

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第2区分

【発行日】令和3年5月27日(2021.5.27)

【公表番号】特表2020-519446(P2020-519446A)

【公表日】令和2年7月2日(2020.7.2)

【年通号数】公開・登録公報2020-026

【出願番号】特願2019-560726(P2019-560726)

【国際特許分類】

B 2 3 K 26/08 (2014.01)

B 2 3 K 26/064 (2014.01)

G 0 2 B 26/08 (2006.01)

【F I】

B 2 3 K 26/08 Z

B 2 3 K 26/064 A

G 0 2 B 26/08 E

【手続補正書】

【提出日】令和3年4月15日(2021.4.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークピースを処理するためのレーザ型加工であって、

レーザ光を生成するように構成されたレーザ源と、

支持フレームと、

スキャンヘッドと、

前記支持フレームと前記スキャンヘッドとの間に連結される第1のアクチュエータであって、前記支持フレームに対して第1の方向に沿って前記スキャンヘッドを並進させるように配置及び構成される第1のアクチュエータと、

前記第1のアクチュエータと前記支持フレームとの間に連結される第2のアクチュエータであって、前記支持フレームに対して第2の方向に沿って前記スキャンヘッド及び前記第1のアクチュエータを並進させるように配置及び構成される第2のアクチュエータと、

伝搬経路に沿って前記レーザ光を前記レーザ源から前記スキャンヘッドに案内するように配置及び構成される複数の光学的構成要素と、

前記レーザ源と前記複数の光学的構成要素のうち第1のグループとにより占有される第1の空間を包囲するシュラウドと、

前記スキャンヘッドと前記複数の光学的構成要素のうち第2のグループとにより占有される第2の空間を包囲するシュラウドと、

前記第1の空間内で生成された熱を補償可能な熱管理システムとを備え、前記複数の光学的構成要素は、

前記支持フレームに連結される第1のミラーと、

第2のミラーであって、前記第2のミラーが前記第1のミラーに対して前記第2の方向に沿って移動できるように、また、前記スキャンヘッドが前記第2のミラーに対して前記第1の方向に沿って移動できるように前記第2のアクチュエータに連結される第2のミラーと

を含む、

レーザ型加工ツール。

【請求項 2】

前記支持フレームの下方に配置されたワークピース位置決めアセンブリであって、前記支持フレームに対して前記ワークピースを移動可能なワークピース位置決めアセンブリをさらに備える、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 3】

プロセスベースに連結され、内部に光ポートが形成された光学部品壁をさらに備え、前記レーザ源は、前記光学部品壁の第 1 の側面に配置され、動作中に熱を生成するよう構成され、

前記支持フレームは、前記光学部品壁の前記第 1 の側面とは反対側の前記光学部品壁の第 2 の側面に配置され、

前記スキャンヘッドは、前記支持フレームに連結され、

前記複数の光学的構成要素は、前記光ポートを通過して延びる伝搬経路に沿って前記レーザ光を前記レーザ源から前記スキャンヘッドに案内するように配置及び構成される、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 4】

前記熱管理システムは、前記第 2 の空間を加熱することが可能な加熱ユニットを含む、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 5】

前記熱管理システムは、前記第 1 の空間を冷却することが可能な冷却ユニットを含む、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 6】

前記熱管理システムは、前記第 1 の空間内の加熱された空気を前記第 2 の空間に移送することができるダクトシステムを含む、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 7】

前記第 1 の空間内に配置され、前記レーザ源が過熱してしまうことを防止することができるチラーをさらに備え、

前記チラーは、動作中に熱を生成するように構成される、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 8】

前記第 1 の空間内に配置され、前記第 2 の空間に対して前記第 1 の空間を加圧することができるポンプをさらに備え、

前記ポンプは、動作中に熱を生成するように構成される、請求項 1 のレーザ型加工ツール。

【請求項 9】

ワークピースを処理するためのレーザ型加工ツールであって、伝搬経路に沿って伝搬可能なレーザ光を生成するように構成されるレーザ源と、前記伝搬経路に配置されるスキャンレンズと、前記スキャンレンズに連結される第 1 のアクチュエータであって、前記スキャンレンズを第 1 の方向に沿って移動させるように配置及び構成される第 1 のアクチュエータと、前記スキャンレンズと前記レーザ源との間の前記伝搬経路に配置されるズームレンズとを備える、レーザ型加工ツール。

【請求項 10】

前記ズームレンズは、前記ズームレンズが前記第 1 の方向に沿って移動できるように前記第 1 のアクチュエータに連結される、請求項 9 のレーザ型加工ツール。

【請求項 11】

前記ズームレンズは、前記伝搬経路に配置される収束レンズ素子と、前記伝搬経路に配置される対物レンズ素子とを含み、

前記対物レンズ素子は、前記収束レンズ素子に対して移動可能である、
請求項9のレーザ型加工ツール。

【請求項12】

前記対物レンズ素子は、発散レンズ素子を含む、請求項11のレーザ型加工ツール。

【請求項13】

前記ズームレンズは、前記対物レンズ素子に連結されるアクチュエータをさらに含む、
請求項11のレーザ型加工ツール。

【請求項14】

レーザ光を用いてワークピースを処理するための多軸加工ツールであって、
ワークピースのあるスポットを照射するために伝搬経路に沿って伝搬可能なレーザ光を
生成するように構成されるレーザ源と、

前記ワークピースを移動可能なワークピース位置決めセンブリと、

前記スポットを移動可能なツールチップ位置決めセンブリと、

前記ワークピース位置決めセンブリと前記ツールチップ位置決めセンブリとに連結
されるコントローラと

を備え、

前記コントローラは、前記ワークピースと前記スポットに照射する加工領域との間で一
定の速度で相対移動を生じさせるように前記ワークピース位置決めセンブリ及び前記ツ
ールチップ位置決めセンブリからなる群から選択される少なくとも1つの動作を制御可
能であり、

前記相対移動は、第1の軸を中心として回転移動と前記第1の軸とは異なる第2の軸に
沿った直線移動との同時移動を含む、
多軸加工ツール。

【請求項15】

前記コントローラは、第1のプロセスツール経路セグメントに沿って、また、前記第1
のプロセスツール経路セグメントに接する第2のプロセスツール経路セグメントに沿って
前記加工領域をスキヤンしつつ、前記ワークピースと前記加工領域との間で一定の速度で
相対移動を生じさせるように前記ワークピース位置決めセンブリ及び前記ツールチップ
位置決めセンブリからなる群から選択される少なくとも1つの動作を制御可能であり、

前記コントローラは、前記第1のプロセスツール経路セグメントと前記第2のプロセス
ツール経路セグメントとの間で前記スポットが前記ワークピースを照射するのを防止する
ように動作可能であり、

前記スポットが前記ワークピースを照射していないときに、前記コントローラは、前記
第1のプロセスツール経路セグメント又は前記第2のプロセスツール経路セグメントでは
ない軌跡に沿って相対移動を生じさせるように前記ワークピース位置決めセンブリ及び
前記ツールチップ位置決めセンブリからなる群から選択される少なくとも1つの動作を
制御可能である、

請求項14に記載の多軸加工ツール。

【請求項16】

ワークピースを処理するためのレーザ型加工ツールであって、

プロセスベースと、

前記プロセスベースに連結され、内部に光ポートが形成された光学部品壁と、

前記光学部品壁の第1の側面に配置され、動作中に熱を生成するように構成されるレ
ザ源と、

前記光学部品壁の前記第1の側面とは反対側の前記光学部品壁の第2の側面に配置され
る支持フレームと、

スキヤンヘッドと、

前記支持フレーム及び前記スキヤンヘッドに取り付けられ、前記支持フレームに対して
前記スキヤンヘッドを移動可能なアクチュエータと、

前記光ポートを通過して延びる伝搬経路に沿ってレーザ光を前記レーザ源から前記スキ

ヤンヘッドに案内するように配置及び構成される複数の光学的構成要素と、
前記レーザ源と前記複数の光学的構成要素のうち第1のグループとにより占有される第1の空間を包囲するシュラウドと、

前記スキャンヘッドと前記複数の光学的構成要素のうち第2のグループとにより占有される第2の空間を包囲するシュラウドと
を備え、

前記支持フレームは、前記アクチュエータの熱膨張係数(CTE)とは異なるCTEを有する材料から形成され、

前記光学部品壁は、前記支持フレームに取り付けられ、前記支持フレームと前記アクチュエータとの間のCTEの差から生じる熱による変形を相殺するように構成される、
レーザ型加工ツール。

【請求項17】

レーザ光を用いてワークピースを処理するためのレーザ型多軸加工ツールであって、
前記ワークピースのスポットを照射するように伝搬経路に沿って伝搬可能なレーザ光を生成するように構成されたレーザ源と、

前記ワークピースに対して前記スポットを移動可能なツールチップ位置決めアセンブリと、

前記スポットに対して前記ワークピースを移動可能なワークピース位置決めアセンブリと、

前記ワークピース位置決めアセンブリに連結され、処理中に生成される粒子状物質を受け入れるように構成された流入口を前記ワークピース上の前記スポットが照射される位置に有する捕捉ノズルと

を備え、

前記捕捉ノズルは、前記捕捉ノズルが前記ワークピースとともに移動できるように前記ワークピース位置決めアセンブリに連結される、
レーザ型多軸加工ツール。

【請求項18】

記ワークピースの前記捕捉ノズルとは反対側に配置されるように、前記ワークピース位置決めアセンブリに連結されたガス流噴射ノズルをさらに備える、請求項17のレーザ型多軸加工ツール。

【請求項19】

前記ガス流噴射ノズルは、前記ガス流噴射ノズルが前記捕捉ノズルとともに移動できるように前記ワークピース位置決めアセンブリに連結される、請求項18のレーザ型多軸加工ツール。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

【図1】図1は、一実施形態による多軸加工ツールを制御するための制御システムを模式的に示すブロック図である。

【図2A】図2A及び図2Bは、本発明のある実施形態によるワークピース位置決めアセンブリを模式的に示すものである。

【図2B】図2A及び図2Bは、本発明のある実施形態によるワークピース位置決めアセンブリを模式的に示すものである。

【図3】図3は、本発明の一実施形態によるツールチップ位置決めアセンブリを模式的に示すものである。

【図4】図4は、他の実施形態による多軸加工ツールを制御するための制御システムを模式的に示すブロック図である。

【図5】図5及び図6は、本発明のある実施形態による前処理ステージを模式的に示すブロック図である。

【図6】図5及び図6は、本発明のある実施形態による前処理ステージを模式的に示すブロック図である。

【図7】図7及び図8は、本発明のある実施形態による位置決めアセンブリ調整手法に関連付けられた例示的な位置及び移動を模式的に示すものである。

【図8】図7及び図8は、本発明のある実施形態による位置決めアセンブリ調整手法に関連付けられた例示的な位置及び移動を模式的に示すものである。

【図9】図9、図10及び図11は、本発明の一実施形態によるズームレンズを含む光学的構成を模式的に示すものである。

【図10】図9、図10及び図11は、本発明の一実施形態によるズームレンズを含む光学的構成を模式的に示すものである。

【図11】図9、図10及び図11は、本発明の一実施形態によるズームレンズを含む光学的構成を模式的に示すものである。

【図12】図12は、図9、図10及び図11に関して述べられるように構成されるズームレンズを用いて行われる実験の結果を示すグラフである。

【図13A】図13A及び13Bは、誤差補正手法を実現するための誤差補正システムの実施形態を模式的に示すブロック図である。

【図13B】図13A及び13Bは、誤差補正手法を実現するための誤差補正システムの実施形態を模式的に示すブロック図である。

【図14】図14は、一実施形態によるハイブリッド多軸加工ツールを模式的に示す斜視図である。

【図15】図15は、図14のXV-XV'線に沿って見たときの図14に示されるハイブリッド多軸加工ツールを模式的に示す部分側面図である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0073】

III. 軸方向相補的アクチュエータ及び冗長ロータリアクチュエータを有する多軸加工ツールの制御

図4は、一実施形態によれば、図1から図3に関して上記で例示的に述べたようなアクチュエータを含む多軸加工ツールを制御するための制御システム400を模式的に示すブロック図である。しかしながら、本実施形態においては、多軸加工ツールは、B軸アクチュエータ402、C軸アクチュエータ404、又はB軸アクチュエータ402及びC軸アクチュエータ404を付加的に含んでいてもよい。B軸アクチュエータ402の限界周波数は、B軸アクチュエータ114の限界周波数よりも高い。したがって、本明細書においては、B軸アクチュエータ114を「比較的低い帯域幅のB軸アクチュエータ」とも呼ぶことができ、本明細書においては、B軸アクチュエータ402を「比較的高い帯域幅のB軸アクチュエータ」とも呼ぶことができる。同様に、C軸アクチュエータ404の限界周波数は、C軸アクチュエータ116の限界周波数よりも高い。したがって、本明細書においては、C軸アクチュエータ116を「比較的低い帯域幅のC軸アクチュエータ」とも呼ぶことができ、本明細書においては、C軸アクチュエータ404を「比較的高い帯域幅のC軸アクチュエータ」とも呼ぶことができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0108

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0108】

位置決めアセンブリ調整法は、最初に1以上のアクチュエータコマンド（例えば、上述した1組の修正済み予備アクチュエータコマンドX_prelim.' , Y_prelim.' , Z_prelim.' , B_prelim._' 及びC_prelim._' ）をそのようなアクチュエータコマンドが1以上の対応する予備アクチュエータコマンドとして（例えば、制御システム100又は400のような制御システムの）逆運動変換ステージ118及び処理ステージ120に入力される前に処理することにより実現することができる。したがって、図6を参照すると、1以上の修正済み予備アクチュエータコマンドは、前処理ステージ（本明細書においては「位置決めアセンブリ調整処理」ステージ600ともいう）で処理され、別の1組の修正済み予備アクチュエータコマンド（すなわち、予備アクチュエータコマンドX_prelim.'' , Y_prelim.'' , Z_prelim.'' , B_prelim.'' 及びC_prelim.'' ）を生成してもよい。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0109

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0109】

位置決めアセンブリ調整処理ステージ600で、修正済み予備アクチュエータコマンド（例えば、X_prelim.' , Y_prelim.' , Z_prelim.' , B_prelim._' 及びC_prelim._' ）が解釈ないしは処理され、一連のプロセスツール経路セグメント中のあるプロセスツール経路セグメント（例えば、第1のプロセスツール経路セグメント）からその一連のプロセスツール経路セグメント中の別のプロセスツール経路セグメント（例えば、第2のプロセスツール経路セグメント）への特定の軸（例えば、X軸、Y軸、Z軸、B軸又はC軸のいずれか）に沿った移動が、その特定の軸に関連付けられた閾値（例えば、速度、加速度、ジャーカー、又はこれらを任意に組み合わせたものに関する）を超えるか否かが判断される。したがって、ある軸に関連付けられた閾値が、1以上の他の軸に関連付けられた閾値と同一であったり、異なったりする場合があり得る。一般的に、特定の軸に関連付けられた閾値は、その特定の軸に関連付けられたアクチュエータの帯域幅に対応している。多軸加工ツールが特定の軸に関連付けられた1組の冗長アクチュエータを含んでいる場合には、その特定の軸に関連付けられた閾値は、最も高い帯域幅を有する冗長アクチュエータの組の中のアクチュエータの帯域幅に対応する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0148

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0148】

一般的に、レーザ源1402はレーザ光を生成することができる。このため、レーザ源1402は、パルスレーザ源、CWレーザ源、QCWレーザ源、バーストモードレーザなど、又はこれらを任意に組み合わせたものを含み得る。レーザ源1402がQCWレーザ源又はCWレーザ源を含む場合、レーザ源1402は、（例えば、1以上のレーザパルスを生成する）QCWレーザ源又はCWレーザ源から出力されるレーザ放射のビームを時間的に変調するパルスゲーティングユニット（例えば、音響光学（AO）変調器（AOM）、ビームチョッパなど）を必要に応じて含み得る。図示されていないが、多軸加工ツール1400は、レーザ源1402により出力される光の波長を変換するように構成される1以上の高調波発生結晶（「波長変換結晶」としても知られている）を必要に応じて含むことができる。したがって、ワークピース位置決めアセンブリ201によって支持されるワークピースに最終的に照射されるレーザ光は、紫外光（UV）、可視光（例えば紫色、青色、緑色、赤色など）、赤外光（IR）の範囲の電磁スペクトル、あるいはこれらを任意に組み合わせたもののうち1つ以上における1以上の波長を有するものとして特徴付けられていてもよい。UV範囲の電磁スペクトルを有する

レーザパルスは、157nm、200nm、334nm、337nm、351nm、380nmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の波長のような、150nm（又はその前後）から385nm（又はその前後）の範囲にある1以上の波長を有していてもよい。可視緑色範囲の電磁スペクトルを有するレーザパルスは、511nm、515nm、530nm、532nm、543nm、568nmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の波長のような、500nm（又はその前後）から570nm（又はその前後）の範囲にある1以上の波長を有していてもよい。IR範囲の電磁スペクトルを有するレーザパルスは、700nmから1000nm、752.5nm、780nmから1060nm、799.3nm、980nm、1047nm、1053nm、1060nm、1064nm、1080nm、1090nm、1152nm、1150nmから1350nm、1540nm、2.6μmから4μm、4.8μmから8.3μm、9.4μm、10.6μmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の波長のような、750nm（又はその前後）から15μm（又はその前後）の範囲にある1以上の波長を有していてもよい。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 5 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 5 1】

レーザ源1402によりレーザパルスを5kHzから1GHzの範囲にあるパルス繰り返し率で出力することができる。しかしながら、パルス繰り返し率は、5kHzより低くてもよく、あるいは1GHzよりも高くてよいことは理解できよう。このように、レーザ源1402によりレーザパルスを、5kHz、50kHz、100kHz、175kHz、225kHz、250kHz、275kHz、500kHz、800kHz、900kHz、1MHz、1.5MHz、1.8MHz、1.9MHz、2MHz、2.5MHz、3MHz、4MHz、5MHz、10MHz、20MHz、50MHz、70MHz、100MHz、150MHz、200MHz、250MHz、300MHz、350MHz、500MHz、550MHz、700MHz、900MHz、2GHz、10GHzなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の値よりも高いパルス繰り返し率、これらと等しいパルス繰り返し率で出力することができる。同様に、レーザ源1402によりレーザパルスを、10GHz、2GHz、1GHz、900MHz、700MHz、550MHz、500MHz、350MHz、300MHz、250MHz、200MHz、150MHz、100MHz、90MHz、70MHz、50MHz、20MHz、10MHz、5MHz、4MHz、3MHz、2.5MHz、2MHz、1.9MHz、1.8MHz、1.5MHz、1MHz、900kHz、800kHz、500kHz、275kHz、250kHz、225kHz、175kHz、100kHz、50kHz、5kHzなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の値よりも低いパルス繰り返し率で出力することができる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 5 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 5 8】

多軸加工ツール1400は、プロセスベース1412に連結された支持フレーム1416（例えば、ガントリ）をさらに含んでいる。支持フレーム1416は、ワークピース位置決めセンブリ201の上方でツールチップアセンブリを支持するように構成されていてもよい。支持フレーム1416は、ワークピース位置決めセンブリ201の両側でプロセスベース1412に連結され、ともに梁1420を支持する1対のサポート1418を含んでいてもよい。図示された実施形態においては、ツールチップ位置決めセンブリの比較的低い帯域幅のX軸アクチュエータ102が梁1420に連結されており、これにより、支持フレーム1416によってワークピース位置決めセンブリ201の上方でツールチップアセンブリを支持することができる。支持フレーム1416は、上述したツールチップ位置決めセンブリ内のアクチュエータやスキンレンズなどの構成要素をワークピース位置決めセンブリ201により生じる振動からだけではなく、多軸加工ツール1400の外部で生じた振動から少なくとも部分的に隔離するように構成されていてもよい。したがって、一実施形態においては、支持フレーム1416のサポート1418と梁1420は、花崗岩、輝緑岩など、又はこれらを任意に組み合わせたものから

なる比較的重いブロックとして形成されていてもよい。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0165

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0165】

上述のように構成及び配置されているため、第8の折り返しミラー1406h及び第9の折り返しミラー1406iのような折り返しミラーは、レーザ光をスキャンヘッド1410及び必要に応じて比較的高い帯域幅のZ軸アクチュエータ112に案内する自由空間ビーム伝搬システムを提供する。第9の折り返しミラー1406iは、比較的低い帯域幅のX軸アクチュエータ102を取り付けられており、Z軸に沿ってスキャンヘッド1410（及び含んでいる場合には比較的高い帯域幅のZ軸アクチュエータ112）と揃えられているだけではなく、X軸に沿って第8の折り返しミラー1406hと揃えられているので、第8の折り返しミラー1406hからスキャンヘッド1410への伝搬経路の長さと構成が、比較的低い帯域幅のX軸アクチュエータ102及び/又は比較的低い帯域幅のZ軸アクチュエータ106の動作中に動的に変化し得る。これは、固定ビーム伝搬システムを有する従来のレーザ型多軸加工ツールと比べて利点となり得る。固定ビーム伝搬システムでは、レーザ型多軸加工ツールの動作中にスキャンヘッド1410を静止させる必要があり、そのような従来のレーザ型多軸加工ツールにより加工可能なワークピースのサイズが制限される。上述のように構成されているため、ワークピース位置決めアセンブリ201とツールチップ位置決めアセンブリとを組み合わせて動作させることにより、多軸加工ツール1400は、X軸、Y軸及びZ軸の最大寸法が1000mm（又は1000mm未満）×1000mm（又は1000mm未満）×750mm（又は750mm未満）である加工容積内のどこにでもツール領域を配置することが可能となる。一実施形態においては、X軸における加工容量の最大寸法は、750mm、500mm、250mm、200mm、150mmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の値と等しくてもよく、あるいはこれらよりも短くてもよい。一実施形態においては、Y軸における加工容量の最大寸法は、750mm、500mm、250mm、200mm、150mmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の値と等しくてもよく、あるいはこれらよりも短くてもよい。一実施形態においては、Z軸における加工容量の最大寸法は、500mm、250mm、200mm、150mmなど、あるいはこれらの値のいずれかの間の値と等しくてもよく、あるいはこれらよりも短くてもよい。さらに、上述したように構成されていれば、レーザ光は、多軸加工ツール1400の自由空間ビーム伝搬システム内で伝搬経路304に沿って空中を伝搬することができる。これは、レーザ光をスキャンヘッド1410に伝搬するために光ファイバを用いる従来のレーザ型多軸加工ツールと比べて利点となり得る。