大径端面はすくい面101bとして形成され、すくい面101bの周縁部分には、連続した円形状、すなわち途中で分断されていない円形状の切れ刃101cが形成される。

【0027】

このロータリー工具100を用いた切削方法では、ロータリー工具100を図示矢印r

10

20

30

40

50

r で示す方向に回転させ、工作物 W を図示矢印 r_w で示す方向に回転させる。そして、ロータリー工具100の回転軸線 R_r を、工作物 W の回転軸線 R_w と直角であって工作物 W の切削加工面(外周面) W_s の切削点 P_r を通る接線 L_w に対し平行にする。この状態で、ロータリー工具100の切れ刃101 c を工作物 W の切削加工面 W_s の切削点 P_r に切り込ませ、工作物 W の切削加工面 W_s を周方向に切削する。

【0028】

この切削中、ロータリー工具100は切削点 P_r において受ける切削抵抗力により僅かに振動するが、その振動方向 v_r は工作物 W の回転軸線 R_w と直角であって切削点 P_r を通る方向、すなわち切削送り方向 G に対し直交する方向である。よって、ロータリー工具100の切れ刃100 c は、振動によって工作物 W の切削加工面 W_s から径方向に周期的に離脱することになるので、切削加工面 W_s には、切削加工時にロータリー工具100の回転振れの影響が転写され易く、切削加工面 W_s の精度が悪化する傾向にある。

10

【0029】

一方、図4Aに示すように、先ず、制御装置80は、切削工具90の回転軸線 R_t が、切削点 P_t の法線に平行な状態から切削送り方向 G_p に所定角度傾斜した状態になるようにセットする。具体的には、工作物 W の回転軸線 R_w と直角であって工作物 W の切削加工面 W_s の切削点 P_t と接する直線 L_t を、工作物 W の回転軸線 R_w を中心に切削送り方向 G_p に所定角度傾斜させ、得られる直線 L_c と平行になるように、切削工具90の回転軸線 R_t を傾斜させる。これにより、切削工具90の逃げ面91 c と工作物 W の切削加工面 W_s との接触は、防止される。

20

【0030】

図4A及び図4Bに示すように、切削工具90を用いた切削方法では、切削工具90は切削点 P_t において受ける切削抵抗力により僅かに振動するが、その振動方向 v_t は工作物 W の回転軸線 R_w と直角であって切削点 P_t を通る直線 L_t の方向に対し切削工具90の傾斜方向に角度傾斜した方向、すなわち切削送り方向 G_p に対し傾斜角度の補角(180度 - 度)だけ回転させた方向である。よって、切削工具90の切れ刃91 r は、振動によって工作物 W の切削加工面 W_s から径方向に周期的に離脱する量が少ないので、工作物 W の切削加工面 W_s には、切削加工時に切削工具90の回転振れの影響が転写され難く、切削加工面 W_s の精度が向上する。

【0031】

30

次に、図4A及び図4Bに示すように、制御装置80は、切削工具90のすくい面91 b を回転軸線 R_t 回りで回転方向 r_t に回転させるとともに、工作物 W を回転軸線 R_w 回りで回転方向 r_w に回転させることにより、工作物 W の切削加工面 W_s を切削加工する。すなわち、ロータリー工具100では、工具本体101の大径端面をすくい面101 b として切削加工を行うが、切削工具90では、工具本体91の外周面をすくい面91 b として切削加工を行う。この切削工具90による切削加工では、切削工具90のすくい面91 b が回転しながら工作物 W の切削加工面 W_s に対し切り込んでいく引き切り作用、及び切屑 K が回転する切削工具90のすくい面91 b に引っ張られて流出する引っ張り作用を示す。

【0032】

40

ここで、図5は、横軸を押し切り方向、縦軸を引き切り方向にして引き切り作用のイメージを説明するための図である。切削工具90の刃先角は、切削工具90を回転させないで切削加工を行う押し切りのときの刃先角と考えられるので、切削工具90を回転軸線に直角な方向から見たときの切れ刃91 r を図5の横軸及び縦軸の交点に、逃げ面91 c を横軸に置くことで、すくい面91 b と逃げ面91 c との成す角として表される。そして、上記引き切りのときの切削工具90の見掛け上の刃先角は、切削工具90を回転させて切削加工を行うときの刃先角と考えられるので、すくい面91 b 及び逃げ面91 c を通る任意の線 t を引き切り方向に平行移動させ、切れ刃91 r と線 t の両端とをそれぞれ結んだ線 m, m' の成す角として表される。

【0033】

50

そして、図 6 から明らかなように、引き切りのときの切削工具 90 の見掛け上の刃先角は、押し切りのときの切削工具 90 の刃先角 よりも鋭くなる。これにより、切削工具 90 による切削加工では、切削抵抗力を低減して切れ刃 91 r の温度を低減できるので、切削工具 90 の工具寿命の向上を図れる。さらに、切削工具 90 のせん断角（図 4 B 参照）、すなわち切削送り方向 G p に対する切屑 K の流出方向は、上記引っ張り作用により切削工具 90 を回転させないで切削加工を行う押し切りのときよりも大きくなる。これにより、切削工具 90 による切削加工では、切削抵抗力を低減して切れ刃 91 r の温度を低減できるので、切削工具 90 の工具寿命の向上を図れる。

【 0 0 3 4 】

図 7 は、実測した切削工具 90 の周速度（以下、工具周速という） V と切削抵抗 N との関係を示す。工具周速 V は、切れ刃 91 r 上の切削点 P t（図 4 A 参照）の回転速度である。切削抵抗 N としては、切削点 P t において切削工具 90 の回転軸線 R t 及び工作物 W の回転軸線 R w に対し直角な主分力方向の切削抵抗 N_m （図 4 A 参照）と、切削点 P t において切削工具 90 の回転軸線 R t に対し直角であって工作物 W の回転軸線 R w に対し平行な背分力方向（主分力方向に対し直角な方向）の切削抵抗 N_b （図 4 B 参照）と、切削工具 90 の回転方向の切削抵抗 N_r （図 4 A 参照）とを測定した。

【 0 0 3 5 】

図 7 から明らかなように、主分力方向の切削抵抗 N_m 及び背分力方向の切削抵抗 N_b は、工具周速 V が 0 の押し切りのときは大きい、工具周速 V が大きくなるにつれて小さくなって略一定となる。特に、主分力方向の切削抵抗 N_m 及び背分力方向の切削抵抗 N_b は、工具周速 V が切削速度と同一の速度 V_a より大きくなると大幅に低減する。なお、回転方向の切削抵抗 N_r は、工具周速 V が大きくなるにつれて徐々に大きくなって略一定となる。

【 0 0 3 6 】

そして、工具周速 V が 0 のときは、短くて厚い切屑が流出するが、工具周速 V が大きくなるにつれて、切削加工距離以上の長くて薄い切屑 K（図 4 A 及び図 4 B 参照）が流出する。これは、工具周速 V が 0 のときは、切屑の流出速度が切削速度より遅いので、切屑が塑性変形して切屑の厚さが切削厚さに比べて厚く短くなるが、工具周速 V が大きくなるにつれて、上記引き切り作用及び上記引っ張り作用が大きく働いて切屑 K の流出速度が速くなるので、切屑 K が薄くて長くなると推定される。以上より、切削工具 90 を用いた切削加工では、切れ刃 91 r の温度が問題となるチタン合金やインコネル等の難切削材の切削において、より高能率な切削が可能となる。

【 0 0 3 7 】

切削工具 90 を用いた切削方法では、工具周速と工作物 W の周速度（以下、ワーク周速という）との比（工具周速 / ワーク周速、以下、周速比（本発明の「速度比」に相当）という）が工具寿命等の結果に大きな影響を及ぼす。つまり、周速比が変化すると、切削工具 90 と工作物 W との摩擦仕事変動し、切削工具 90 が摩耗し易くなるためである。この周速比は、1.0 とすることで切削工具 90 と工作物 W との摩擦仕事最小となり、工具寿命延長効果が得られる。

【 0 0 3 8 】

周速比が変化する例としては、外周面が段差形状やテーパ形状となっている工作物 W の切削加工、加工パスが複数回にわたる工作物 W の切削加工、工作物 W の端面の切削加工等がある。これらの場合、加工途中で工作物 W の径（以下、ワーク径という）が変化するため、ワーク周速が変化し、それに伴って周速比も変化する。また、周速比が変化する別例としては、工具摩耗や工具再研磨等がある。これらの場合、切削工具 90 の工具径が変化するため、工具周速が変化し、それに伴って周速比も変化する。

【 0 0 3 9 】

ここで、図 4 A 及び図 4 B に対応させた図 8 A 及び図 8 B に示すように、高速カメラ C a を図示矢印方向から撮像可能に配置した。そして、制御装置 80 は、周速比を 0.0 - 2.0 まで変化させたときの切屑 K の流出状態を高速カメラ C a で撮像して画像を解析し

10

20

30

40

50

、切削工具 90 の切れ刃 91 r に対する切屑 K の流出方向の流出角度を求めた。

【 0040 】

その結果、図 9 A 及び図 10 A に示すように、周速比が 0.0 (切削工具 90 の回転を停止) のとき、切屑 K は切れ刃 91 r から直線 L t の方向、すなわち流出角度 90 度で流出する。そして、図 9 B - 図 9 F 及び図 10 A に示すように、周速比が 0.2 から 2.0 と高くなるにつれて、切屑 K の流出角度は周速比が 0.0 のときの流出角度 90 度に対し切削工具 90 の回転方向 r t に徐々に小さくなる、すなわち 70 度から 31 度になることが判明した。

【 0041 】

そして、高速カメラ C a で撮像した画像を解析し、切屑 K の流出速度を求めた。その結果、図 10 B に示すように、周速比が 0.2 以上になると、切屑流出速度とワーク周速との比 (以下、流出速度比という) は大きくなることが判明した。切屑 K の引っ張り作用は、流出角度が小さく流出速度比が大きい方が得易いと考えられる。この観点及び図 10 A、図 10 B から、周速比は 0.2 以上とし、切屑 K の流出角度は 30 度以上 70 度以下とする。

【 0042 】

さらに、上述のように周速比は、1.0 とすることで切削工具 90 と工作物 W との摩擦仕事量が最小となり、工具寿命延長効果が得られる。また、周速比が 2.0 になると、切屑 K はある長さには達したときに分断することを繰り返すので、周速比を 2.0 未満とすることで、繋がった切屑 K を連続的に流出させられる。また、周速比を 2.0 を超えた値で一定にして切削加工し続けると、切削工具 90 と切屑 K との間の摩擦仕事量が増加するため、工具寿命が低下する傾向にある。これらの観点及び図 10 C からは、周速比は 1.0 以上 2.0 未満とし、流出速度比は 0.5 以上 1.3 以下とする。なお、切削工具 90 と工作物 W との摩擦仕事量を最小にして工具寿命延長効果を得、且つ繋がった切屑 K を連続的に流出させて工作物 W 等への絡まりを防止するためには、周速比は 1.0 以上 2.0 以下とする。

【 0043 】

(切削工具を用いた切削制御)

次に、切削工具 90 を用いて円筒状の工作物 W を軸線 R w 回りに回転させてプランジ方向送りで切削する場合の制御について説明する。切削工具 90 を用いた切削制御では、周速比が所定の範囲で一定となるように制御する。以下に、図 3 のフローチャートを参照して説明する。

【 0044 】

制御装置 80 は、工具径を取得し (図 3 のステップ S 1)、ワーク径を取得する (図 3 のステップ S 2)。ここで、工具径は、計測装置で実測して得る。この工具径は、実測した逃げ面 91 c (切れ刃 91 r) の直径、すなわち図 4 A の切削点 P t を通る回転軸線 R t に直角な円周の直径を使用するが、実測したすくい面 91 b における切れ刃 91 r と切屑 K との接触長さの中間部の直径、すなわち図 4 A の点 P x を通る回転軸線 R t に直角な円周の直径でもよい。ワーク径は、設計図面や NC プログラムから得る。

【 0045 】

次に、制御装置 80 は、取得した工具径に基づいて工具周速を算出し (図 3 のステップ S 3、本発明の「周速度取得手段」に相当)、取得したワーク径に基づいてワーク周速を算出する (図 3 のステップ S 4、本発明の「送り速度取得手段」に相当)。工具周速 V は、切れ刃 91 r 上の図 4 A の切削点 P t の回転速度であり、工具径 D 及び回転主軸 11 の主軸回転速度 N により次式 (1) で表される。ワーク周速 v は、切削加工面 W s 上の図 4 A の切削点 P t の回転速度であり、ワーク径 d 及び工作物 W のワーク回転速度 n により次式 (2) で表される。

【 0046 】

10

20

30

40

【数 1】

$$V = \pi \cdot D \cdot N \cdots (1)$$

【0047】

【数 2】

$$v = \pi \cdot d \cdot n \cdots (2)$$

【0048】

次に、制御装置 80 は、算出したワーク周速が、予め設定された切削工具 90 の摩耗に大きな影響を与えない上限値以下の周速度であるか否かを判断し（図 3 のステップ S5）、ワーク周速が設定上限値を越える場合は、工作物 W の回転速度を変更し（図 3 のステップ S6）、ステップ S2 に戻って上述の処理を繰り返す。工作物 W の回転速度の変更は、例えば現在の工作物 W の回転速度の ±5% ~ ±10% の範囲内で変更する。

10

【0049】

一方、ステップ S5 において、制御装置 80 は、ワーク周速が設定上限値以下である場合は、算出した工具周速及びワーク周速に基づいて周速比を算出する（図 3 のステップ S7、本発明の「速度比算出手段」に相当）。周速比は、工具周速 V 及びワーク周速 v により次式（3）で表される。

【0050】

【数 3】

$$\nu = V / v \cdots (3)$$

20

【0051】

次に、制御装置 80 は、算出した周速比が所定の範囲を越えているか否かを判断し（図 3 のステップ S8）、周速比が所定の範囲を越える場合は、切削工具 90 の回転速度を変更し（図 3 のステップ S9）、ステップ S2 に戻って上述の処理を繰り返す。一方、ステップ S8 において、周速比が所定の範囲内である場合は、そのまま切削加工を継続し、ステップ S2 に戻って上述の処理を繰り返す。上記所定の範囲とは、例えば「1.0」を基準に ±10% ~ ±20% の範囲をいう。また、切削工具 90 の回転速度の変更は、例えば現在の切削工具 90 の回転速度の ±5% ~ ±10% の範囲内で変更する。以上の処理は、円筒状の工作物 W の切削加工が終了するまで繰り返す。

30

【0052】

（切削工具の別形態）

上述の実施形態では、切削工具 90 のすくい面 91b を均一の摩擦係数となるように形成したが、図 12A、図 12B 及び図 12C に示す切削工具 90A、90B、90C のように、すくい面 91ba、91bb、91bc を不均一の摩擦係数となるように形成してもよい。すなわち、図 12A の切削工具 90A は、摩擦係数が高い領域 Ah と摩擦係数が低い領域 Al を周方向に交互に形成したすくい面 91ba を有する。

【0053】

この場合、両領域 Ah、Al の周方向の長さを同一にすると、すくい面 91b が均一の摩擦係数に近くなって引き切りの効果が低減するおそれがあるため、摩擦係数が高い領域 Ah の周方向の長さを摩擦係数が低い領域 Al の周方向の長さより長くするとよい。図 12B の切削工具 90B は、摩擦係数が高い領域 Ah と摩擦係数が低い領域 Al を半周ずつ形成したすくい面 91bb を有する。図 12C の切削工具 90C は、摩擦係数が低い領域 Al の一部に摩擦係数が高い領域 Ah を形成したすくい面 91bc を有する。

40

【0054】

これらの切削工具 90A、90B、90C では、摩擦係数が高い領域 Ah では切屑との接触時間が長くなるので切屑の排出を促すことができる。摩擦係数が低い領域 Al は、例えばダイヤモンドライクカーボン等をコーティングすることにより形成する。なお、摩擦係数が高い領域 Ah と摩擦係数が低い領域 Al との比率は、上述の比率に限定されるものではなく、任意の比率で形成してもよい。

50

【 0 0 5 5 】

また、上述の実施形態では、切削工具90の切れ刃91rを連続する円形状、すなわち途中で分断されていない円形状に形成したが、図13に示す切削工具90Dのように切れ刃91rdの一部を所定幅91dwで切り欠く溝91dを設けて非連続の円形状、すなわち途中で分断された円形状に形成してもよい。すなわち、溝91dは、切削工具90Dのすくい面91bに沿って逃げ面91cから小径端面91aまで所定幅91dwで延びるように形成される。この切削工具90Dでは、切屑が溝91d通過時に分断されるので、切屑の後処理が簡易になる。なお、溝91dは、1個に限定されるものではなく、2個以上設けるようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

また、上述の実施形態では、切削工具90の工具本体91を円錐台状に形成したが、軸直角断面が全体として環状であればよく、例えば円柱状もしくは逆円錐台状に形成してもよい。また、花弁状等の円形状の一部に凹凸形状等がある場合を含む。切削工具の周面側にすくい面及び切れ刃を形成でき、切屑をすくい面で引っ張る回転工具として機能する形状であれば厳密な円形状に限定されない。この場合の切削工具は、すくい面を正とすると逃げ面が工作物Wと干渉するおそれがあるため、すくい面を負とするか逃げ面となる部分を凹ませて工作物Wとの干渉を防止する。

【 0 0 5 7 】

(その他)

なお、上述の実施形態では、切削工具90を用いたプランジ方向送りでの円筒切削制御において、切削工具90の回転軸線Rtが、切削点Ptの法線に平行な状態から切削送り方向Gpに所定角度傾斜した状態で切削加工を行う場合を説明した。しかし、切削工具90の回転軸線Rtが、切削点Ptの法線に平行な状態で切削加工を行うようにしてもよい。

【 0 0 5 8 】

また、周速比一定制御において、工具周速は、切削工具90のすくい面91bと逃げ面91cとの成す切れ刃91rでの周速度を用いたが、すくい面91bにおける切削工具90の軸線Rt方向の中間部での周速度、もしくはすくい面91bの全域の平均周速度を用いてもよい。また、すくい面91bにおける切削工具90の軸線Rt方向の中間部以外的一部分もしくは一部の領域(例えば、切屑Kと接する領域のみ)の平均周速度を用いてもよい。また、平均周速度の対象となるすくい面91bの領域は、切れ刃91rを含む外周面でもよいし、切れ刃91rをすくい面91bの領域とは別として扱い、平均周速度の対象としなくてもよい。

また、周速比一定制御においては、周速比が所定の範囲内になるように制御したが、周速比が「1.0」となるように常時制御してもよい。

【 0 0 5 9 】

また、周速比一定制御において、周速比は、工具周速及びワーク周速に基づいて算出したが、切屑Kの流出速度と周速比との関係を予め設定しておき、実際の切削加工において切屑Kの流出速度を求めることで得られる。切屑Kの流出速度は、例えば高速度カメラの画像解析で求め、あるいは切屑厚さと切屑Kの流出速度との関係を予め設定しておき、実際の切削加工において切屑厚さを測定することで得られる。

【 0 0 6 0 】

また、流出角度・速度比制御手段による制御は、加工条件として前述の数値範囲を用いているのであれば、形態は様々なものであってよい。前述の数値範囲が得られる切削装置の動作条件を、予め実験から測定しておいたり、加工中にリアルタイムで測定した測定結果を解析して求め、制御装置80に反映させてもよい。また、予めの計測やリアルタイム計測からのフィードバックに関わらず、制御装置80で切削装置1を適宜制御した結果、加工条件が前述の数値範囲に結果t系に該当する、という場合も含む。上述のことは、流出速度・速度比制御手段による制御、及び流出速度比制御手段による制御も同様である。

。

10

20

30

40

50

【0061】

また、上述の実施形態では、円筒状の工作物Wの切削加工面Wsを周方向に切削する場合、すなわちX(プランジ)方向送りでの加工について説明したが、Z(トラバース)方向送りでの加工も同様である。すなわち、図14A及び図14Bに示すように、切削工具90の回転軸線Rtが、切削点Ptの法線に平行な状態から切削送り方向Gtに所定角度傾斜した状態になるようにセットする。そして、切削工具90のすくい面91bを回転軸線Rt回りで回転方向rtに回転させるとともに、工作物Wを回転軸線Rw回りで回転方向rwに回転させ、切削工具90を工作物Wを回転軸線Rwに平行な方向に送ることにより、もしくは切削工具90の送りはせずに工作物Wを回転軸線Rwに平行な方向に送ることにより、工作物Wの切削加工面Wsを切削加工する。

10

【0062】

また、上述の実施形態では、円筒研削を例に説明したが、平面研削においても切削工具90の適用は可能である。すなわち、図15A及び図15Bに示すように、切削工具90の回転軸線Rtが、工作物WWの平面な切削加工面WWsに対し直角な状態から切削送り方向GGに所定角度傾斜した状態になるようにセットする。そして、切削工具90のすくい面91bを回転軸線Rt回りで回転方向rtに工具周速Vで回転させるとともに、切削工具90を工作物WWの切削加工面WWsに沿って移動速度vで移動させることにより、もしくは切削工具90の移動はせずに工作物WWを切削加工面WWsに平行な方向に移動速度vで移動させることにより、工作物WWの切削加工面WWsを切削加工する。

【0063】

20

(効果)

本実施形態の切削装置1は、切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dを当該切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dの軸線Rt回りに回転させる回転手段70等と、切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90D及び工作物W, WWを相対送りする送り手段40等と、を備え、回転手段70等及び送り手段40等は、切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dの外周面を回転させながらすくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcとして送ることにより、工作物W, WWを切削加工する。

【0064】

この切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dによる切削加工では、すくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcが回転しながら工作物W, WWに対し切り込んでいく引き切り作用、及び切屑Kが回転するすくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcに引っ張られて流出する引っ張り作用を示す。よって、この切削加工においては、切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dが回転して切れ刃91r, 91rdに発生する切削熱がすくい面91b全周に分散されることと合わせて上記作用により切削抵抗力を低減して切れ刃91r, 91rdの温度を低減でき、工具寿命の向上を図れる。

30

【0065】

また、回転手段70等及び送り手段40等は、切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dの周速が切削工具90, 90A, 90B, 90C, 90Dの切削速度以上となるように工作物W, WWを切削加工する場合を含む。換言すると、周速比が1.0以上となる場合を含む。周速比が1.0以上の場合、すくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcで切屑Kが引っ張られ切削点Ptから流出していく流出速度が、切り込みによる切屑Kの生成速度と等しい又は切屑Kの生成速度より大きくなるため、切屑Kは弛まずに張った状態となり良好な加工結果を得易い。なお、切屑Kの生成速度とすくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcの周速との速度差ですくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcの摩耗が大きくなり過ぎないように、周速比は1.0以上2.0以下である場合でもよい。また、周速比が1.0以上2.0未満であると、切屑Kを連続的に流出させ易い。

40

【0066】

ただし、周速比が1.0以上の場合に限らず、1.0を下回る場合も含む。周速比が1.0を下回る状態でも、すくい面91b, 91ba, 91bb, 91bcで引っ張り力に

50

より従来の加工法よりも良好な加工結果を得易い。例えば、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の切り込みによる切屑 K の滑りやすい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc との間の摩耗が大きくなり難いように、周速比は 0.2 以上 1.0 未満であってもよい。また、周速比が 0.5 以上 1.0 未満であると切屑 K を連続的に流出させ易い。また、切削抵抗は、引き切り作用及び引っ張り作用が大きくなるため大幅に低減できるので、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の発熱を低減し、工具寿命を向上できる。

【0067】

また、切削加工によって発生する切屑 K が、すくい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc での引っ張りにより張った状態となっているので、切屑 K が切削加工において干渉

10

することを防止でき、良好な加工結果を得易い。
また、切削工具の周速は、すくい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc の一部の周速又はすくい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc における切削加工によって発生する切屑 K と接する領域の平均周速であるので、精度の高い周速比が得られる。

【0068】

また、切削装置 1 は、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の回転軸線 Rt を傾斜させる傾斜手段 60 等、を備え、傾斜手段 60 等は、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の回転軸線 Rt を切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の切削送り方向 Gp, Gt, GG に所定角度で傾斜させることにより、工作物 W, WW を切削加工する。

20

【0069】

これにより、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D は、切削送り方向 Gp, Gt, GG に対し傾斜角度の補角だけ回転させた方向に振動する。一方、一般的なロータリー工具 100 は、切削送り方向 Gp に対し直角に回転させた方向に振動する。よって、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の切れ刃 91r, 91rd は、ロータリー工具 100 の切れ刃 101c と比較して振動によって工作物 W, WW の切削加工面 Ws, Wws から周期的に離脱する量が少なくなるので、切削加工面 Ws, Wws には、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の回転振れの影響が転写され難く、切削加工面 Ws, Wws の精度が向上する。

【0070】

また、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D は、円筒状の工作物 W を切削加工する。これにより、高精度な切削加工面 Ws を有する工作物 W が得られる。

30

また、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D は、平面状の工作物 WW を切削加工する。これにより、高精度な切削加工面 Wws を有する工作物 WW が得られる。

【0071】

また、切削装置 1 は、すくい角が正となるように切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D を配置して工作物 W, WW を切削加工する。これにより、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D は、切屑 K を滑らかに排出し易くなるため、切削加工においては、切削抵抗を大幅に低減できるので、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D の発熱を低減し、工具寿命を向上できる。

40

【0072】

また、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D のすくい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc は、軸直角断面が円形状である場合を含む。これにより、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D は、シンプルな構造となり製作が容易となるので、比較的 low コストでの提供が可能となる。

また、切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D のすくい面 91b, 91ba, 91bb, 91bc は、円錐面状である場合を含む。この切削工具 90, 90A, 90B, 90C, 90D では、すくい角の調整が容易となる。

【0073】

また、切削工具 90A, 90B, 90C のすくい面 91ba, 91bb, 91bc は、

50

周方向に摩擦係数の異なる領域 A_h , A_l を有する。この切削工具 90 , $90B$, $90C$ では、摩擦係数が高い領域 A_h において切屑 K の排出を促すことができる。

また、切削工具 $90D$ のすくい面 $91bd$ は、切削工具 $90D$ による切削加工により発生する切屑 K の分断が可能な溝 $91d$ を有する。この切削工具 $90D$ では、切屑 K が溝 $91d$ 通過時に分断されるので、切屑 K の後処理が簡易になる。

【0074】

また、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ のすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ の周速度 V と、工作物 W の周速度 v (切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ 及び工作物 W を相対送りするときの送り速度) との周速比 (速度比)、又は工作物 W の移動速度 v (切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ 及び工作物 W を相対送りするときの送り速度) との速度比 を所定の範囲で一定となるように制御する速度比一定手段を備える。これにより、速度比を常に一定に保ちながら切削加工することで工具寿命延長が図られ、更なる高能率化を実現できる。

10

【0075】

また、速度比一定手段は、周速度 V 及び送り速度 v の少なくとも一方を制御する制御装置 80 である。この制御装置 80 は、周速度 V を取得する周速度取得手段と、送り速度 v を取得する送り速度取得手段と、周速度取得手段及び前記送り速度取得手段で取得した各速度 V , v に基づいて速度比 を算出する速度比算出手段と、を備え、速度比算出手段で算出した速度比 が所定の範囲を越えている場合、所定の範囲となるように周速度 V 及び送り速度 v の少なくとも一方を制御する。これにより、工作物 W の形状が変化しても周速比を高精度に一定に保つことができ、工具寿命延長を図って更なる高能率化を実現できる。

20

【0076】

また、工作物 W は、円筒状の軸線 R_w 回りに回転する物体であり、送り速度 v は、工作物 W の切削加工面 W_s (外周面) の回転方向の周速度である。これにより、工作物 W の切削加工面 W_s を高能率に切削加工できる。

また、工作物 W は、切削加工面 W_s (平面) に平行な方向に移動する物体であり、送り速度 v は、工作物 W の移動方向の移動速度である。これにより、工作物 W の切削加工面 W_s を高能率に切削加工できる。

【0077】

また、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ のすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ は、円錐面状であり、周速度 V は、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ のすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ と逃げ面 $91c$ とのなす切れ刃 $91r$, $91rd$ での周速度である。これにより、切れ刃 $91r$, $91rd$ での摩耗を低減できる。

30

【0078】

また、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ のすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ は、円錐面状であり、周速度 V は、すくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ における切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ の軸線 R_t 方向の中間部での周速度である。これにより、すくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ の摩耗の均一化を図ることができる。

40

【0079】

また、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ のすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ は、円錐面状であり、周速度 V は、すくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ の全域の平均周速度である。これにより、切れ刃 $91r$, $91rd$ を含むすくい面 $91b$, $91ba$, $91bb$, $91bc$, $91d$ の全域の摩耗を低減できる。

また、速度比一定手段は、速度比 が 1.0 となるように常時制御する。これにより、切削工具 90 , $90A$, $90B$, $90C$, $90D$ と工作物 W , W との摩擦仕事は最小となり、工具寿命延長効果が得られる。

50

【 0 0 8 0 】

また、速度比一定手段は、速度比 が 0 . 2 以上となるように制御する。また、速度比一定手段は、速度比 が 1 . 0 以上となるように制御する。また、速度比一定手段は、速度比 が 2 . 0 以下となるように制御する。また、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D で工作物 W , W W を切削加工したときの切屑 K の流出角度が 3 0 度以上 7 0 度以下であって、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面の周速度と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D 及び工作物 W , W W を相對送りするときの送り速度との速度比 が 0 . 2 以上となるように制御する流出角度・速度比制御手段を備える。これらの数値範囲を用いることで、切屑 K の引っ張り作用が得易く、良好な加工結果を得易い。

10

【 0 0 8 1 】

また、流出角度・速度比制御手段は、速度比 が 1 . 0 以上となるように制御する。また、速度比一定手段は、速度比 が 2 . 0 以下となるように制御する。また、流出角度・速度比制御手段は、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D で工作物 W , W W を切削加工したときの切屑 K の流出速度と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面の周速度との流出速度比が 0 . 5 以上 1 . 3 以下で、速度比 が 0 . 2 以上となるように制御する。流出角度・速度比制御手段は、周速度及び送り速度の少なくとも一方を制御する制御装置 8 0 である。これらの数値範囲を用いることで、切屑 K の引っ張り作用が得易く、良好な加工結果を得易い。

【 0 0 8 2 】

また、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D で工作物 W , W W を切削加工したときの切屑 K の流出速度と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面の周速度との流出速度比が 0 . 5 以上 1 . 3 以下で、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面の周速度と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D 及び工作物 W , W W を相對送りするときの送り速度との速度比が 0 . 2 以上となるように制御する流出速度・速度比制御手段を備える。また、流出速度・速度比制御手段は、周速度及び送り速度の少なくとも一方を制御する制御装置 8 0 である。これらの数値範囲を用いることで、切屑 K の引っ張り作用が得易く、良好な加工結果を得易い。

20

【 0 0 8 3 】

また、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D で工作物 W , W W を切削加工したときの切屑 K の流出角度が 3 0 度以上 7 0 度以下で、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D で工作物 W , W W を切削加工したときの切屑 K の流出速度と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面の周速度との流出速度比が 0 . 5 以上 1 . 3 以下となるように制御する流出速度比制御手段を備える。流出速度比制御手段は、制御装置 8 0 である。これらの数値範囲を用いることで、切屑 K の引っ張り作用が得易く、良好な加工結果を得易い。

30

【 0 0 8 4 】

本実施形態の切削方法は、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面を当該切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の軸線 R t 回りに回転させる工程と、切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の外周面をすくい面 9 1 b , 9 1 b a , 9 1 b b , 9 1 b c , 9 1 d として切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D 及び工作物 W , W W を相對送りするとともに、前記切削工具の周速が前記切削工具の切削速度以上となるように工作物 W , W W を切削加工する工程と、を備える。切削工具 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D の端面は、平坦な逃げ面 9 1 c として形成される。これにより、上述した切削装置 1 における効果と同様の効果を奏する。

40

【 符号の説明 】

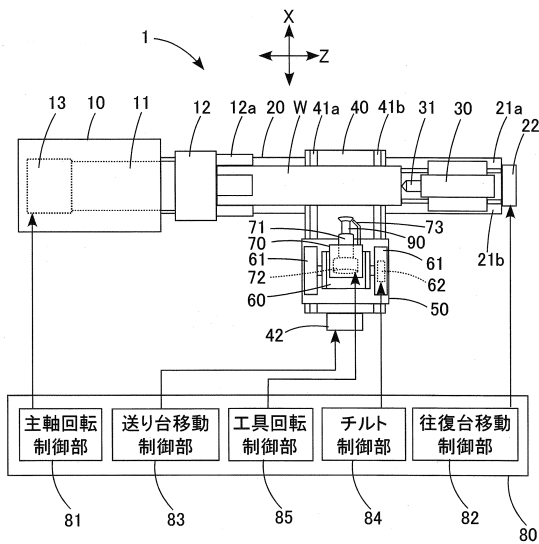
【 0 0 8 5 】

1 : 切削装置、 7 0 , 7 1 , 7 2 , 8 5 : 回転手段、 4 0 , 2 1 a , 2 1 b , 2 2 , 5 0 , 4 1 a , 4 1 b , 4 2 , 8 2 , 8 3 : 送り手段、 6 0 , 6 1 , 6 2 , 8 4 : 傾斜手段、 9 0 , 9 0 A , 9 0 B , 9 0 C , 9 0 D : 切削工具、 9 1 b , 9 1 b a , 9

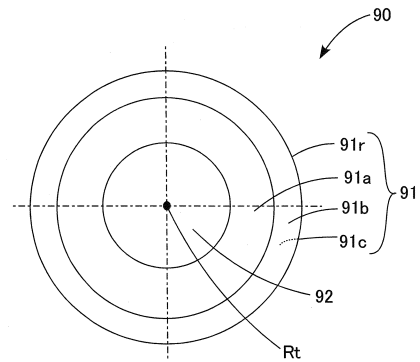
50

1 b b , 9 1 b c : 工具本体の外周面 (すくい面)、 9 1 c : 工具本体の大径端面 (逃げ面)、
9 1 r , 9 1 r d : 工具本体の外周面と大径端面とのなす稜線 (切れ刃)、
: 刃先角、 : 見掛け上の刃先角、 : 切削工具の回転軸線の傾斜角、 G p , G
G : 切削送り方向、 W : 工作物

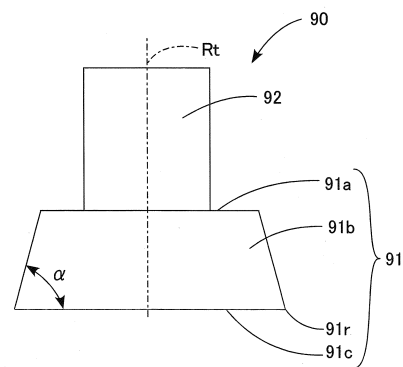
【 図 1 】



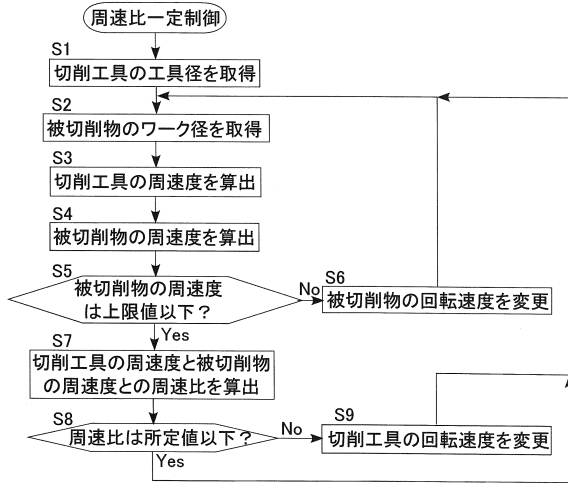
【 図 2 A 】



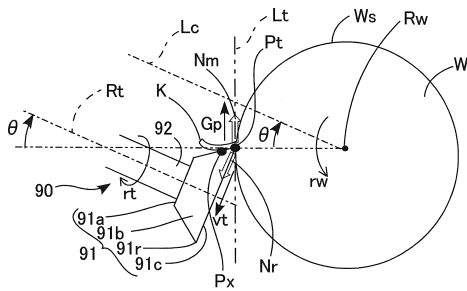
【 図 2 B 】



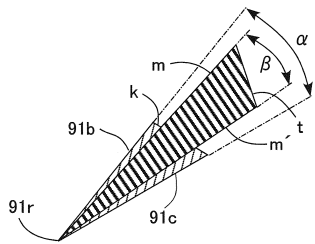
【図3】



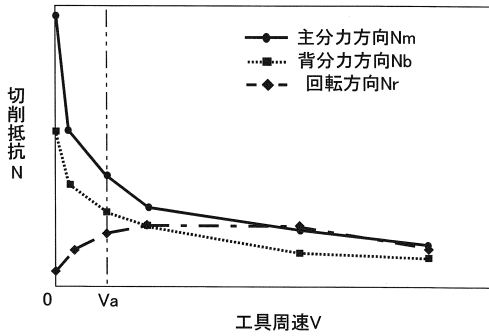
【図4A】



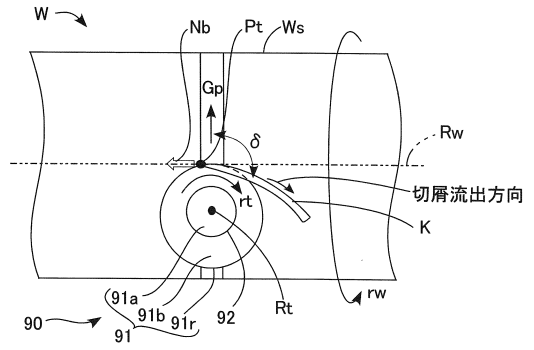
【図6】



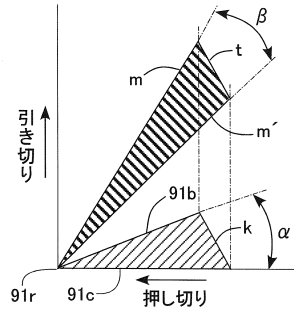
【図7】



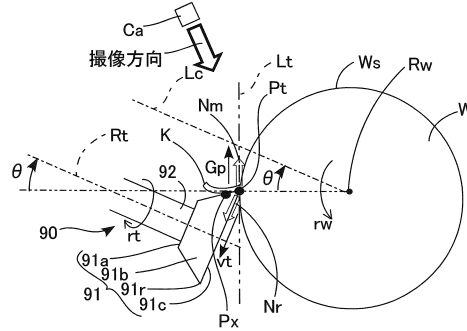
【図4B】



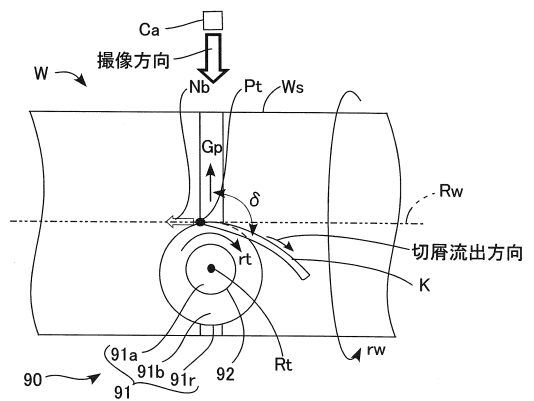
【図5】



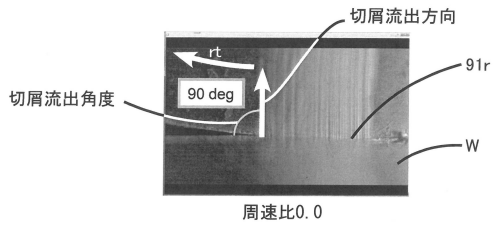
【図8A】



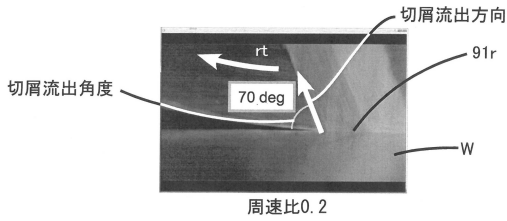
【図8B】



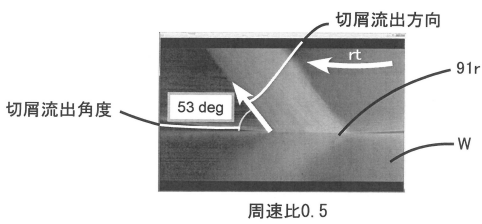
【図9A】



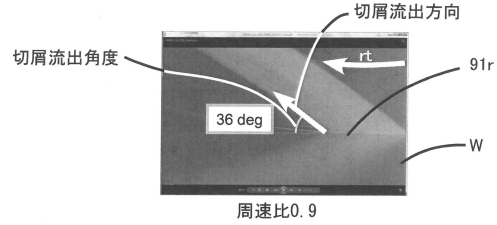
【図9B】



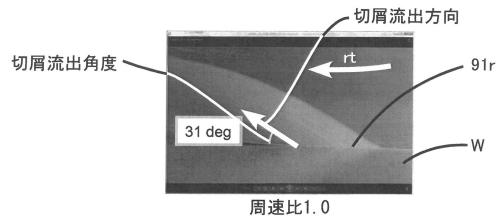
【図9C】



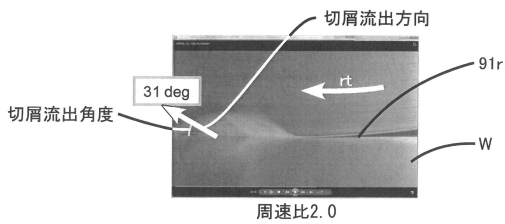
【図9D】



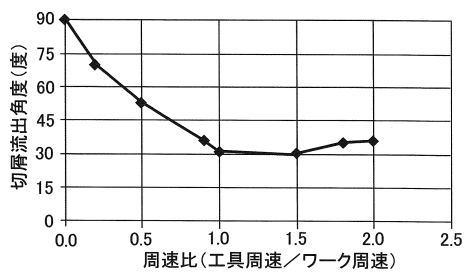
【図9E】



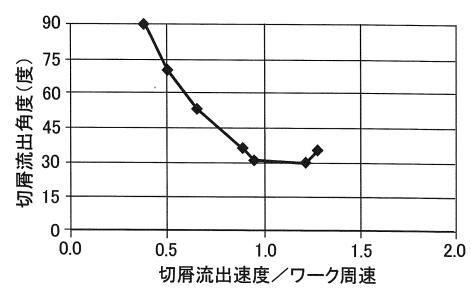
【図9F】



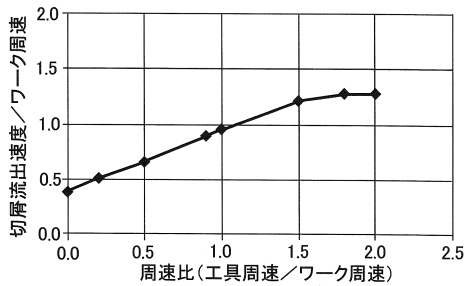
【図10A】



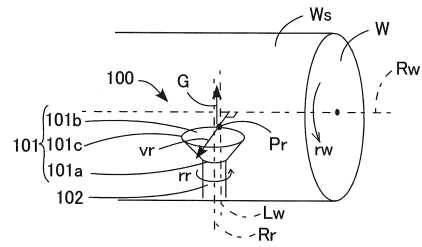
【図10C】



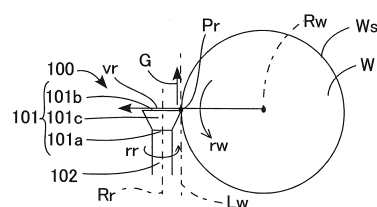
【図10B】



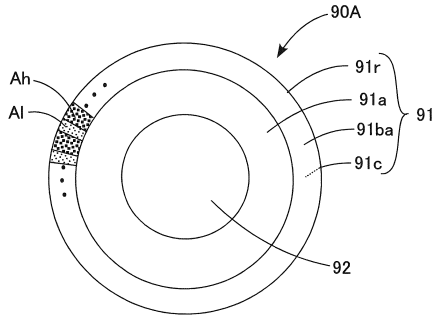
【図11A】



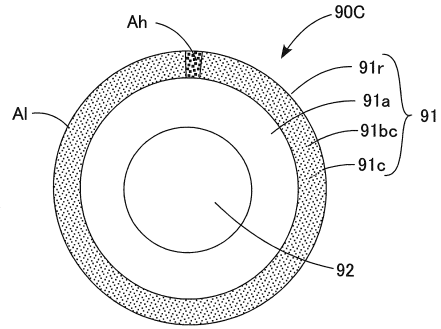
【図11B】



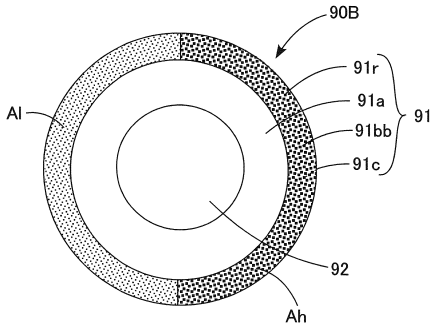
【図12A】



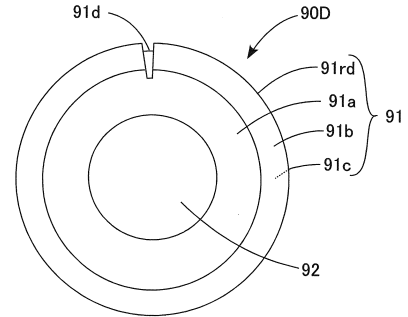
【図12C】



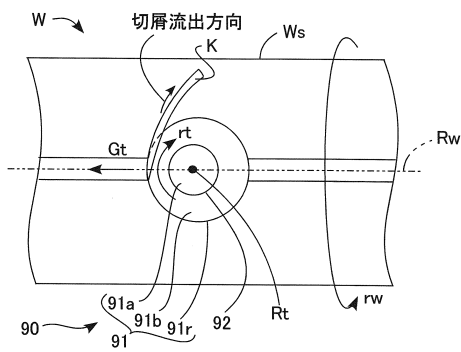
【図12B】



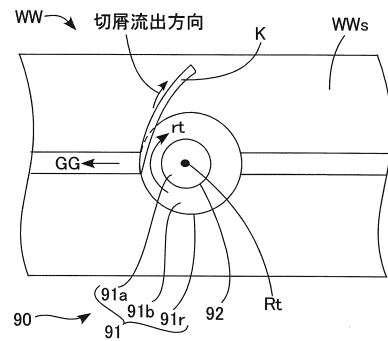
【図13】



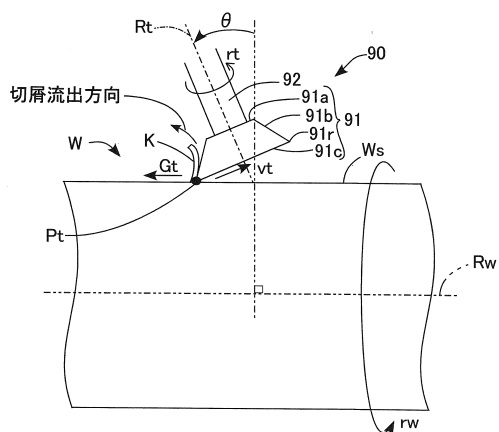
【図14A】



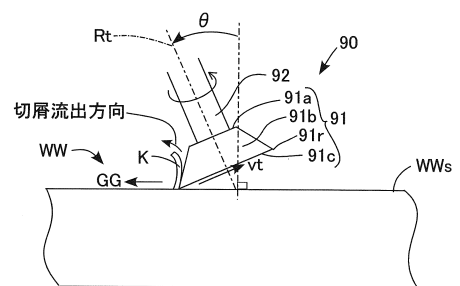
【図15A】



【図14B】



【図15B】



フロントページの続き

- (72)発明者 濱田 賢治
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 貴治 雅博
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 渡邊 浩史
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

審査官 亀田 貴志

- (56)参考文献 特開昭63-267101(JP,A)
特開2011-161628(JP,A)
米国特許第04177699(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 B	1 / 0 0		
B 2 3 B	3 / 2 2		
B 2 3 B	2 7 / 0 0	-	2 7 / 2 4
B 2 3 C	1 / 1 4		