

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-79540

(P2018-79540A)

(43) 公開日 平成30年5月24日(2018.5.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<b>B 2 3 P 23/04</b> (2006.01)	B 2 3 P 23/04	3 C 0 4 5
<b>B 2 3 P 13/00</b> (2006.01)	B 2 3 P 13/00	
<b>B 2 3 B 1/00</b> (2006.01)	B 2 3 B 1/00	A
<b>C 2 1 D 1/09</b> (2006.01)	B 2 3 B 1/00	Z
	C 2 1 D 1/09	M

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-223470 (P2016-223470)  
 (22) 出願日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(71) 出願人 504139662  
 国立大学法人名古屋大学  
 愛知県名古屋市千種区不老町1番  
 (71) 出願人 000149066  
 オークマ株式会社  
 愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目25番地の1  
 (74) 代理人 100078721  
 弁理士 石田 喜樹  
 (74) 代理人 100124420  
 弁理士 園田 清隆  
 (72) 発明者 社本 英二  
 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

最終頁に続く

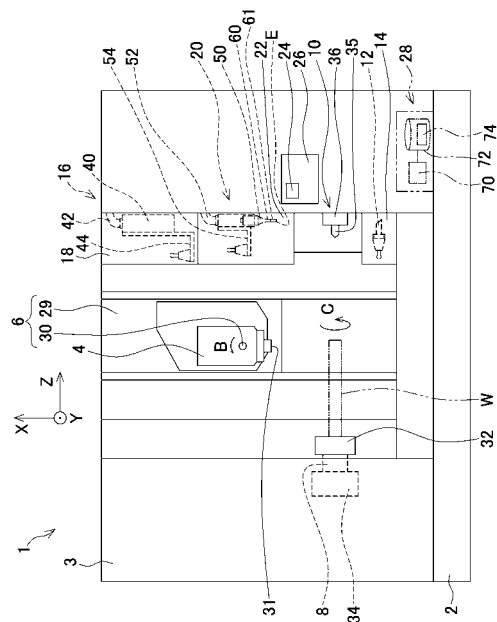
(54) 【発明の名称】 加工装置及び加工方法

(57) 【要約】

【課題】表面硬化処理前の加工と表面硬化処理と表面硬化処理後の仕上げ加工について、より正確で時間やコストがかからない加工装置等を提供する。

【解決手段】加工装置1は、クランプされたワークWに対する加工を行う切削用工具12と、レーザ光Lを発射可能である焼入れユニット16と、振動切削用工具61を装着した先端部60を振動可能である振動切削ユニット20と、を備えており、切削用工具12、焼入れユニット16、及び振動切削ユニット20は、ワークWに対して相対的に移動可能であり、切削用工具12は、ワークWに対する焼入れ前の切削を行い、焼入れユニット16は、ワークWに対して表面硬化処理としてのレーザ焼入れを行い、振動加工ユニット60は、振動切削用工具61を振動させながら適用することにより、ワークWに対する焼入れ後の仕上げ加工を行う。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

クランプされたワークに対する加工を行う加工用工具と、  
前記ワークに表面硬化処理を施す表面硬化処理ユニットと、  
振動加工用工具を装着した先端部を振動可能である振動加工ユニットと、  
を備えており、  
前記加工用工具、前記表面硬化処理ユニット、及び前記振動加工ユニットは、前記ワークに対して相対的に移動可能であり、  
前記振動加工ユニットは、前記ワークに対して前記振動加工用工具を振動させながら適用することにより、仕上げ加工を行う  
ことを特徴とする加工装置。

10

**【請求項 2】**

前記振動加工ユニットは、前記振動加工用工具を楕円振動させる  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の加工装置。

**【請求項 3】**

更に、前記ワークに対して相対的に移動可能であり、前記加工用工具、前記表面硬化処理ユニット、及び前記振動加工ユニットをそれぞれクランプ可能であるユニットクランプ機構を備えている  
ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の加工装置。

20

**【請求項 4】**

前記表面硬化処理ユニットは、前記ワークに対してレーザ光を照射することにより、前記ワークに対する焼入れを行うレーザ焼入れユニットである  
ことを特徴とする請求項 1 ないしは請求項 3 の何れかに記載の加工装置。

**【請求項 5】**

前記表面硬化処理ユニットは、前記ワークに対してめっきを施すためのめっき槽であることを特徴とする請求項 1 ないしは請求項 3 の何れかに記載の加工装置。

**【請求項 6】**

ワークをクランプした状態で加工する加工工程を行った後、  
前記ワークの表面に表面硬化処理を施す表面硬化処理工程を行い、  
その後、前記ワークの前記表面に、振動加工用工具を振動させながら適用する仕上げ加工工程を行って、  
前記ワークをアンクランプする  
ことを特徴とする加工方法。

30

**【請求項 7】**

前記振動加工用工具は、楕円振動する  
ことを特徴とする請求項 6 に記載の加工方法。

**【請求項 8】**

更に、前記加工工程は、加工用工具により行われ、  
前記表面硬化処理工程は、表面硬化処理ユニットにより行われ、  
前記仕上げ加工工程は、振動加工用工具を振動可能な振動加工ユニットにより行われ、  
前記加工用工具、前記表面硬化処理ユニット、及び前記振動加工ユニットは、これらをそれぞれ装着可能なユニットクランプ機構により、前記ワークに対して相対的に移動される  
ことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の加工方法。

40

**【請求項 9】**

前記表面硬化処理工程は、前記ワークに対してレーザ光を照射することにより、前記ワークに対する焼入れを行うレーザ焼入れ工程である  
ことを特徴とする請求項 6 ないしは請求項 8 の何れかに記載の加工方法。

**【請求項 10】**

前記表面硬化処理工程は、前記ワークに対してめっきを施すめっき工程である

50

ことを特徴とする請求項 6 ないしは請求項 8 の何れかに記載の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面硬化処理機能と振動加工機能を併有する加工装置、及びその加工装置によって実行可能な加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ワークの加工装置としては、従来から、旋盤やフライス盤、あるいはそれらをベースとしたターニングセンタやマシニングセンタが広く知られている。これらの加工装置では、鋼材などのワークに対し、比較的大きい切削量で大まかな形状に形成する荒加工と、求められる精度を達成するための仕上げ加工とが行われる。

こうした加工装置で加工されるワークであって、機械等に組み込まれ摺動する部分に係るもの等に対しては、表面における所望の硬度が要求されることがある。この場合、加工装置による加工の後で、焼入れを始めとする表面硬化処理が行われる。

かような表面硬化処理の一例であるレーザ焼入れ方法として、下記特許文献 1 に記載のものが知られている。この方法では、管状又は円柱状物体外周面のレーザを用いた焼入れ方法において、物体に照射されるレーザビームの回転方向の径が長手方向の径より大きいものとされている。

そして、焼入れに伴い生じるひずみ等に対応するため、ワークの焼入れ部位に対して焼入れ後仕上げ加工が行われるところ、この焼入れ方法では、ワークの焼入れのみが行われ、焼入れ後仕上げ加工は別の加工装置で実行される。ここで、焼入れ後仕上げ加工を行う加工装置は、硬化したワーク表面に対して加工精度を確保する観点から、精密仕上げ加工可能であることが好ましい。

ワークの精密仕上げ加工装置の一つとして、下記特許文献 2 に記載の楕円振動切削装置が知られている。この装置では、切削工具の刃先をワーク（被削材）に対して相対的に楕円振動させ、精密微細加工を施すことが可能である。そして、この楕円振動切削装置は、焼入れ鋼に形状創成加工を施し得るものとされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 2 5 2 5 2 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 8 - 2 2 1 4 2 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これら従来の加工装置と、レーザ焼入れを実行する装置と、楕円振動切削装置と、はそれぞれ別個の装置であるため、たとえ楕円振動切削装置において焼入れ鋼に形状創成加工を施し得るとしても、焼入れ前の切削（荒加工）から焼入れを経て焼入れ後仕上げ加工の総合的な作業時間は比較的長くなり、総合的なコストは比較的大きくなる。特に、上記のレーザ焼入れ装置は、焼入れ深さが従来の真空焼入れや高周波焼入れに比べて非常に浅いところ、焼入れ後に従来の仕上げ加工を行う加工機に取り付けて仕上げ加工する場合には、取付誤差以上に削り取る必要があるため、無駄が多いうえ、仕上げ加工後に必要な焼入れ深さが残らない可能性があり、従来の焼入れに対する置き換えは進んでいない。又、上記の楕円振動切削装置は、刃先を振動させながら切削するために切削速度を高くし難しく、従来の焼入れ後の精密仕上げ加工である研削盤での研削加工や手磨きと比べて加工率が同等以下になる可能性が高くて、従来の仕上げ加工に対する置き換えは進んでいない。

そこで、本開示は、表面硬化処理前の加工と表面硬化処理と表面硬化処理後の仕上げ加工について、より正確で時間やコストがかからない加工装置や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】

【0005】

上記目的を達成するために、本開示は、加工装置において、クランプされたワークに対する加工を行う加工用工具と、前記ワークに表面硬化処理を施す表面硬化処理ユニットと、振動加工用工具を装着した先端部を振動可能である振動加工ユニットと、を備えており、前記加工用工具、前記表面硬化処理ユニット、及び前記振動加工ユニットは、前記ワークに対して相対的に移動可能であり、前記振動加工ユニットは、前記ワークに対して前記振動加工用工具を振動させながら適用することにより、仕上げ加工を行うことが望ましい。

10

又、本開示は、加工方法において、ワークをクランプした状態で加工する加工工程を行った後、前記ワークの表面に表面硬化処理を施す表面硬化処理工程を行い、その後、前記ワークの前記表面に、振動加工用工具を振動させながら適用する仕上げ加工工程を行って、前記ワークをアンクランプすることが望ましい。

【発明の効果】

【0006】

本開示によれば、表面硬化処理前の加工と表面硬化処理と表面硬化処理後の仕上げ加工について、より正確で時間やコストがかからないものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の第1形態に係る加工装置の前面図である。

20

【図2】図1の加工装置に係る振動切削ユニットの振動部の(a)縦振動、(b)たわみ振動を示す模式図である。

【図3】(a)~(d)は図2の振動部による切削(振動一周程度程度の極短時間に亘る微視的なもの)の模式図である。

【図4】図1の加工装置の動作例に係るフローチャートである。

【図5】図1の加工装置においてワークに荒加工を施す場合の前面図である。

【図6】図1の加工装置においてワークに焼入れを施す場合の前面図である。

【図7】図1の加工装置においてワークに焼入れ後仕上げ加工を施す場合の前面図である。

30

【図8】本発明の第2形態に係る加工装置の前面図である。

【図9】本発明の第3形態に係る加工装置における主軸ないしその周辺の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明に係る実施の形態やその変更例が、適宜図面に基づいて説明される。尚、本発明は、下記の実施の形態や変更例に限定されない。

【0009】

[第1形態]

全体構成等

図1は、本発明の第1形態に係る加工装置1の前面図である。

40

加工装置1は、旋盤型の工作機械(複合加工機)をベースとして構成されるものであり、ベッド2と、その上に固定される機枠3と、主軸頭4と、その回転送り機構6と、ワークWを保持するワーク主軸8と、心押台10と、加工用工具としての1以上の切削用工具12と、これを収納する加工用工具収納部としての焼入れ前切削用工具収納部14と、表面硬化処理ユニットとしての焼入れユニット16と、これを収納する表面硬化処理ユニット収納部としての焼入れユニット収納部18と、焼入れ後の仕上げ加工用である振動加工ユニットとしての振動切削ユニット20と、これを収納する振動加工ユニット収納部としての振動切削ユニット収納部22と、各種情報を表示可能な表示部24を有する操作盤26と、これらを制御する制御手段28と、を備えている。

【0010】

50

主軸頭 4 は、機枠 3 に対して、回転送り機構 6 の送り機構 29 により、X 軸方向（図 1 の上下方向）、Y 軸方向（図 1 の紙面に垂直な方向）、Z 軸方向（図 1 の左右方向）にそれぞれ移動可能に設置されており、又回転送り機構 6 の回転軸 30 を有する回転機構により、Y 軸周りの回転方向である B 軸方向で回転（傾動）可能に設置されている。

主軸頭 4 は、下側（X 軸負側）に、切削用工具 12 等を保持するユニットクランプ機構としての工具クランプ機構 31 を有している。工具クランプ機構 31 は、マシニングセンタの主軸等において一般的に使用されている自動工具交換装置と工具ホルダの組合せを流用して構成される。

ここで、図 1 の右側（心押台 10 側）が Z 軸の正側とされ、図 1 の紙面の奥側が Y 軸の負側とされ、図 1 の状態で（前側から）みて反時計回りに進む側が B 軸の正側とされる。尚、各軸の設定は一例であり、正負を変えたり他の位置に移動したりする等、他の設定がなされても良い。又、回転送り機構 6 やワーク主軸 8 は、主軸頭 4 がワーク W に対して相対的に移動可能であれば、どのような配置であっても良い。更に、切削用工具 12 を始めとする主軸頭 4 に装着される各種部材とワーク W の相対位置も、図面以外のものに変更されて良い。

10

#### 【0011】

ワーク主軸 8 は、機枠 3 の左側（Z 軸負側）の下部に配置されており、右部において、ワーク W をクランプするワーククランプ機構 32（ワークチャック）を有する。ワーク W の Z 軸負側の端部は、ワーククランプ機構 32 に掴まれる。ワーク W は、どのようなものであっても良いが、円柱状あるいは円筒状のものが好ましく、円柱状あるいは円筒状のワーク W は、その軸方向を Z 軸方向とした状態で保持されることが好ましい。

20

又、ワーク主軸 8 は、クランプしたワークを、Z 軸周りの回転軸である C 軸で回転させるワーク回転機構 34 を有する。Z 軸負側から正方向へみて時計回りに進む側が C 軸の正側とされる。

#### 【0012】

心押台 10 は、機枠 3 の右側（Z 軸正側）の下部に配置されており、ワーク主軸 8 と向かい合っている。

心押台 10 は、センタ 35 と、Z 軸方向に伸縮する伸縮機構 36 と、を備えており、ワーク W に接近してワーク W の心押しを行う。

#### 【0013】

切削用工具 12 は、焼入れ前のワーク W に対する切削を行うものであり、荒加工用である。焼入れ前切削は、後述の焼入れ後の仕上げ加工による仕上げを前提として、その仕上げにより仕上げられる程度の精度でワーク W を切削する荒加工のみとされている。

30

加工装置 1 の切削用工具 12 では、Y 軸負方向が主たる切削方向とされる。即ち、切削用工具 12 における切削では、ワーク W を C 軸正方向に回転することで切削運動を生成し、主軸頭 4 に装着された切削用工具 12 を Z 軸負方向に相対的に送って切削用工具 12 を Z 軸負方向に相対的に動かしながら、X 軸負方向に切り込むことで切削される。

尚、切削用工具 12 における切削の方向や回転状態等は、Z 軸正方向に移動させたり、Z 軸方向を主たる切削方向としたりする等、適宜変更可能である。又、焼入れ前加工（焼入れ前切削）は、荒加工（荒切削）と、荒加工を施されたワーク W を仕上げ加工する焼入れ前仕上げ加工（焼入れ前仕上げ切削）と、を含むものとされても良い。この場合、荒加工は、焼入れ前仕上げ加工による仕上げを前提として、その仕上げにより仕上げられる程度の精度でワーク W を切削し、焼入れ前仕上げ加工は、後述の焼入れ後の仕上げ加工による仕上げを前提として、その仕上げにより仕上げられる程度の精度でワーク W を切削する。

40

#### 【0014】

焼入れユニット 16 は、レーザ光 L を発射可能なレーザ発振器 40 と、これに電力や信号等を供給する配線をまとめた配線部 42 と、レーザ発振器 40 の左側に設けられた前面視 L 字状のジョイント部 44 と、を有する。

配線部 42 は、焼入れユニット収納部 18 を経て電源や制御手段 28 とつながっている

50

。

ジョイント部 44 は、レーザ発振器 40 に対して左方に突出しており、その左方突出部分の上部が上述の工具ホルダと同じ形状に形成されることで、主軸頭 4 の工具クランプ機構 31 にクランプされるように形成されている。

焼入れユニット 16 は、ジョイント部 44 が工具クランプ機構 31 にクランプされることで、主軸頭 4 に装着される。

主軸頭 4 (工具クランプ機構 31) は、焼入れユニット収納部 18 に収納された焼入れユニット 16 を装着することが可能であり、又装着された焼入れユニット 16 を焼入れユニット収納部 18 でアンクランプして収納することが可能である。

#### 【0015】

振動切削ユニット 20 は、振動部 50 と、これに電力や信号等を供給する配線をまとめた配線部 52 と、振動部 50 の左側に設けられたジョイント部 54 と、を有する。振動切削ユニット 20 は、焼入れ後の仕上げ加工用であるが、焼入れ前の加工 (荒加工及び焼入れ前仕上げ加工の少なくとも一方、より好ましくは後者のみ) の一部又は全部に用いられても良い。

図 2 にも示される振動部 50 は、先端部 60 (下端部) に取り付けられる振動切削用工具 61 を備えている。振動加工用工具としての振動切削用工具 61 は、超精密加工用のもの (単結晶ダイヤモンドツール) であり、強力な楕円振動 (円振動を含む) やそれによる切削負荷に耐えるものである。尚、振動切削用工具 61 として、他の種類のものが用いられても良い。

振動部 50 は、第 1 の圧電素子 62 と、第 2 の圧電素子 64 を備えており、これら圧電素子 62, 64 の駆動により、振動切削用工具 61 に楕円振動を付与し、振動切削用工具 61 の刃先 E (先端) を楕円振動させることが可能である。

圧電素子 62 は、複数の圧電素子部を含んでも良いし、単独の圧電素子のみを含んでも良い。これは、圧電素子 64 についても同様である。

ジョイント部 54 は、焼入れユニット 16 のジョイント部 44 と同様に成り、工具クランプ機構 31 にクランプされることで、振動切削ユニット 20 が主軸頭 4 に装着される。主軸頭 4 は、振動切削ユニット収納部 22 に収納された振動切削ユニット 20 を装着することが可能であり、又装着された振動切削ユニット 20 を振動切削ユニット収納部 22 でアンクランプして収納することが可能である。

#### 【0016】

制御手段 28 は、プロセッサ 70 とメモリ 72 を有しており、メモリ 72 は、加工プログラム 74 を記憶している。プロセッサ 70 は、メモリ 72 を参照して加工プログラム 74 を実行し、ワーク W の加工の制御を行う。

#### 【0017】

振動部等

振動切削ユニット 20 の振動部 50 は、ロッド状であって、主軸頭 4 へ装着されている場合にはワーク W に向かう方向即ち X 軸方向に延びていて、振動部中心軸 M が X 軸方向を向いている。振動切削用工具 61 は、X 軸方向に延びる状態で振動部 50 の先端部 60 (ワーク W 側の端部) に取り付けられる。よって、X 軸負方向が、ワーク W に対する切込み方向となる。

又、加工装置 1 の振動切削ユニット 20 では、Y 軸負方向が主たる切削方向とされる。即ち、振動切削ユニット 20 における切削では、ワーク W を C 軸正方向に回転することで切削運動を生成し、振動切削用工具 61 を Y 軸方向に相対的に振動させながら、X 軸負方向に切り込むことで切削される。そして、かように切削しながら、主軸頭 4 が適宜 Z 軸方向にゆっくりと送られ、Z 軸方向に加工面を広げていく。

#### 【0018】

第 1 の圧電素子 62 は、その駆動により、振動部 50 の先端部 60 (振動部) について主に X 軸方向で振動させ、振動部 50 に取り付けられた振動切削用工具 61 を、主に X 軸方向 (切込み方向) で振動させるものである。以下、X 軸方向の振動は、縦振動と呼称さ

10

20

30

40

50

れることがある。

第2の圧電素子64は、その駆動により、振動部50の先端部60について主にY軸方向で往復するようにたわませて、振動部50に取り付けられた振動切削用工具61を、主にY軸方向(切削方向)で振動させるものである。ここで、先端部60を振動させるため、たわみによる振動としては、少なくとも先端部60が自由端となる振動が選択され、好ましくは先端部と後端部の両端が自由である振動が選択される。以下、Y軸方向の振動(横振動)は、たわみ振動と呼称されることがある。

#### 【0019】

振動部50は、その形状(X軸方向の長さや、径の大きさないしその分布等)や重量配分等の構造により、縦振動とたわみ振動について、それぞれ所定の共振周波数を有している。

10

振動部50の縦振動とたわみ振動の基本的な共振周波数(基準共振周波数)は、何れも16.9kHz(キロヘルツ)である。

振動部50の先端部60を含む前部は、先端部60の振幅を拡大して振動切削用工具61をより効率良く振動するため、振動切削用工具61に近づくにつれて細くなるテーパ形状を有するように形成される。テーパ形状の種類としては、コニカルホーン形状や、エクスポネンシャルホーン形状、ステップホーン形状が例示される。

#### 【0020】

縦振動の周波数やたわみ振動の周波数は、振動部50の各共振周波数に基づいて設定される。

20

制御手段によって第1の圧電素子62と第2の圧電素子64に対して周期的な電圧が印加され、第1の圧電素子62と第2の圧電素子64が駆動されると、縦振動とたわみ振動により振動部50の先端部60が楕円軌跡を描いて振動し、振動切削用工具61が楕円振動する。振動切削用工具61を楕円振動させるための振動は、所定の共振モードに係る振動である。

振動部50では、図2に模式的な波形状の線(実波線と破波線)で示されるように、縦振動において1次の共振モードで振動するように圧電素子62が駆動され(図2(a))、たわみ振動において3次の共振モードで振動するように圧電素子64が駆動される(図2(b))。

かような共振モードの設定は、振動切削用工具61の容易な設置等様々な面で扱い易いロッド形状の振動部50に適合している。

30

#### 【0021】

たわみ振動は、振動部50において、振動切削用工具61を取り付けた状態で、なるべく振動部中心軸Mを中心として行われるように調整される。その調整は、振動部中心軸Mを中心とした重量バランスの確保により行われる。尚、以下では、振動部中心軸Mとたわみ振動の中心軸とが一致するものと仮定した説明がなされるが、実際にはこれらは互いに僅かにずれていることが多い(厳密な一致の確保は現状困難である)ものである。

振動部50の先端部60に注目した場合、先端部60の振動中心軸が振動部中心軸Mとなるべく一致するようにするため、振動切削用工具61が、他の先端部60における部品の重量との兼ね合いで、振動部中心軸Mを中心とした重量バランスが確保されるように取り付けられる。尚、先端部60においては、たわみ振動に影響をなるべく及ぼさないようにするために、重量の大きい部品は配置されない。

40

#### 【0022】

そして、振動部50の縦振動とたわみ振動の基準共振周波数が一致するので、楕円振動が安定し、又縦振動の節(最も振動が小さくなる部分、ノード)の位置と、たわみ振動の節の位置が、振動部50の中央部(先細部の後側)において概ね一致する。更に、たわみ振動の節は、中央部の前後にも存在する。振動部50は、中央部の節の位置と、その後方のたわみ振動の節の位置とにおいて支持され(図2の黒三角印や黒丸印参照)、振動切削ユニット20は、かような位置を点接触で支持する図示されない支持体を有している。

尚、縦振動の周波数やたわみ振動の周波数、あるいは振動部50の共振周波数や各振動

50

における共振モードの次数は様々に変更可能である。又、振動部 50 の基準共振周波数について、好ましくは 1 kHz 以上であり、より好ましくは 5 kHz 以上、更に好ましくは超音波領域以上である。超音波領域の周波数としては、概ね、16 kHz 以上とされても良いし、17 kHz 以上とされても良いし、20 kHz 以上とされても良い。超音波領域の周波数における振動は、超音波振動と適宜呼称される。

#### 【0023】

##### 楕円振動加工プロセス等

図 3 において、振動部 50 によって楕円振動される振動切削用工具 61 がワーク W を切削するプロセス（振動一周期程度の極短時間に亘る微視的なもの）が模式的に示される。

#### 【0024】

楕円振動の主たるたわみ振動により Y 軸正方向側に退いた振動切削用工具 61（図 3（a））は、主に縦振動によりワーク W に近づき（X 軸負方向）、ワーク W に接触して切削を開始する（図 3（b））。振動切削用工具 61 の刃先 E から Y 軸正側の部分には、刃先 E に対してワーク W から逃げるような逃げ面 K が形成されており、刃先 E は、ワーク W に対して、進入角  $\theta$  で入っていく。

切削において、振動切削用工具 61 はまず、移動方向が比較的 X 軸正方向に近い状態でワーク W に対して Y 軸負方向に相対的に近づく（図 3（b）～図 3（c））。このとき、振動切削用工具 61 は、微視的に観察可能である図示されない丸みを有する刃先 E によってワーク W を押しならし、逃げ面 K 側の刃先 E の丸み部において切削したばかりの面（既切削面 U）を擦る。この加工プロセスは、パニシングプロセスあるいはブラウイングプロセスと呼ばれる。このプロセスは、直前の加工までにおいて既に形成された切屑 H に振動切削用工具 61 が再接触するまでの期間が主体となり（図 3（c））、より詳細には、次に説明される材料除去プロセス中にも、刃先 E の丸み部では同時に行われている。

#### 【0025】

次いで、振動切削用工具 61 は、移動方向が比較的 X 軸正方向に近い状態でワーク W に対して Y 軸負方向に相対的に近づく（図 3（c）～図 3（e））。このとき、振動切削用工具 61 はワーク W を擦り上げ、切屑 H を適宜引き上げる。この加工プロセスは、材料除去プロセスと呼ぶことができる。このプロセスは、振動切削用工具 61 の切屑 H への再接触（図 3（c））から、振動切削用工具 61 による切屑 H の引き上げ（図 3（d））を経て、振動切削用工具 61 の切屑 H からの離脱（図 3（e））まで続く。

振動切削用工具 61 がワーク W から離れると、一周期における材料除去プロセスは終了し、図 3（a）の状態（但し一周期分進んだ位置）に戻る。

#### 【0026】

##### 加工方法等

図 4 は、加工装置 1 の動作例ないし加工装置 1 により実行される加工方法に係るフローチャートである。以下、ステップは適宜 S と略される。

ワーク主軸 8 のワーククランプ機構 32 にワーク W が装着されると（S1、ワーククランプ工程）、制御手段 28 は、心押台 10 を伸縮機構 36 により Z 軸負方向へ延ばしてセンタ 35 をワーク W に当てると共に（S2）、主軸頭 4 を回転送り機構 6 により焼入れ前切削用工具収納部 14 へ移動させ、工具クランプ機構 31 に切削用工具 12 を装着させる（S3）。

#### 【0027】

そして、制御手段 28 は、切削用工具 12 付きの主軸頭 4 をワーク W の隣接位置まで移動させ、操作盤 26 を通じて予め入力されメモリ 72 に記憶されている、所望の荒加工施工形状に応じた荒加工手順に従い、主軸頭 4 を通じて切削用工具 12 をワーク W に適用させ、ワーク W を切削する（S4、図 5、加工工程としての切削工程）。

尚、制御手段 28 は、かようなワーク W の荒加工の後、切削用工具 12 を交換し、あるいは切削用工具 12 を交換せずに、ワーク W の焼入れ前仕上げ加工を行っても良い。又、制御手段 28 は、荒加工及び焼入れ前仕上げ加工の少なくとも一方において、切削用工具 12 の交換を行っても良い。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 8 】

次いで、制御手段 2 8 は、主軸頭 4 に切削用工具 1 2 を収納させた後 ( S 5 )、主軸頭 4 を焼入れユニット収納部 1 8 へ移動させ、工具クランプ機構 3 1 に焼入れユニット 1 6 を装着させる ( S 6 )。

そして、制御手段 2 8 は、焼入れユニット 1 6 付きの主軸頭 4 をワーク W の隣接位置まで移動させ、操作盤 2 6 を通じて予め入力されメモリ 7 2 に記憶されている焼入れ手順に従い、レーザ発振器 4 0 に発生させたレーザ光 L を、主軸頭 4 を通じてワーク W に当てさせて、ワーク W に対する焼入れを行う ( S 7 , 図 6 , 表面硬化処理工程としてのレーザ焼入れ工程 )。

## 【 0 0 2 9 】

焼入れにおいて、制御手段 2 8 は、ワーク主軸 8 を通じてワーク W を C 軸方向で回転させることでレーザ光 L をワーク W の周方向で順次照射させると共に、主軸頭 4 を Z 軸方向 (ここでは Z 軸正側から負側への方向であるが逆方向でも良い) に送ることでレーザ光 L をワーク W の軸方向 (長手方向) で順次照射させる。即ち、レーザ光 L の照射位置は、ワーク W の筒状の表面に対し、螺旋状に移動する。

ワーク W に対するレーザ光 L の周方向の送り速度は、その周方向に交わる方向である軸方向の送り速度より高速であり、レーザ光 L の照射幅 (照射箇所 Z 軸方向の大きさ) に応じた幅である帯状の一周部分がほぼ同時に焼入れ温度に達するものとされている。又、軸方向の送り速度は、直前の一周部分が焼入れ温度を下回らないようなものとされ、又直前の一周部分と照射中の一周部分との間に焼入れ温度を下回る部分を生じないようなものとされている。これらの周方向送り速度や軸方向送り速度は、予め材質等毎にレーザ光 L の照射を試行することで決定しておき、メモリ 7 2 に記憶しておいて、レーザ光 L 照射制御時に参照する。ワーク W の材質は、操作盤 2 6 から入力可能である。かようなレーザ光 L 照射箇所的高速の周方向送りと低速の軸方向送りにより、ワーク W の表面を軸方向に向けて連続的に且つ一回の昇温で焼入れすることができ、レーザ光 L 照射箇所の周囲の焼き戻しによるワーク W 表面の軟化が低減ないし防止される。但し、レーザ焼入れによるワーク W の表面硬化層において、硬度は完全に均一にはならず、硬度分布が存在することとなるし、焼入れ深さも完全に一致せず、焼入れ深さの不均一さも存在することとなる。

尚、ワーク W が多角柱を始めとする円柱状以外の長尺体であっても、円柱状のものと同様に焼入れすることができる。又、ワーク W が Y , Z 軸方向にそれぞれ長い辺を持つ大きい面を有するものであっても、レーザ光 L 照射箇所を、Y 軸方向に高速に送りつつ Z 軸方向に低速で送れば、あるいは Z 軸方向に高速に送りつつ Y 軸方向に低速で送れば、同様に焼入れ可能であり、ワーク W がかような大きい面を複数有していても、適宜一面ずつ Y 軸 ( Z 軸 ) 方向の高速送りと Z 軸 ( Y 軸 ) 方向の低速送りを行うことで同様に焼入れ可能である。

## 【 0 0 3 0 】

続いて、制御手段 2 8 は、主軸頭 4 に焼入れユニット 1 6 を収納させた後 ( S 8 )、主軸頭 4 を振動切削ユニット収納部 2 2 へ移動させ、工具クランプ機構 3 1 に振動切削ユニット 2 0 を装着させる ( S 9 )。

そして、制御手段 2 8 は、振動切削ユニット 2 0 付きの主軸頭 4 をワーク W の隣接位置まで移動させ、操作盤 2 6 を通じて予め入力されメモリ 7 2 に記憶されている、所望の焼入れ後の仕上げ加工の施工形状に応じた焼入れ後の仕上げ加工手順に従い、主軸頭 4 を通じて振動切削用工具 6 1 をワーク W に適用させ、ワーク W の焼入れ後の仕上げ加工を行う ( S 1 0 , 図 7 , 仕上げ加工工程 )。

## 【 0 0 3 1 】

振動切削用工具 6 1 は、振動切削ユニット 2 0 の振動部 5 0 により、先端部 6 0 を介して楕円振動された状態でワーク W に適用され、これによりワーク W が振動切削される。即ち、振動切削用工具 6 1 は、主に X 軸方向において縦振動されると共に、Y 軸方向においてたわみ振動された状態で、主軸頭 4 により、Z 軸方向の送り制御と、焼入れ後の仕上げ加工手順に従った X 軸方向の位置制御 ( 切込み最大深さ制御 ) とがなされる。

10

20

30

40

50

かような振動切削は、振動切削用工具 6 1 の摩耗を抑制する効果や、加工力を低減する効果を有しており、極めて鋭利な振動切削用工具 6 1 を用いた微細加工や精密加工、超精密加工に利用され、焼入れ鋼を始めとする硬質材料に係るワーク W に対しても、工具摩耗抑制効果の発揮や加工力低減効果の発揮が期待できる。

振動切削は、鋭利な振動切削用工具 6 1 によって加工中の上滑りを防止するのみならず、振動による切屑引き上げ効果（材料除去プロセス）によって切削力（特に切込み方向（X 軸正方向）の背分力）を低減することができるため、工具が振動しない通常の切削に比べ、振動切削では、より小さな切取り量で上滑りが防止されると共に、ワーク W の表面硬化層において硬度の分布や硬化深さの不均一さが存在していたとしても、加工誤差や削り残しが防止される。

振動切削は、ワーク W の同じ表面箇所に対して複数回行われても良いが、加工時間を低減する観点や、仕上げ面上のつなぎ目の発生を防止する観点、又 1 回の振動切り込みであっても数十ミクロンないし数百ミクロンの硬化層表面を十分除去可能である観点から、好ましくはワーク W の同じ表面箇所に対して 1 回行われる。

#### 【0032】

その後、制御手段 2 8 は、主軸頭 4 に振動切削ユニット 2 0 を収納させ（S 1 1）、焼入れ後の仕上げ加工の完了したワーク W をワーククランプ機構 3 2 からアンクランプして取り出す（S 1 2、ワークアンクランプ工程）。

そして、次の加工対象としてのワーク W が存在する場合には、S 1 から繰り返す（Return To Start）。

#### 【0033】

効果等

加工装置 1 は、ワーク W をクランプするワーククランプ機構 3 2 と、ワーク W に対する加工を行う切削用工具 1 2 と、レーザ光 L を発射可能であるレーザ発振器 4 0 を有している焼入れユニット 1 6 と、振動切削用工具 6 1 を装着した先端部 6 0 を振動可能である振動切削ユニット 2 0 と、を備えており、切削用工具 1 2、焼入れユニット 1 6、及び振動切削ユニット 2 0 は、ワーク W に対して相対的に移動可能であり、振動加工ユニット 6 0 は、ワーク W に対して振動切削用工具 6 1 を振動させながら適用することにより、仕上げ加工を行う。

よって、焼入れ（表面硬化処理）したワーク W であっても振動切削により仕上げ加工を行うことができる。又、切削用工具 1 2 による焼入れ（硬化処理）前の切削（荒加工）と、振動切削用工具 6 1 による焼入れ（硬化処理）後の仕上げ加工とが、ワーク W の 1 回のクランプで行われるため、ワーク W について硬化処理前の切削後アンクランプして硬化処理を行いその後の仕上げ加工で再度クランプする場合に比べ、硬化処理前切削のクランプの装着誤差と硬化処理後仕上げ加工時のクランプの装着誤差との重畳が防止される。更に、硬化処理前の切削と、硬化処理（レーザ焼入れ）と、硬化処理後の仕上げ加工に係る運動機構を共用することができ、加工装置 1 がコンパクトになり、クランプ回数の減少も相まって、加工の時間やコストが低減される。

#### 【0034】

又、振動切削ユニット 2 0 は、振動切削用工具 6 1 を楕円振動させる。よって、焼入れ後の仕上げ加工をより正確に行える。即ち、楕円振動切削の場合、ブラウイングプロセスで振動切削用工具 6 1 が上方に押される力と、材料除去プロセスで振動切削用工具 6 1 が下方に引き込まれる力が相殺し、平均的に切込み方向（上下方向）の力が非常に小さくなり、静的な切込み量の変化（加工誤差）を抑制することができる。更に、楕円振動の周波数を、加工装置 1 やワーク W 等の大きな構造が応答しない程度に高くすることで、動的にも切込み量の変化（表面粗さ）を非常に小さくすることができる。従って、従来の切削や研削を適用する場合に比べ、硬い焼入れ後の表面に対しても、微細な切込み量を正確に維持し得るため、深さが大きくないレーザ焼入れ後の表面に対しても、十分な深さの硬質表面を残すことができ、又高精度な仕上げ面を得ることが可能となる。更に、焼入れの程度にムラが生じ易いレーザ焼入れの表面に対して、切込み深さの変動を抑制して、高精度な

10

20

30

40

50

仕上げ加工を実現することができる。

更に、ワークWに対して相対的に移動可能であり、切削用工具12、焼入れユニット16、及び振動切削ユニット20をそれぞれクランプ可能である工具クランプ機構31を備えている。よって、工具クランプ機構31に切削用工具12を装着してワークWに焼入れ前切削を行った後、工具クランプ機構31に焼入れユニット16を装着してワークWに焼入れを行い、更に工具クランプ機構31に振動切削ユニット20を装着してワークWに焼入れ後の仕上げ加工を施すことができ、工具やそれぞれのユニットを独立して移動可能に設置する場合のようにユニット同士の移動範囲の重複や移動時の干渉を考慮しなくても良く設計が容易になるし、その場合に比べ、工具や各ユニットの移動機構が1つで済むため、加工装置1がコンパクトになる。

10

又更に、ワークWに対してレーザ光Lを照射することにより、前記ワークに対する焼入れを行う焼入れユニット16が、表面硬化処理ユニットである。よって、硬化処理前後の切削の各クランプにおいて重畳し得る誤差を見越した深い焼入れや加工量の多い焼入れ後の仕上げ加工は不要となり、加工の時間やコストが低減される。更に、深い焼入れが不要であるから、比較的焼入れ深さの浅いレーザ焼入れを、表面硬化処理に用いることが可能となる。又、加工量の多い仕上げ加工は不要であるから、精密微細加工に適しており比較的加工量を確保し難い振動加工を、焼入れ後の仕上げ加工に効率的に用いることが可能となる。

#### 【0035】

加えて、加工装置1によって行われる加工方法の一例としての切削方法では、ワークWをワーククランプ機構32でクランプした状態で(S1)、ワークWを加工する切削工程S4(加工工程)を行った後、ワークWの表面にレーザ光Lを照射するレーザ焼入れ工程S7を行い、その後、ワークWの表面に、振動切削用工具61を振動させながら適用する仕上げ加工工程S10を行って、ワークWをアンクランプする(S12)。よって、焼入れ(表面硬化処理)を行ったワークWであっても振動切削により仕上げ加工を行うことができる。更に、焼入れ前切削(表面硬化処理前切削)と、レーザ焼入れ(表面硬化処理)と、焼入れ後の仕上げ加工(表面硬化処理後仕上げ加工)に係る運動機構を共用することができる。

20

又、振動切削用工具61は、楕円振動する。よって、焼入れ後の仕上げ加工をより正確に行える。

30

更に、切削工程S4は、切削用工具12により行われ、レーザ焼入れ工程S7は、レーザ光Lを発射可能なレーザ発振器40を有する焼入れユニット16により行われ、仕上げ加工工程S10は、振動切削用工具61を振動可能な振動切削ユニット20により行われ、切削用工具12、焼入れユニット16、及び振動切削ユニット20は、これらをそれぞれ装着可能な工具クランプ機構31により、ワークWに対して相対的に移動される。よって、工具やそれぞれのユニットを移動可能に設置する場合のように工具や各ユニット同士に係る移動範囲の重複や移動時の干渉を考慮しなくても良く実行が容易になる。

又更に、ワークWに対してレーザ光Lを照射することにより、ワークWに対する焼入れを行うレーザ焼入れ工程S7が、表面硬化処理工程である。よって、硬化処理前後のクランプで重畳し得る取り付け誤差を見越した深い焼入れや加工量の多い焼入れ後の仕上げ加工は不要となり、加工の時間やコストが低減される。更に、深い焼入れが不要であるから、比較的焼入れ深さの浅いレーザ焼入れを、表面硬化処理として用いることが可能となる。又、加工量の多い仕上げ加工は不要であるから、精密微細加工に適しており比較的加工量を確保し難い振動加工を、焼入れ後の仕上げ加工に効率的に用いることが可能となる。

40

#### 【0036】

##### 変更例等

尚、加工装置1の振動切削ユニット20における振動部50は、縦振動とたわみ振動を行うものであったが、これに代えて、2つの縦振動子を備えた振動部が用いられても良い。この場合、2つの縦振動子は、角度を持ってL型やV型に配置され、あるいは平行(U

50

型)に配置され、2つの縦振動子の先端部を連結する連結部材が設けられて、連結部材に振動切削用工具が取り付けられる。そして、少なくとも何れかの縦振動子によって、連結部材に対し、切削方向の振動である横振動が与えられると共に、切込み方向や送り方向ないしそれらの中間の方向の振動である縦振動が与えられる。

更に、振動部50の振動において、ねじり振動が組み合わされても良い。

又、楕円振動を発生する振動部50に代えて、たわみ振動のみを発生する振動部が用いられても良い。

振動は、ワークWに与えられても良いし、振動加工用工具とワークWに与えられても良い。

#### 【0037】

焼入れ前の加工において、切削用工具12による切削と共に、ボンディングやウェルディング等の切削以外の加工が行われても良い。焼入れ前の加工において荒加工に加えて焼入れ前仕上げ加工が含まれる場合、焼入れ前仕上げ加工においても、切削と共に切削以外の加工が行われても良い。

又、切削用工具12、焼入れユニット16、及び振動切削ユニット20の少なくとも何れか2つは、同じタレットに載せられることで、ワークWに対して切替可能とされていても良いし、同じATCのマガジンに装着されることで、ワークWに対して切替可能とされていても良い。

工具クランプ機構は、非接触トランス結合を利用して振動切削ユニット20に対する電力供給を非接触で行うものであっても良い。この場合、配線部52を機械内部に埋め込むことができるため、配線部52の干渉等を防止することができる。又、切削用工具12と同じオートマチックツールチェンジャ(ATC)のマガジンに振動切削ユニット20を装着することが容易になると共に、振動切削ユニット20をX軸周りの回転軸であるA軸周りに回転位置制御して利用することも容易となる。

切削用工具12は、ジョイント部を有する焼入れ前切削用工具ユニットに保持されても良く、この場合、焼入れ前切削用工具ユニットが、工具クランプ機構31にクランプされても良い。

工具クランプ機構31に代えて、工具をクランプせず、各ユニットに設けられた被係合部に対して係合する係合部を有するユニットクランプ機構が設けられても良い。

又、主軸頭が、工具クランプ機構とは別に、かようなユニットクランプ機構を有するものとされ、各ユニットがジョイント部ではなく被係合部においてユニットクランプ機構にクランプされるようにしても良い。この場合、ジョイント部は省略されて良い。

#### 【0038】

ワークWに対する工具クランプ機構31(焼入れ前加工用工具や各ユニット)の移動は、相対的に移動可能であれば上記以外でも良く、例えばワーククランプ機構32がX、Y、Z軸方向のうちの少なくとも何れかの方向に移動可能であっても良いし、ワークWがC軸の周りで回転されなくても良いし、ワークWが移動せず静止状態でクランプされても良いし、ワークWがB軸やX軸方向を回転軸とするA軸の周りで回転されても良いし、主軸頭4(工具クランプ機構31)がB軸の周りで回転されなくても良いし、主軸頭4がY軸方向に移動しなくても良いし、主軸頭4がC軸の周りで回転しても良い。又、主軸頭4に対して各ユニットが移動可能あるいは回転可能に装着されても良い。

上記第1形態は、旋盤型の複合加工機において焼入れユニットと振動切削ユニットが導入される形態となったが、これと異なり、マシニングセンタやそれをベースとする5軸加工機においてこれらユニットが導入された形態とされても良いし、他の工作機械に各ユニットが導入されても良い。

心押台10が省略されたり、工程の種類によって心押しが止められたり、ワークのクランプS1と主軸頭4に対する切削用工具12のクランプS3が同時に行われあるいは順序を逆にして行われるようにしたり、焼入れユニット収納部18と振動切削ユニット収納部22の位置が入れ替えられたり、ジョイント部54がテーパ面をプルスタッドで引き込むジョイントとされたり、工具クランプ機構として2面拘束式中空テーパシャンク(HSK

10

20

30

40

50

)をクランプ可能なものを始めとする2面拘束式のものを使用したり、工具クランプ機構として一般的な工具交換機構に代えてパレット装着部に見られるような鋼球の出没による連結機構を使用したり、レーザー光Lの中心波長や照射幅や出力を様々なものとしたり、操作盤26やその表示部24が省略されあるいは別体とされたり、制御手段28が別体とされたり、制御手段28が各ユニット等に個別に分散して設けられたり、機枠3が省略されたり、各クランプ機構の少なくとも一方をチャック以外のものとしたりする等、各種の工程や部材ないし部分の構成要素、順序、形状、配置、個数、有無、材質、形式等は、適宜変更されても良い。

【0039】

[第2形態]

全体構成等

図8は、本発明の第2形態に係る加工装置101の前面図である。

加工装置101は、マシニングセンタをベースとしたものであって、上下逆転した立て旋盤型(倒立旋盤型)の工作機械と考えることができる。第2形態に係る加工装置101において、第1形態の加工装置1と同様の部材や部分等には、加工装置1と同じ符号が付され、適宜説明が省略される。

加工装置101は、主軸頭4に内蔵されており、Y軸方向(図の紙面垂直方向)及びZ軸方向(図の上下方向)においてそれぞれ移動可能であってC軸の周りで回転可能である主軸(下端部以外図示略)を備えている。当該主軸の下端部には、ワークWを保持するワーククランプ機構32が設けられている。

【0040】

又、加工装置101は、ベッド2の上側において、X軸方向(図の左右方向)に移動可能な刃物台102を備えている。刃物台102の上側の左部には、切削用工具12が、X軸方向とZ軸方向の中間の方向(図の右上方向)を向くように、切削用工具台104に固定されていると共に、刃物台102の上側の右部には、振動切削ユニット106の振動部50が、X軸方向とZ軸方向の中間の方向(図の左上方向)を向くように、振動部台108に固定されている。振動切削ユニット106は、振動部50と、振動部台108と、図示されない配線部と、を有する。

更に、刃物台102の上側であって振動部台108の右側には、表面硬化処理ユニットとしてのめっき槽110が固定されている。めっき槽110は、ここではクロムめっき槽である。めっき槽110と振動切削ユニット106(振動部50)との間には、衝立112が立てられている。

【0041】

動作例等

加工装置101は、まずワーククランプ機構32ないし刃物台102を介してワークWを回転しつつ(切削用工具12に対して相対的に)移動して切削用工具12に当て、ワークWを切削(旋削)する(加工工程)。切削用工具12がX軸方向とZ軸方向の中間の方向を向いているので、ワークWの端面(XY平面に沿う面)と長手面(YZ平面に沿う面)とを1本の切削用工具12で加工することができる。

次いで、加工装置101は、ワーククランプ機構32ないし刃物台102を介してワークWをめっき槽110に対して相対的に移動し、めっき槽110内のめっきに浸漬する(表面硬化処理工程としてのめっき工程)。

続いて、加工装置101は、振動部50の振動切削用工具61を振動させ、更に切削用工具12の場合と同様に、振動部50に対してワークWを相対的に移動してワークWに振動切削用工具61を適用し、めっきされたワークWに対して仕上げ加工を施す(仕上げ加工工程)。

めっき前の加工や仕上げ加工において発生する切粉は、めっき槽110の方向に移動したとしても、衝立112によりその移動を阻止されるので、めっき槽110に切粉が混入する事態を防止することができる。

【0042】

10

20

30

40

50

## 効果等

第2形態に係る加工装置101は、ワークWをクランプするワーククランプ機構32と、ワークWに対する切削を行う切削用工具12と、ワークWにめっきを施すめっき槽110と、振動切削用工具61を装着した先端部60を振動可能である振動切削ユニット106と、を備えており、切削用工具12、めっき槽110、及び振動切削ユニット106は、ワークWに対して相対的に移動可能であり、振動加工ユニット106は、ワークWに対して振動切削用工具61を振動させながら適用することにより、仕上げ加工を行う。よって、ワークWに対する1回のクランプで荒加工と表面硬化処理(めっき)と仕上げ加工を行うことができ、表面硬化処理ないし仕上げ加工がより正確になり、運動機構の共用により加工装置101がコンパクトになり、クランプ回数の減少も相まって、加工時間や加工のコストが低減される。

10

又、ワークWに対してめっきを施すためのめっき槽110が表面硬化処理ユニットである。よって、硬化処理前後の切削の各クランプにおいて重畳し得る誤差を見越した厚いめっきや加工量の多い焼入れ後の仕上げ加工は不要となり、加工の時間やコストが低減される。更に、厚いめっきが不要であるから、めっき材料の使用量が低減される。又、加工量の多い仕上げ加工は不要であるから、精密微細加工に適しており比較的的加工量を確保し難い振動加工を、めっき後の仕上げ加工に効率的に用いることが可能となる。加えて、高い硬度を確保するために高硬度なめっき(高硬度クロムめっき等)を施す場合、50ミクロン程度以上にめっき層の肉厚を厚くするには、その程度の肉厚まで一旦めっきした後、表面を研磨して表面のピット(凹部)を平坦にしてから、再度めっきを行い、研磨とめっきを適宜繰り返すところ、めっき前の加工とめっきとその後の仕上げ加工が集約された加工装置101では、かような繰り返しは実用的でなく、実用上では上述の程度の肉厚に係る薄いめっきのみを行うこととなる。このとき、めっき後の仕上げ加工の精度が得られないとすると、めっきの一部が十分な硬度を確保できないほど薄くなってしまったり、めっきの肉厚以上に加工されてめっきが一部剥がれることとなったりしてしまうが、加工装置101では、仕上げ加工の精度が十分に確保されるから、加工装置101は高硬度めっきに対しても適したものとなっている。

20

## 【0043】

## 変更例等

第2形態に係る加工装置101は、第1形態に係る加工装置1と同様の変更例を適宜有する他、次の変更例を適宜有する。

30

切削用工具12や振動部50は、それぞれ、互いに同じ方向あるいは異なる方向を向く状態で複数配置されていても良い。

衝立112に代えて、めっき槽110及び加工空間(切削用工具12や振動部50が配置された空間)の少なくとも一方を覆うカバーが配置されても良い。この場合、カバーは、ワークW等が通過するための開口部あるいは開閉可能な扉を備えていても良い。

## 【0044】

## [第3形態]

## 全体構成等

図9は、本発明の第3形態に係る加工装置201の一部模式図である。

40

加工装置201は、移動するテーブルの有無や各種工具ないしめっき槽110の配置を除き、第2形態の加工装置101と同様に成る。第3形態に係る加工装置201において、第2形態の加工装置101と同様の部材や部分等には、加工装置101と同じ符号が付され、適宜説明が省略される。

加工装置201において、めっき槽110は、ベッド2に載せられている。

又、加工装置201は、振動部50(振動切削用工具61)と切削用工具12を搭載したタレット202を備えている。タレット202は、X軸方向に移動可能であり、加工装置201は、上下逆転した立て旋盤型(倒立旋盤型)の工作機械と考えることができる。又、タレット202は、C軸周りで回転可能であり、ワークWに適用する工具(振動切削用工具61, 切削用工具12)を交換可能である。加工装置202において、タレット2

50

0 2 及び振動部 5 0 が振動切削ユニットを構成するとみても良い。

【 0 0 4 5 】

動作例等

加工装置 2 0 1 は、まずワーククランプ機構 3 2 やタレット 2 0 2 を介してワーク W を回転しつつ（切削用工具 1 2 に対して相対的に）移動して切削用工具 1 2 に当て、ワーク W を切削（旋削）する（加工工程）。

次いで、加工装置 2 0 1 は、ワーククランプ機構 3 2 を介してワーク W をめっき槽 1 1 0 に対して相対的に移動し、めっき槽 1 1 0 内のめっきに浸漬する（表面硬化処理工程としてのめっき工程）。

続いて、加工装置 1 0 1 は、タレット 2 0 2 により切削用工具 1 2 から交換された振動部 5 0 の振動切削用工具 6 1 を振動させ、更に切削用工具 1 2 の場合と同様に、振動部 5 0 に対してワーク W を相対的に移動してワーク W に振動切削用工具 6 1 を適用し、めっきされたワーク W に対して仕上げ加工を施す（仕上げ加工工程）。

10

【 0 0 4 6 】

効果等

第 3 形態に係る加工装置 2 0 1 においても、第 2 形態に係る加工装置 1 0 1 と同様に、一度のクランプで荒加工と表面硬化処理（めっき）と仕上げ加工を行うことができ、表面硬化処理なし仕上げ加工がより正確になり、運動機構の共用により加工装置 1 0 1 がコンパクトになり、クランプ回数の減少も相まって、加工時間や加工のコストが低減される。

20

又、めっき槽 1 1 0 が（ベッド 2 に対し）移動しないので、めっき槽 1 1 0 が常により一層安定する。

【 0 0 4 7 】

変更例等

第 3 形態に係る加工装置 2 0 1 は、第 1 形態に係る加工装置 1 や第 2 形態に係る加工装置 1 0 1 と同様の変更例を適宜有する他、次の変更例を適宜有する。

切削用工具 1 2 や振動部 5 0 は、第 2 形態と同様に、ワーク W への適用時、X 軸方向と Z 軸方向の中間の方向に向いていても良い。

第 3 形態においても、第 2 形態やその変更例と同様に、衝立 1 1 2 やカバーが設置されていても良い。

30

めっき槽 1 1 0 は、ベッド 2 に固定された移動しないテーブルに載置されていても良い。

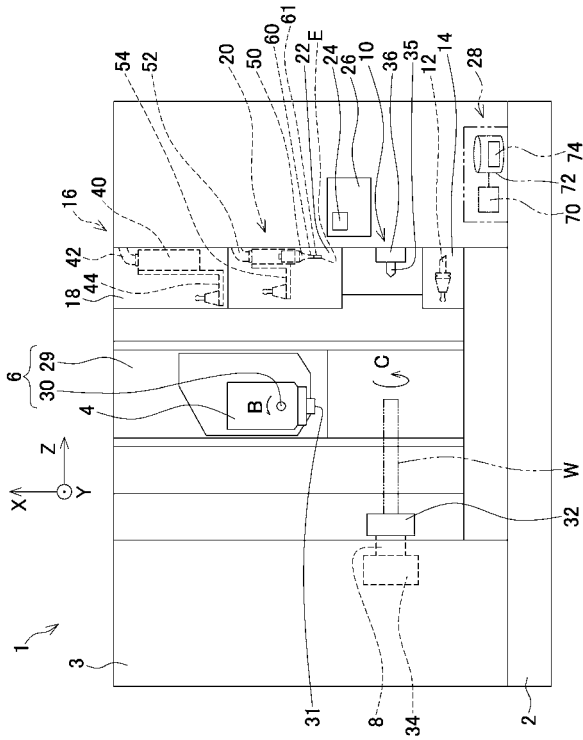
【符号の説明】

【 0 0 4 8 】

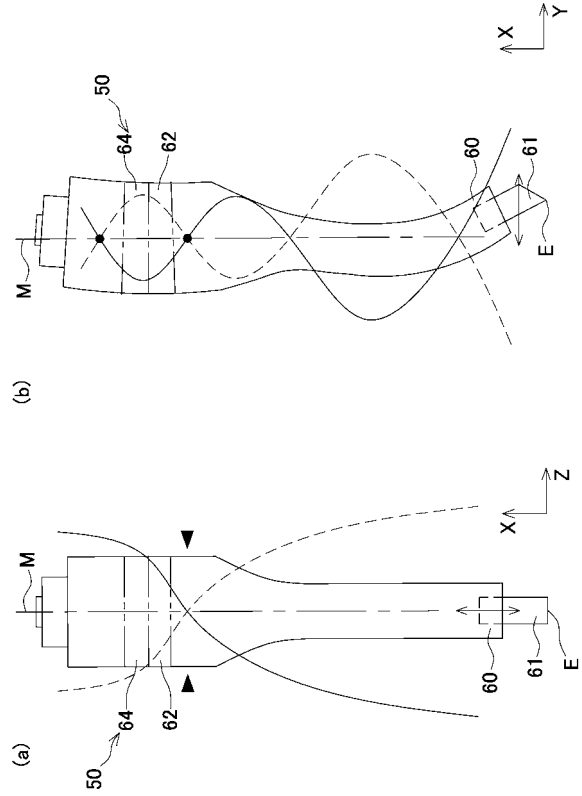
1, 1 0 1, 2 0 1・・・加工装置、1 2・・・切削用工具（加工用工具）、1 6・・・焼入れユニット（表面硬化処理ユニット）、2 0, 1 0 6・・・振動切削ユニット（振動加工ユニット）、3 1・・・工具クランプ機構（ユニットクランプ機構）、3 2・・・ワーククランプ機構、4 0・・・レーザ発振器、5 0・・・振動部、6 0・・・先端部、6 1・・・振動切削用工具（振動加工用工具）、1 1 0・・・めっき槽（表面硬化処理ユニット）、L・・・レーザ光、S 1・・・ワーククランプ工程、S 4・・・切削工程（加工工程，荒加工工程）、S 7・・・レーザ焼入れ工程（表面硬化処理工程）、S 1 0・・・仕上げ加工工程、S 1 2・・・ワーククランプ工程、W・・・ワーク。

40

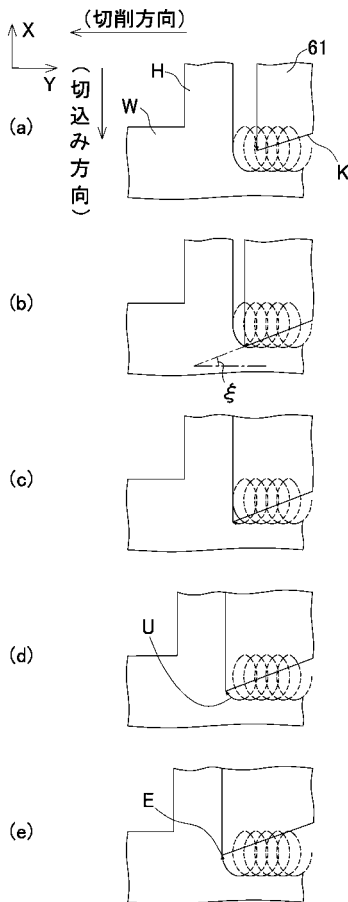
【 図 1 】



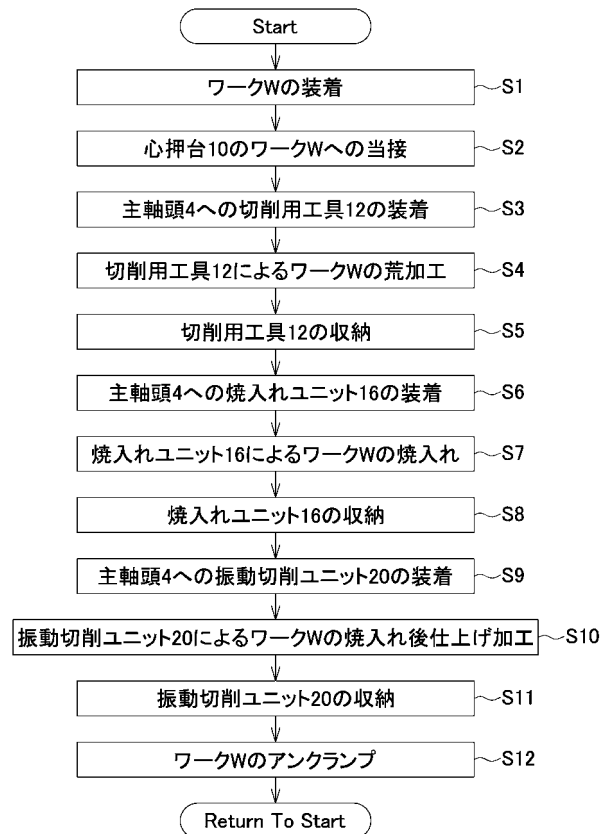
【 図 2 】



【 図 3 】

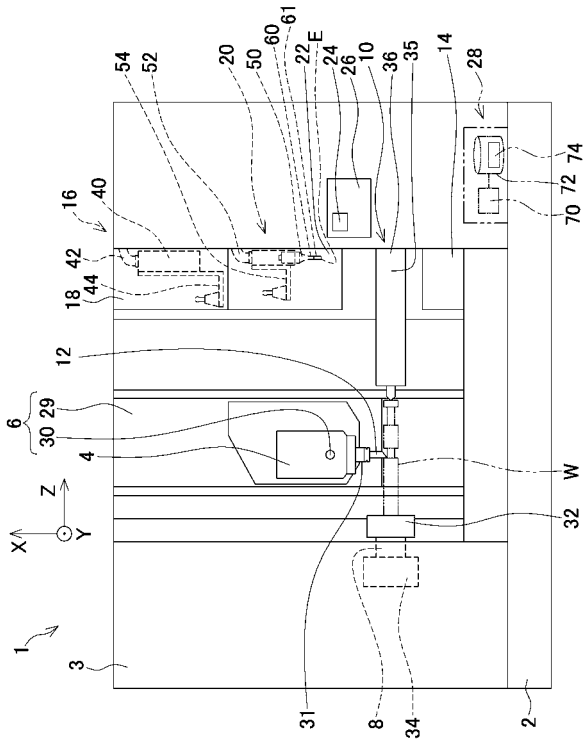


【 図 4 】

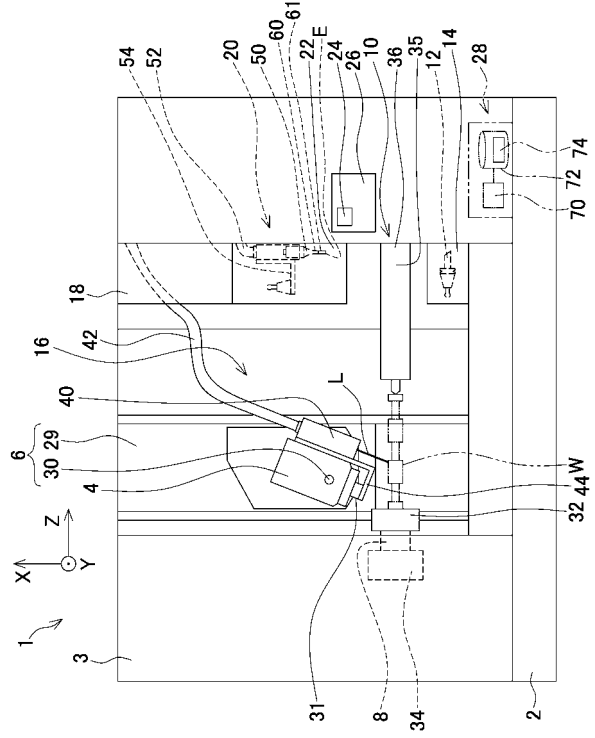




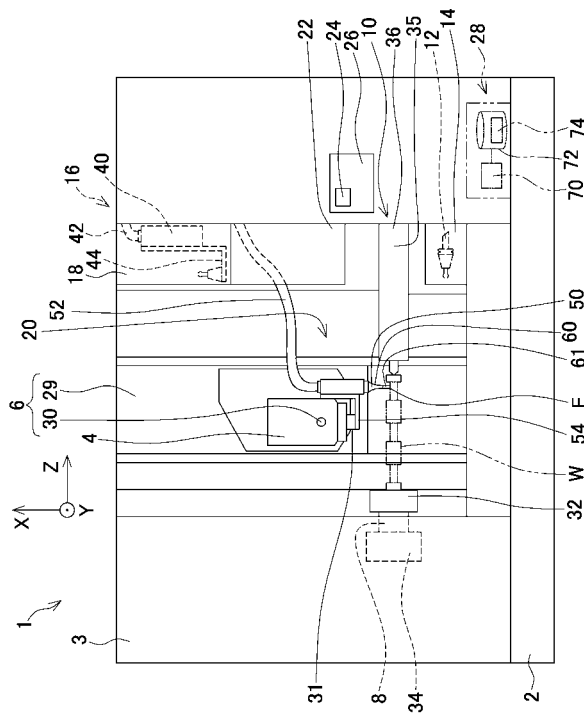
【 図 5 】



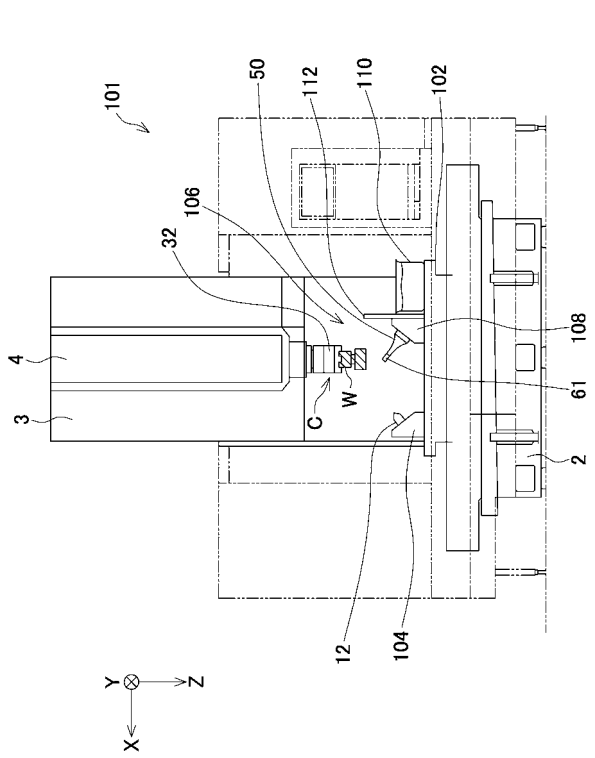
【 図 6 】



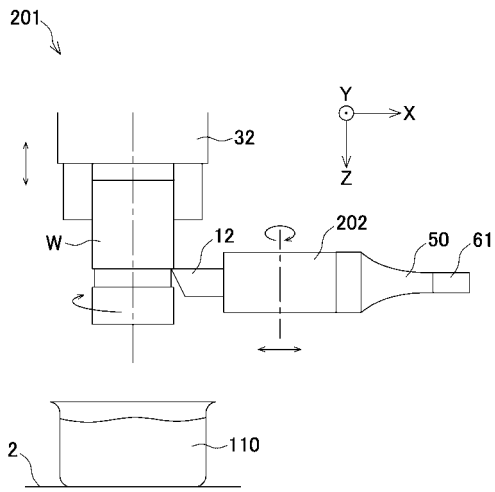
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 上田 隆司

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 山本 誠栄

愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目2番地の1 オークマ株式会社内

Fターム(参考) 3C045 AA01 AA10