【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7年3月14日(2025.3.14)

【国際公開番号】WO2024/009359
【出願番号】特願2024-531767(P2024-531767)
【国際特許分類】
Ｂ２３Ｋ 26/00(2014.01)
【ＦＩ】
Ｂ２３Ｋ 26/00 Ｍ
Ｂ２３Ｋ 26/00 Ｑ

【手続補正書】
【提出日】令和6年11月1日(2024.11.1)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、レーザ加工ヘッド、及びレーザ加工システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
加工プログラムに従ってレーザ出射動作を自動で行うレーザ加工システムに適用されるレーザ加工ヘッドが知られている（特許文献１）。一方、オペレータが手動で操作するレーザ加工ヘッドも知られている（特許文献２）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０００－５２０７６号公報
【特許文献２】特開２０００－２４７８７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
従来、オペレータと協働で作業を実行可能な協働型のロボットが普及している。これに伴って、オペレータが手動でレーザ出射動作を行う手動運転モードと、レーザ加工システムが自動でレーザ出射動作を行う自動運転モードとに適用可能なレーザ加工ヘッドが求められている。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本開示の一態様において、制御装置が手動レーザ出射指令に従ってレーザ出射動作を実行する手動運転モードと、該制御装置が加工プログラムに従ってレーザ出射動作を自動で実行する自動運転モードとでレーザ出射動作可能なレーザ加工ヘッドは、手動レーザ出射指令を制御装置へ送信するための入力操作を受け付ける第１の入力装置と、制御装置が自動運転モードでレーザ出射動作を実行するときに、レーザ加工ヘッドとワークとの距離を測定する測距センサとを備える。
【図面の簡単な説明】
【０００６】

【図１】一実施形態に係るレーザ加工システムの概略図である。
【図２】図１に示すレーザ加工システムのブロック図である。
【図３】図１に示すモード選択スイッチの拡大図である。
【図４】図１に示すレーザ加工ヘッドの拡大図である。
【図５】他の実施形態に係る第１の入力装置を示す。
【図６】他の実施形態に係るレーザ加工ヘッドの拡大図である。
【図７】図６に示すレーザ加工ヘッドのブロック図である。
【図８】図６に示す接触検知装置の機能を説明するための図である。
【図９】図６に示す指令遮断部の機能を説明するための図であって、該指令遮断部が手動レーザ出射指令を遮断している状態を示す。
【図１０】図６に示す指令遮断部の機能を説明するための図であって、該指令遮断部が手動レーザ出射指令の送信を許可している状態を示す。
【図１１】図６に示すレーザ加工ヘッドの動作フローの一例を示すフローチャートである。
【図１２】図１１中のステップＳ２のフローの一例を示すフローチャートである。
【図１３】図１１中のステップＳ３のフローの一例を示すフローチャートである。
【図１４】さらに他の実施形態に係るレーザ加工ヘッドのブロック図である。
【図１５】図１４に示すレーザ加工ヘッドが実行するステップＳ２のフローの一例を示すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
以下、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する種々の実施形態において、同様の要素には同じ符号を付し、重複する説明を省略する。まず、図１及び図２を参照して、一実施形態に係るレーザ加工システム１０について説明する。レーザ加工システム１０は、オペレータと協働でワークＷに対するレーザ加工（レーザ溶接、レーザ切断等）を実行できるシステムである。
【０００８】
具体的には、レーザ加工システム１０は、ロボット１２、レーザ加工ヘッド１４、レーザ発振器１６、及び制御装置１８を備える。ロボット１２は、レーザ加工ヘッド１４をワークＷに対して相対的に移動させる。本実施形態においては、ロボット１２は、垂直多関節ロボットであって、ロボットベース２０、旋回胴２２、下腕部２４、上腕部２６、及び手首部２８を有する。
【０００９】
ロボットベース２０は、作業セルの床の上に固定されている。旋回胴２２は、鉛直軸周りに旋回可能となるように、ロボットベース２０に設けられている。下腕部２４は、旋回胴２２に水平軸周りに回動可能に設けられている。上腕部２６は、下腕部２４の先端部に回動可能に設けられている。手首部２８は、互いに直交する２つの軸周りに回動可能となるように上腕部２６の先端部に設けられた手首ベース２８ａと、該手首ベース２８ａに回動可能に設けられた手首フランジ２８ｂとを有する。
【００１０】
ロボット１２の各コンポーネント（つまり、ロボットベース２０、旋回胴２２、下腕部２４、上腕部２６、及び手首部２８）には、複数のサーボモータ３０（図２）がそれぞれ設けられている。これらサーボモータ３０は、制御装置１８からの指令に応じて、ロボット１２の各可動コンポーネント（つまり、旋回胴２２、下腕部２４、上腕部２６、手首部２８、手首フランジ２８ｂ）を駆動軸周りに回動させる。これにより、ロボット１２は、レーザ加工ヘッド１４を移動する。
【００１１】
また、ロボット１２には、力センサ３２が設けられている。力センサ３２は、ロボット１２に加えられた外力Ｆを検出する。一例として、力センサ３２は、ロボット１２の各サーボモータ３０に設けられ、該サーボモータ３０の出力シャフトに掛かるトルクを検出す

るトルクセンサを有する。

【００１２】

他の例として、力センサ３２は、ロボット１２のコンポーネント（例えば、ロボットベース２０、又は手首部２８）に設けられ、６軸方向の力を検出可能な６軸力覚センサを有する。制御装置１８は、力センサ３２の検出データに基づいて、ロボットに加えられた外力Ｆの大きさ及び方向と、該外力Ｆが加えられたロボット１２の部位（例えば、手首部２８）を特定することができるようになっている。

【００１３】

レーザ発振器１６は、制御装置１８からの指令（レーザパワー指令等）に応じて内部でレーザ発振し、レーザ光ＬＢを生成する。レーザ発振器１６は、ファイバレーザ発振器、パルスレーザ発振器、CO_2レーザ発振器、又は固体レーザ（ＹＡＧレーザ）発振器等、如何なるタイプのものであってもよい。レーザ発振器１６は、生成したレーザ光ＬＢを、導光路３４を介して、レーザ加工ヘッド１４に供給する。導光路３４は、光ファイバ、空洞、水晶等の導光材、反射鏡、又は、光学レンズ等によって、構成され得る。

【００１４】

制御装置１８は、レーザ発振器１６を動作させてレーザ加工ヘッド１４からレーザ光ＬＢを出射するレーザ出射動作ＬＯと、ロボット１２を動作させて、該ロボット１２に取り付けられたレーザ加工ヘッド１４をワークＷに対して移動させる移動動作ＭＯとを制御する。具体的には、制御装置１８は、図２に示すように、プロセッサ３６、メモリ３８、及びＩ／Ｏインターフェース４０を有するコンピュータである。

【００１５】

プロセッサ３６は、ＣＰＵ又はＧＰＵ等を有し、メモリ３８及びＩ／Ｏインターフェース４０とバス４２を介して通信可能に接続され、これらコンポーネントと通信しつつ、後述するレーザ加工を実行するための各種演算処理を行う。メモリ３８は、ＲＡＭ又はＲＯＭ等を有し、プロセッサ３６で実行される演算処理で利用される各種データ、及び演算処理の途中で生成される各種データを、一時的又は恒久的に記憶する。

【００１６】

Ｉ／Ｏインターフェース４０は、例えば、イーサネット（登録商標）ポート、ＵＳＢポート、光ファイバコネクタ、又はＨＤＭＩ（登録商標）端子を有し、プロセッサ３６からの指令の下、外部機器との間でデータを有線又は無線で通信する。ロボット１２（具体的には、サーボモータ３０、力センサ３２）、レーザ加工ヘッド１４、及びレーザ発振器１６は、Ｉ／Ｏインターフェース４０に通信可能に接続されている。

【００１７】

制御装置１８には、入力装置４４、及び表示装置４６がさらに設けられている。入力装置４４は、キーボード、マウス、又はタッチパネル等を有し、オペレータからデータの入力を受け付ける。表示装置４６は、液晶ディスプレイ又は有機ＥＬディスプレイ等を有し、各種データを表示する。

【００１８】

入力装置４４及び表示装置４６は、Ｉ／Ｏインターフェース４０に、有線又は無線で通信可能に接続されている。なお、入力装置４４及び表示装置４６は、制御装置１８の筐体に一体に組み込まれてもよいし、又は、例えば１つのコンピュータ（ＰＣ等）として、制御装置１８の筐体とは別体として設けられてもよい。

【００１９】

本実施形態においては、制御装置１８に、モード選択スイッチ４８が設けられている。モード選択スイッチ４８は、制御装置１８が実行するレーザ加工の運転モードＤＭを選択するためのものである。図３に示すように、本実施形態においては、モード選択スイッチ４８は、運転モードＤＭを、「ＭＡＮＵＡＬ」として表される手動運転モードＤＭ１と、「ＡＵＴＯ」として表される自動運転モードＤＭ２との間で切り替え可能に構成されている。

【００２０】

オペレータは、モード選択スイッチ４８を操作することによって、運転モードＤＭを、手動運転モードＤＭ１と自動運転モードＤＭ２との間で切り替えることができる。手動運転モードＤＭ１は、オペレータがレーザ加工ヘッド１４を手で把持して持ち運び、制御装置１８にレーザ出射動作ＬＯを手動で実行させて、レーザ加工ヘッド１４から出射されるレーザ光ＬＢでワークＷを手動でレーザ加工する運転モードＤＭである。この手動運転モードＤＭ１においては、オペレータは、後述する手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８に手動で与え、制御装置１８のプロセッサ３６は、該手動レーザ出射指令ＣＭ１に応じて、レーザ出射動作ＬＯを実行する。

【００２１】

一方、自動運転モードＤＭ２は、制御装置１８のプロセッサ３６が、予め作成された加工プログラムＰＧ１に従って、レーザ出射動作ＬＯ及び移動動作ＭＯを自動で実行する運転モードＤＭである。具体的には、プロセッサ３６は、加工プログラムＰＧ１に従ってレーザ発振器１６への指令を順次生成し、該指令に従ってレーザ発振器１６を動作させて、レーザ加工ヘッド１４からレーザ光ＬＢを出射するレーザ出射動作ＬＯを自動で実行する。

【００２２】

また、プロセッサ３６は、加工プログラムＰＧ１に従ってロボット１２（具体的には、各サーボモータ３０）への指令（位置指令、速度指令、トルク指令等）を順次生成し、該指令に従ってロボット１２を動作させて、レーザ加工ヘッド１４をワークＷに対して移動させる移動動作ＭＯを自動で実行する。この加工プログラムＰＧ１は、オペレータによって作成され、メモリ３８に予め格納される。なお、図３は、モード選択スイッチ４８によって自動運転モードＤＭ２（「ＡＵＴＯ」）が選択されている状態を示している。

【００２３】

レーザ加工ヘッド１４は、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱可能に取り付けられている。具体的には、図４に示すように、レーザ加工ヘッド１４は、ヘッド本体５０、ノズル５２、着脱具５４、把持部５６、第１の入力装置５８、第２の入力装置６０、及び測距センサ６２を備える。ヘッド本体５０は、中空であって、その内部に、光学レンズ（コリメートレンズ、フォーカスレンズ等）、及び、制御装置１８からの指令に応じて該光学レンズを変位させるレンズ駆動部（例えば、サーボモータ）等の光学系コンポーネントを収容している。

【００２４】

ノズル５２は、中空であって、ヘッド本体５０の先端部に設けられている。本実施形態においては、ノズル５２は、その基端部から先端部へ向かうにつれて断面積が小さくなるような円錐台状の外形を有し、その先端部に出射口５２ａが形成されている。ノズル５２及びヘッド本体５０の内部には、空洞のチャンバが形成され、該チャンバ内に、外部に設けられたアシストガス供給装置（図示せず）からアシストガスＡＧが供給される。レーザ発振器１６が生成したレーザ光ＬＢは、該チャンバ内を伝搬し、アシストガスＡＧとともに出射口５２ａから光軸Ａに沿って出射される。

【００２５】

着脱具５４は、ヘッド本体５０に設けられ、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱される。一例として、着脱具５４は、ボルト等の締結具を有し、該締結具によって手首フランジ２８ｂに締結されてもよい。他の例として、着脱具５４は、手首フランジ２８ｂに形成された被係合部と脱離可能に係合する係合部を有し、該被係合部と該係合部との係合によって、手首フランジ２８ｂに着脱されてもよい。さらに他の例として、着脱具５４は、電磁石を有し、該電磁石が発生させる電磁力によって、手首フランジ２８ｂに吸着固定されてもよい。この着脱具５４を介して、レーザ加工ヘッド１４は、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱可能に取り付けられる。

【００２６】

把持部５６は、オペレータが片手で把持可能となるように、ヘッド本体５０の基端部に設けられている。把持部５６は、オペレータが片手で把持し易くするために、該片手の指

に対応する凹凸部を有してもよい。オペレータは、該把持部５６を把持してレーザ加工ヘッド１４を手首フランジ２８ｂから取り外すことで、レーザ加工ヘッド１４を持ち運ぶことができる。

【００２７】

第１の入力装置５８は、手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８へ送信するための入力操作を受け付ける。本実施形態においては、第１の入力装置５８は、オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、又はタッチパネル等を有し、レーザ加工ヘッド１４（例えば、ヘッド本体５０、又は把持部５６）に設けられている。

【００２８】

第１の入力装置５８は、オペレータによる入力操作（例えば、手による押しボタンの押下、スイッチの切り替え、又は、タッチパネルの接触操作）を受け付けると、手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８へ供給する。なお、手動レーザ出射指令ＣＭ１は、ＯＮ信号（又は、「１」信号）であってもよい。

【００２９】

制御装置１８は、手動運転モードＤＭ１を実行中に手動レーザ出射指令ＣＭ１を受け付けると、該手動レーザ出射指令ＣＭ１に応じて、レーザ出射動作ＬＯを実行する。こうして、オペレータは、手動運転モードＤＭ１として、レーザ加工ヘッド１４を手で持ち運びつつ、該レーザ加工ヘッド１４の出射口５２ａから光軸Ａに沿って出射されるレーザ光ＬＢによって、ワークＷを手動でレーザ加工することができる。なお、本実施形態においては、第１の入力装置５８は、オペレータが把持部５６を把持した片手で入力操作可能となるように、該把持部５６に隣接して設けられている。

【００３０】

第２の入力装置６０は、アシストガスＡＧを出射する手動ガス出射指令ＣＭ２を発信するための入力操作を受け付ける。具体的には、第２の入力装置６０は、オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、又はタッチパネル等を有し、オペレータによる入力操作を受け付けると、手動ガス出射指令ＣＭ２を制御装置１８へ送信する。なお、手動ガス出射指令ＣＭ２は、ＯＮ信号（又は、「１」信号）であってもよい。

【００３１】

制御装置１８は、手動運転モードＤＭ１を実行中に手動ガス出射指令ＣＭ２を受け付けると、アシストガス供給装置を動作させて、該アシストガス供給装置からレーザ加工ヘッド１４にアシストガスＡＧを供給させる。これにより、オペレータが手で把持するレーザ加工ヘッド１４の出射口５２ａから、レーザ光ＬＢとともに、アシストガスＡＧが出射される。

【００３２】

なお、第２の入力装置６０は、手動ガス出射指令ＣＭ２を、アシストガス供給装置に直接送信するように構成されてもよい。本実施形態においては、第２の入力装置６０も、上述の第１の入力装置５８と同様に、オペレータが把持部５６を把持した片手で入力操作可能となるように、該把持部５６及び第１の入力装置５８に隣接して設けられている。

【００３３】

測距センサ６２は、制御装置１８が自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯを実行するときに、レーザ加工ヘッド１４（例えば、出射口５２ａ）とワークＷとの距離ｄを測定する。具体的には、測距センサ６２は、例えば、静電容量型、赤外線型、レーザ型、又は音波型（例えば、超音波型）の測距センサである。

【００３４】

例えば、静電容量型の場合、測距センサ６２は、レーザ加工ヘッド１４に最も近い位置に在る対象物との距離を測定するように、ヘッド本体５０（又はノズル５２）に設けられる。一方、赤外線型、レーザ型、又は音波型の場合、測距センサ６２は、対象物との距離を測定する測定方向Ｄ（換言すれば、赤外線、レーザ又は音波の放射方向）が光軸Ａと平行となるように、ヘッド本体５０（又はノズル５２）に取り付けられる。すなわち、この場合、測距センサ６２は、レーザ加工ヘッド１４（出射口５２ａ）とワークＷとの間の、

光軸Ａの方向の距離ｄを測定する。

【００３５】

測距センサ６２は、制御装置１８が自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを実行するとき、距離ｄを連続的（例えば、周期的）に測定する。制御装置１８のプロセッサ３６は、自動運転モードＤＭ２において、測距センサ６２が測定した距離ｄが、予め定めた許容範囲ＲＧ内に在る場合に、レーザ出射動作ＬＯを実行する一方、距離ｄが許容範囲ＲＧ外である場合は、レーザ出射動作ＬＯを実行しない。

【００３６】

また、プロセッサ３６は、自動運転モードＤＭ２で移動動作ＭＯを実行しているときに、力センサ３２が検出した外力Ｆが所定の閾値F_{th}を超えたとき、ロボット１２の動作を停止させる。これにより、移動動作ＭＯ中のロボット１２が周囲の物体（例えば、オペレータ）と衝突したときに、該ロボット１２を緊急停止させることができる。

【００３７】

以上のように、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド１４は、制御装置１８が手動レーザ出射指令ＣＭ１に従ってレーザ出射動作ＬＯを実行する手動運転モードＤＭ１と、該制御装置１８が加工プログラムＰＧ１に従ってレーザ出射動作ＬＯを自動で実行する自動運転モードＤＭ２とで、レーザ出射動作可能に構成されている。

【００３８】

このように手動運転モードＤＭ１及び自動運転モードＤＭ２の双方に適用可能とするために、レーザ加工ヘッド１４は、手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８へ送信するための入力操作を受け付ける第１の入力装置５８と、制御装置１８が自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯを実行するときに、レーザ加工ヘッド１４とワークＷとの距離ｄを測定する測距センサ６２とを備える。

【００３９】

この構成によれば、オペレータは、レーザ加工の進捗に応じて、手動運転モードＤＭ１と自動運転モードＤＭ２とを自在に切り換えつつ、レーザ加工を実行することができる。これにより、多様なレーザ加工を実行できる。また、手動運転モードＤＭ１では、オペレータは、第１の入力装置５８を操作することで、レーザ出射動作ＬＯを手動で制御できる一方、自動運転モードＤＭ２では、制御装置１８が、測距センサ６２が測定する距離ｄに基づいてレーザ出射動作ＬＯを自動制御できる。したがって、レーザ加工の作業の安全性を確保することができる。

【００４０】

また、本実施形態においては、第１の入力装置５８は、オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、又はタッチパネルを有する。この構成によれば、オペレータは、手動運転モードＤＭ１において手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８へ簡単な操作で送信できる。

【００４１】

また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド１４は、アシストガスＡＧを出射する手動ガス出射指令ＣＭ２を発信するための入力操作を受け付ける第２の入力装置６０をさらに備える。この構成によれば、オペレータは、手動運転モードＤＭ１において、アシストガスＡＧの出射も手動で制御することができる。

【００４２】

また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド１４は、該レーザ加工ヘッド１４を移動するロボット１２（具体的には、手首フランジ２８ｂ）に着脱される着脱具５４と、オペレータが片手で把持可能な把持部５６とをさらに備える。そして、第１の入力装置５８は、把持部５６を把持した該片手で入力操作可能となるように、該把持部５６に隣接して設けられている。

【００４３】

この構成によれば、オペレータは、片手で把持部５６を把持した状態で、着脱具５４を操作してレーザ加工ヘッド１４をロボット１２から取り外し、該片手で第１の入力装置５

８を操作することで、手動運転モードＤＭ１でのレーザ出射動作ＬＯを容易に実行できる。

【００４４】

その一方で、オペレータは、着脱具５４を介してレーザ加工ヘッド１４をロボット１２に取り付けることで、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを容易に実行できる。これにより、オペレータは、手動運転モードＤＭ１と自動運転モードＤＭ２との切り替えを、より円滑且つ容易に行うことができる。

【００４５】

なお、第１の入力装置５８は、押しボタン、スイッチ、又はタッチパネルに限らず、オペレータが足で入力操作可能なフットペダル、又はフットスイッチを有してもよい。このような形態を、図５に示す。図５に示すレーザ加工ヘッド１４’においては、第１の入力装置５８’は、フットペダル、又はフットスイッチを有し、ヘッド本体５０とは別体として設けられている。

【００４６】

第１の入力装置５８’は、ヘッド本体５０の内部に収容された電子部品（例えば、後述のプロセッサ）に電気的に接続されている。第１の入力装置５８’は、オペレータによる入力操作（例えば、足によるフットペダルの踏み込み、又はフットスイッチの切り替え）を受け付けると、手動レーザ出射指令ＣＭ１を、ヘッド本体５０内の電子部品を介して、制御装置１８へ送信する。

【００４７】

なお、第１の入力装置５８、５８’は、押しボタン、スイッチ、タッチパネル、フットペダル、又はフットスイッチに限らず、如何なるタイプの入力装置であってもよい。例えば、第１の入力装置５８、５８’は、オペレータの音声を検出するマイクロフォンと、該音声を解析する音声解析部とを有してもよい。この場合、第１の入力装置５８、５８’は、オペレータによる音声の入力操作を受け付けて、手動レーザ出射指令ＣＭ１を制御装置１８へ送信する。

【００４８】

また、レーザ加工ヘッド１４又は１４’から第２の入力装置６０を省略してもよい。この場合において、第２の入力装置６０は、制御装置１８に設けてられてもよい。又は、上述の入力装置４４が第２の入力装置６０として機能してもよい。この場合、オペレータは、入力装置４４を操作することで、アシストガス供給装置を動作させて、アシストガスＡＧをレーザ加工ヘッド１４又は１４’に供給させてもよい。

【００４９】

また、上述の把持部５６を省略し、オペレータは、例えばヘッド本体５０を把持して、レーザ加工ヘッド１４又は１４’を持ち運んでもよい。また、第１の入力装置５８は、レーザ加工ヘッド１４又は１４’の如何なる位置に設けられてもよく、オペレータが、一方の手で把持部５６（又はヘッド本体５０）を把持し、他方の手で第１の入力装置５８を操作できるように、該把持部５６及び該第１の入力装置５８が配設されてもよい。

【００５０】

次に、図６及び図７を参照して、他の実施形態に係るレーザ加工ヘッド６４について説明する。レーザ加工ヘッド６４は、上述のレーザ加工ヘッド１４の代わりにレーザ加工システム１０に適用可能であって、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱可能に取り付けられ得る。レーザ加工ヘッド６４は、上述のレーザ加工ヘッド１４と、以下の構成において相違する。

【００５１】

具体的には、レーザ加工ヘッド６４は、モード選択スイッチ４８、接触検知装置６６、及びプロセッサ６８をさらに備える。本実施形態においては、モード選択スイッチ４８は、ヘッド本体５０に一体に設けられ、上述の実施形態と同様に、手動運転モードＤＭ１と自動運転モードＤＭ２との間で切り替え可能となっている。

【００５２】

接触検知装置６６は、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとが接触しているか、又は非接触となっているかを検知する。具体的には、接触検知装置６６は、導電ケーブル６６ａ、及び抵抗センサ６６ｂ（図７）を有する。導電ケーブル６６ａは、その一端が、レーザ加工ヘッド６４のヘッド本体５０に電気的に接続され、その他端が、ワークＷに電気的に接続され、これにより、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとを電気的に接続する。

【００５３】

ここで、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４のヘッド本体５０及びノズル５２は、少なくとも一部が導電材（例えば、金属）から構成されている。また、ワークＷは、金属（例えば、鉄又は銅）から構成されている。したがって、仮に、レーザ加工ヘッド６４のノズル５２の先端がワークＷと接触したとき、図８に示すように、ワークＷ、レーザ加工ヘッド６４のヘッド本体５０及びノズル５２、並びに、導電ケーブル６６ａによって、閉回路７０が形成されることになる。

【００５４】

抵抗センサ６６ｂは、この閉回路７０に電圧を印加することで、該閉回路７０の抵抗Ｒを測定する。図８に示すようにレーザ加工ヘッド６４とワークＷとが接触している場合、抵抗センサ６６ｂが測定する抵抗Ｒは、極小さな値R_0（$R_0 \approx 0$）となる。一方、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとが非接触となった（つまり、ノズル５２の先端がワークＷから離隔した）場合、抵抗センサ６６ｂが測定する抵抗Ｒは、極大きな値R_1（$R_1 \approx \infty \gg R_0$）となる。

【００５５】

接触検知装置６６は、抵抗センサ６６ｂが測定する抵抗Ｒに基づいて、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとが接触しているか、又は非接触となっているかを検知することができるようになっている。抵抗センサ６６ｂは、測定した抵抗Ｒの測定データ、又は、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を示す接触判定データを、検知データＤＤとして、プロセッサ６８に供給する。プロセッサ６８は、抵抗センサ６６ｂの検知データＤＤから、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を判定できる。なお、抵抗センサ６６ｂは、ヘッド本体５０に内蔵されてもよい。

【００５６】

図７を参照して、プロセッサ６８は、ＣＰＵ又はＧＰＵ等を有し、ヘッド本体５０に内蔵されている。プロセッサ６８は、モード選択スイッチ４８、第１の入力装置５８、第２の入力装置６０、測距センサ６２、及び抵抗センサ６６ｂと、バス（又は通信線）７２を介して通信可能に接続されている。

【００５７】

ここで、本実施形態においては、プロセッサ６８は、指令遮断部７４として機能し、手動運転モードＤＭ１でレーザ出射動作ＬＯを実行するための条件ＣＤを満たしていない場合に、第１の入力装置５８から制御装置１８へ送信される手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する。この指令遮断部７４の機能について、図９及び図１０を参照して説明する。

【００５８】

図９は、指令遮断部７４が手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断している状態を模式的に示している。具体的には、第１の入力装置５８が送信した手動レーザ出射指令ＣＭ１は、通信線７６を通って制御装置１８に送信されるが、該通信線７６には、遮断回路７８が設けられている。

【００５９】

遮断回路７８は、例えば、電子制御可能なスイッチ７８ａ（リレー等）を有し、レーザ加工ヘッド６４のヘッド本体５０に内蔵されている。指令遮断部７４は、所定の条件ＣＤに従って、遮断回路７８のスイッチ７８ａを開閉することで、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断したり、手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を許可したりする。

【００６０】

例えば、手動運転モードＤＭ１でレーザ出射動作ＬＯを実行するための条件ＣＤは、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されているという第１の条件

ＣＤ１と、レーザ加工ヘッド６４がワークＷと接触しているという第２の条件ＣＤ２とを含む。

【００６１】

指令遮断部７４は、第１の条件ＣＤ１又は第２の条件ＣＤ２を満たしていない場合は、図９に示すように、遮断回路７８のスイッチ７８ａを開き、これにより、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する。一方、第１の条件ＣＤ１及び第２の条件ＣＤ２を満たしている場合、図１０に示すように、指令遮断部７４は、遮断回路７８のスイッチ７８ａを閉じ、これにより、手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を許可する。

【００６２】

こうして、プロセッサ６８は、指令遮断部７４として機能して、遮断回路７８を動作させることで、条件ＣＤに応じて、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断したり、該手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を許可したりする。なお、遮断回路７８（スイッチ７８ａ）は、アナログ回路によって構成されてもよいし、又は、プロセッサ６８が実行する信号処理によって実現されるデジタル回路によって構成されてもよい。また、図９及び図１０に示す遮断回路７８は、一例であって、如何なる回路によって構成されてもよい。

【００６３】

次に、図１１を参照して、レーザ加工ヘッド６４の機能について説明する。レーザ加工ヘッド６４のプロセッサ６８は、制御装置１８から動作開始指令を受け付けたときに、図１１に示すフローを開始する。ステップＳ１において、プロセッサ６８は、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されたか否かを判定する。プロセッサ６８は、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択された場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ２へ進む一方、ＮＯと判定した場合はステップＳ３へ進む。

【００６４】

ステップＳ２において、プロセッサ６８は、手動運転モードＤＭ１のフローを実行する。このステップＳ２について、図１２を参照して説明する。なお、ステップＳ２の開始時点において、プロセッサ６８は、図９に示すように遮断回路７８のスイッチ７８ａを開いてもよいし、又は、図１０に示すように該スイッチ７８ａを閉じてもよい。

【００６５】

ステップＳ２の開始後、ステップＳ１１において、プロセッサ６８は、手動運転モード移行指令ＣＭ３を制御装置１８へ送信する。制御装置１８のプロセッサ３６（図２）は、手動運転モード移行指令ＣＭ３を受け付けると、運転モードＤＭを、手動運転モードＤＭ１に移行する。

【００６６】

手動運転モードＤＭ１への移行後、制御装置１８のプロセッサ３６は、手動レーザ出射指令ＣＭ１を受け付け可能な状態となる一方、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯ及び移動動作ＭＯを開始するための自動運転開始指令ＣＭ４を拒絶する。なお、このステップＳ１１において、モード選択スイッチ４８が、手動運転モード移行指令ＣＭ３を制御装置１８に供給してもよい。なお、手動運転モード移行指令ＣＭ３は、ＯＮ信号（又は、「１」信号）であってもよい。

【００６７】

ステップＳ１２において、プロセッサ６８は、接触検知装置６６によってレーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を検知する動作を開始する。具体的には、プロセッサ６８は、抵抗センサ６６ｂに抵抗Ｒを測定させ、該抵抗センサ６６ｂから検知データＤＤを連続的（例えば、周期的）に取得する動作を開始する。

【００６８】

ステップＳ１３において、プロセッサ６８は、第１の入力装置５８が手動レーザ出射指令ＣＭ１を送信するための入力操作を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ６８は、第１の入力装置５８がオペレータによる入力操作を受け付けた場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ１４へ進む一方、ＮＯと判定した場合はステップＳ２０へ進む。

【００６９】

ステップＳ１４において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１と同様に、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されている（すなわち、条件ＣＤ１を満たしている）か否かを判定する。プロセッサ６８は、ＹＥＳと判定した場合はステップＳ１５へ進む一方、ＮＯと判定した場合（すなわち、モード選択スイッチ４８が自動運転モードＤＭ２に切り替えられ、条件ＣＤ１を満たしていない場合）は、ステップＳ１８へ進む。

【００７０】

ステップＳ１５において、プロセッサ６８は、レーザ加工ヘッド６４がワークＷと接触している（すなわち、条件ＣＤ２を満たしている）か否かを判定する。具体的には、プロセッサ６８は、直近に抵抗センサ６６ｂから取得した検知データＤＤに基づいて、接触検知装置６６によってレーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触が検知されているか、又は非接触が検知されているかを判定する。

【００７１】

プロセッサ６８は、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触が検知されている場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ１６へ進む一方、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの非接触が検知されている場合（つまり、条件ＣＤ２を満たしていない場合）はＮＯと判定し、ステップＳ１９へ進む。

【００７２】

ステップＳ１６において、プロセッサ６８は、第１の入力装置５８から制御装置１８への手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を許可する。具体的には、プロセッサ６８は、指令遮断部７４として機能して、図１０に示すように、遮断回路７８を動作させてスイッチ７８ａを閉じる。

【００７３】

これにより、第１の入力装置５８は、ステップＳ１３で受け付けたオペレータの入力操作に応じて、手動レーザ出射指令ＣＭ１を、通信線７６を通して、制御装置１８へ送信することが可能となる。制御装置１８のプロセッサ３６は、第１の入力装置５８からの手動レーザ出射指令ＣＭ１に応じて、レーザ出射動作ＬＯを実行し、その結果、レーザ加工ヘッド６４の出射口５２ａからレーザ光ＬＢが出射される。こうして、オペレータは、ワークＷを手動でレーザ加工できる。

【００７４】

ステップＳ１７において、プロセッサ６８は、制御装置１８から動作終了指令を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ６８は、動作終了指令を受け付けた場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ２のフローを終了し、以って、図１１に示すフローを終了する。一方、プロセッサ６８は、ＮＯと判定した場合はステップＳ１３へ戻る。なお、プロセッサ６８は、このステップＳ１７でＹＥＳと判定したとき、指令遮断部７４として機能し、遮断回路７８を動作させて、スイッチ７８ａを開いてもよい。

【００７５】

一方、ステップＳ１４でＮＯと判定した場合、ステップＳ１８において、プロセッサ６８は、第１の入力装置５８から制御装置１８へ送信される手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する。具体的には、プロセッサ６８は、指令遮断部７４として機能して、図９に示すように、遮断回路７８を動作させてスイッチ７８ａを開く。

【００７６】

これにより、第１の入力装置５８から制御装置１８へ送信される手動レーザ出射指令ＣＭ１が遮断され、制御装置１８のプロセッサ３６は、レーザ出射動作ＬＯを実行しない。このステップＳ１８の後、レーザ加工ヘッド６４のプロセッサ６８は、図１１中のステップＳ３へ進む。

【００７７】

一方、ステップＳ１５でＮＯと判定した場合、ステップＳ１９において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１８と同様に、指令遮断部７４として機能して、第１の入力装置５８から制御装置１８へ送信される手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する。そして、プロ

セッサ６８は、ステップＳ１３へ戻る。

【００７８】

また、ステップＳ１３でＮＯと判定した場合、ステップＳ２０において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１４と同様に、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されているか否かを判定する。プロセッサ６８は、ＹＥＳと判定した場合はステップＳ１７へ進む一方、ＮＯと判定した場合は、図１１中のステップＳ３へ進む。

【００７９】

こうして、プロセッサ６８は、ステップＳ１３～Ｓ１５でＹＥＳと判定し、且つ、ステップＳ１７でＮＯと判定している間、ステップＳ１６で手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を継続して許可する。これにより、オペレータは、第１の入力装置５８を入力操作している間、手動のレーザ加工を継続できる。

【００８０】

その一方で、プロセッサ６８は、ステップＳ１３でＹＥＳと判定した後に、ステップＳ１４又はＳ１５でＮＯと判定した場合、ステップＳ１８又はＳ１９で手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する。その結果、手動運転モードＤＭ１でのレーザ出射動作ＬＯが禁止される。

【００８１】

再度、図１１を参照して、ステップＳ１でＮＯと判定した場合（又は、図１２中のステップＳ２０でＮＯと判定した後、若しくは、ステップＳ１８の実行後）、ステップＳ３において、プロセッサ６８は、自動運転モードＤＭ２のフローを実行する。このステップＳ３について、図１３を参照して説明する。なお、ステップＳ３の開始時点において、プロセッサ６８は、図９に示すように遮断回路７８のスイッチ７８ａを開いてもよい。

【００８２】

ステップＳ３の開始後、ステップＳ２１において、プロセッサ６８は、自動運転モード移行指令ＣＭ５を制御装置１８へ送信する。制御装置１８のプロセッサ３６（図２）は、自動運転モード移行指令ＣＭ５を受け付けると、運転モードＤＭを、自動運転モードＤＭ２に移行する。なお、このステップＳ２１において、モード選択スイッチ４８が、自動運転モード移行指令ＣＭ５を制御装置１８に供給してもよい。また、自動運転モード移行指令ＣＭ５は、ＯＦＦ信号（又は、「０」信号）であってもよい。

【００８３】

自動運転モードＤＭ２への移行後、制御装置１８のプロセッサ３６は、上述の自動運転開始指令ＣＭ４を受け付け可能な状態となる一方、レーザ加工ヘッド６４からの手動レーザ出射指令ＣＭ１を拒絶する。そして、プロセッサ３６は、例えば入力装置４４を通してオペレータから自動運転開始指令ＣＭ４を受け付けると、加工プログラムＰＧ１に従って、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯ及び移動動作ＭＯを自動で実行する。

【００８４】

ステップＳ２２において、プロセッサ６８は、測距センサ６２が測定した距離ｄを取得する動作を開始する。具体的には、プロセッサ６８は、測距センサ６２を動作させて、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの距離ｄを連続的（例えば、周期的）に測定させる。プロセッサ６８は、測距センサ６２が測定した距離ｄを連続的（例えば、周期的）に取得する。

【００８５】

ステップＳ２３において、プロセッサ６８は、直近に測距センサ６２から取得した距離ｄが、予め定めた許容範囲ＲＧ内に在るか否かを判定する。例えば、この許容範囲ＲＧは、$d \leqq d_{th}$（例えば、$d_{th}=3$［ｍｍ］）の範囲として定められてもよいし、又は、［d_{th1}，d_{th2}］（例えば、$d_{th1}=0.1$［ｍｍ］、$d_{th2}=3$［ｍｍ］）の範囲（つまり、$d_{th1} \leqq d \leqq d_{th2}$）として定められてもよい。プロセッサ６８は、距離ｄが許容範囲ＲＧ内に在る場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ２５へ進む一方、距離ｄが許容範囲ＲＧ外である場合はＮＯと判定し、ステップＳ２４へ進む。

【００８６】

ステップＳ２４において、プロセッサ６８は、レーザ出射禁止指令ＣＭ６を制御装置１８に送信する。このレーザ出射禁止指令ＣＭ６は、制御装置１８のプロセッサ３６に、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを禁止させるための指令である。制御装置１８のプロセッサ３６は、このレーザ出射禁止指令ＣＭ６を受け付けると、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを停止する（又は、開始しない）。

【００８７】

このように、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４のプロセッサ６８は、レーザ出射禁止指令ＣＭ６を制御装置１８に送信する指令送信部８０（図７）として機能する。なお、レーザ出射禁止指令ＣＭ６は、ＯＦＦ信号（又は、「０」信号）であってもよい。

【００８８】

ステップＳ２４の後、プロセッサ６８は、ステップＳ２３へ戻る。こうして、プロセッサ６８は、ステップＳ２３でＮＯと判定している間は、ステップＳ２４でレーザ出射禁止指令ＣＭ６を送信することによって、制御装置１８が自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを実行するのを禁止する。

【００８９】

一方、ステップＳ２３でＹＥＳと判定した場合、ステップＳ２５において、プロセッサ６８は、指令送信部８０として機能して、レーザ出射許可指令ＣＭ７を制御装置１８に送信する。このレーザ出射許可指令ＣＭ７は、制御装置１８のプロセッサ３６に、自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯを実行するのを許可するための指令である。

【００９０】

制御装置１８のプロセッサ３６は、このレーザ出射許可指令ＣＭ７を受け付けると、上述の自動運転開始指令ＣＭ４に応じて、自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを実行可能となる。なお、レーザ出射許可指令ＣＭ７は、ＯＮ信号（又は、「１」信号）であってもよい。

【００９１】

ステップＳ２６において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１４と同様に、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されたか否かを判定する。プロセッサ６８は、ＹＥＳと判定した場合はステップＳ２８へ進む一方、ＮＯと判定した場合は、ステップＳ２７へ進む。

【００９２】

ステップＳ２７において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１７と同様に、動作終了指令を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ６８は、ＹＥＳと判定した場合は、ステップＳ３のフローを終了し、以って、図１１に示すフローを終了する。一方、プロセッサ６８は、ＮＯと判定した場合はステップＳ２３へ戻る。

【００９３】

一方、ステップＳ２６でＹＥＳと判定した場合、ステップＳ２８において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ２４と同様に、レーザ出射禁止指令ＣＭ６を制御装置１８に送信する。そして、プロセッサ６８は、図１１中のステップＳ２へ進む。

【００９４】

以上のように、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４は、手動運転モードＤＭ１でレーザ出射動作ＬＯを実行するための条件ＣＤ（ＣＤ１、ＣＤ２）を満たしていない場合（つまり、ステップＳ１４又はＳ１５でＮＯと判定した場合）に、第１の入力装置５８から制御装置１８へ送信される手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する指令遮断部７４をさらに備える。

【００９５】

この構成によれば、手動運転モードＤＭ１でのオペレータの安全を確保するための条件ＣＤを満たしていない場合に、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断することで、レーザ加工ヘッド６４からレーザ光ＬＢが出射されるのを禁止できる。これにより、手動運転モードＤＭ１でのオペレータの安全を、確実に確保できる。

【００９６】
　また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４は、手動運転モードＤＭ１又は自動運転モードＤＭ２を選択可能なモード選択スイッチ４８をさらに備える。また、条件ＣＤは、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されているという第１の条件ＣＤ１を有する。
【００９７】
　そして、指令遮断部７４は、モード選択スイッチ４８によって手動運転モードＤＭ１が選択されていない場合（ステップＳ１４でＮＯと判定した場合）、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する（ステップＳ１８）。この構成によれば、オペレータが手動運転モードＤＭでレーザ加工を行うためには、モード選択スイッチ４８を手動運転モードＤＭ１に手動で切り替える作業が必要となる。そのため、手動運転モードＤＭでレーザ出射動作ＬＯが意図せずに実行されてしまうのを避けることができる。
【００９８】
　また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４は、該レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を検知する接触検知装置６６をさらに備える。また、条件ＣＤは、レーザ加工ヘッド６４がワークＷと接触しているという第２の条件ＣＤ２を有する。そして、指令遮断部７４は、接触検知装置６６によって非接触が検知されている場合（ステップＳ１５でＮＯと判定した場合）は、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する（ステップＳ１９）。
【００９９】
　この構成によれば、手動運転モードＤＭでレーザ出射動作ＬＯを実行しているときに、レーザ加工ヘッド６４がワークＷから離隔して、該レーザ加工ヘッド６４からのレーザ光ＬＢが、意図しない方向（例えば、オペレータの方向）へ出射されるのを防止できる。これにより、手動運転モードＤＭ１でのオペレータの安全を、より確実に確保できる。
【０１００】
　また、本実施形態においては、接触検知装置６６は、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとを電気的に接続する導電ケーブル６６ａと、ワークＷ、該ワークＷに接触するレーザ加工ヘッド６４、及び導電ケーブル６６ａによって形成される閉回路７０の抵抗Ｒを測定する抵抗センサ６６ｂとを有する。
【０１０１】
　これにより、接触検知装置６６は、抵抗センサ６６ｂが測定する抵抗Ｒに基づいて、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を検知するように構成されている。この構成によれば、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触又は非接触を、比較的簡単な構成で、迅速且つ確実に検知できる。
【０１０２】
　また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド６４は、測距センサ６２が測定した距離ｄが予め定めた許容範囲ＲＧ外である場合（つまり、ステップＳ２３でＮＯと判定した場合）に、制御装置１８に自動運転モードＤＭ２でのレーザ出射動作ＬＯを禁止させるためのレーザ出射禁止指令ＣＭ６を制御装置１８に送信する指令送信部８０をさらに備える。
【０１０３】
　この構成によれば、自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯを実行するときに、レーザ加工ヘッド６４に対してワークＷが適切な位置に配置されていない場合、該レーザ出射動作ＬＯを禁止できる。これにより、自動運転モードＤＭ２で実行するレーザ加工の作業の安全性を高めることができる。
【０１０４】
　なお、レーザ加工ヘッド６４からモード選択スイッチ４８を省略し、該モード選択スイッチ４８を、図１に示す実施形態のように、制御装置１８に設けてもよい。また、レーザ加工ヘッド６４から接触検知装置６６を省略してもよい。この場合、図１２に示すフローから、ステップＳ１５及びＳ１９が省略され得る。なお、接触検知装置６６は、導電ケー

ブル６６ａと抵抗センサ６６ｂとを有する形態に限らず、例えば、レーザ加工ヘッド６４とワークＷとの接触を検知可能な近接センサ等、如何なるセンサを有してもよい。

【０１０５】

なお、レーザ加工ヘッド６４から指令送信部８０を省略してもよい。この場合において、レーザ加工ヘッド６４のプロセッサ６８（又は、測距センサ６２）は、測距センサ６２が測定した距離ｄの測定データを制御装置１８に供給してもよい。そして、制御装置１８のプロセッサ３６が、該測定データに基づいて、自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯを実行可能か否か、判定してもよい。

【０１０６】

なお、制御装置１８のプロセッサ３６は、自動運転モードＤＭ２でレーザ出射動作ＬＯ及び移動動作ＭＯを実行中に、測距センサ６２から距離ｄの測定データを連続的（例えば、周期的）に取得してもよい。そして、プロセッサ３６は、取得した該測定データに基づいて、レーザ加工ヘッド１４とワークＷとの距離ｄを、予め定めた目標距離d_0に制御するギャップ制御を実行してもよい。この目標距離d_0は、上述の許容範囲ＲＧ内の値として、予め定められ得る。

【０１０７】

次に、図１４を参照して、さらに他の実施形態に係るレーザ加工ヘッド８４について説明する。レーザ加工ヘッド８４は、上述のレーザ加工ヘッド６４の代わりに、レーザ加工システム１０に適用可能である。レーザ加工ヘッド８４は、上述のレーザ加工ヘッド６４と、計時部８６をさらに備える点で相違する。計時部８６は、例えば、プロセッサ６８及び抵抗センサ６６ｂとともに、ヘッド本体５０に内蔵され、ある時点からの経過時間ｔを計時する。

【０１０８】

次に、図１５を参照して、レーザ加工ヘッド８４が実行するステップＳ２について説明する。レーザ加工ヘッド８４のプロセッサ６８は、図１１中のステップＳ２として、図１５に示すフローを実行する。なお、図１５に示すフローにおいて、図１２に示すフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。

【０１０９】

ここで、本実施形態においては、プロセッサ６８は、接触検知装置６６によってレーザ加工ヘッド８４とワークＷとの非接触が検知された（つまり、ステップＳ１５でＮＯと判定した）時点t_0から、ステップＳ１９で手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断するまでの待機時間t_{th}を、予め設定する。

【０１１０】

例えば、オペレータは、制御装置１８の入力装置４４を操作して、待機時間t_{th}を入力する（例えば、$t_{th}=0.4$［ｓｅｃ］）。プロセッサ６８は、制御装置１８から待機時間t_{th}を入手し、例えば、該プロセッサ６８に内蔵されたレジスタに、待機時間t_{th}の設定情報を登録する。

【０１１１】

なお、レーザ加工ヘッド８４は、メモリ（ＲＯＭ又はＲＡＭ等）をさらに有し、プロセッサ６８は、該メモリに待機時間t_{th}の設定情報を登録してもよい。こうして、プロセッサ６８は、待機時間t_{th}を予め設定する。したがって、プロセッサ６８は、待機時間t_{th}を設定する待機時間設定部８２（図１４）として機能する。

【０１１２】

図１５に示すステップＳ２においては、プロセッサ６８は、ステップＳ１５でＮＯと判定したとき、ステップＳ３１において、経過時間ｔの計時を開始する。具体的には、プロセッサ６８は、計時部８６を起動して、ステップＳ１５でＮＯと判定した時点t_0からの経過時間ｔの計時を開始させる。

【０１１３】

ステップＳ３２において、プロセッサ６８は、計時部８６が計時している経過時間ｔが、予め設定した待機時間t_{th}に達した（つまり、$t \geqq t_{th}$）か否かを判定する。プロ

セッサ６８は、ｔ≧ｔｔｈとなった場合はＹＥＳと判定し、ステップＳ１９へ進む一方、ｔ＜ｔｔｈである場合はＮＯと判定し、ステップＳ３３へ進む。

【０１１４】

ステップＳ３３において、プロセッサ６８は、上述のステップＳ１５と同様に、接触検知装置６６によってレーザ加工ヘッド８４とワークＷとの接触が検知されたか否かを判定する。プロセッサ６８は、ＹＥＳと判定した場合はステップＳ１３へ戻る一方、ＮＯと判定した場合（つまり、レーザ加工ヘッド８４とワークＷとが依然として非接触である場合）、ステップＳ３２へ戻る。

【０１１５】

以下、ステップＳ３１～Ｓ３３の技術的意義について、説明する。プロセッサ６８が、一旦、ステップＳ１６で手動レーザ出射指令ＣＭ１の送信を許可すると、制御装置１８のプロセッサ３６は、手動運転モードＤＭ１でのレーザ出射動作ＬＯを実行することになる。このレーザ出射動作ＬＯの実行中（つまり、ステップＳ１３でＹＥＳと判定し続けている間）に、ステップＳ１５でＮＯと判定されると、プロセッサ６８は、該ステップＳ１５でＮＯと判定した時点ｔ０から待機時間ｔｔｈが経過するまで（つまり、ステップＳ３２でＹＥＳと判定するまで）は、ステップＳ１９を実行しない（換言すれば、レーザ出射動作ＬＯが継続される）。

【０１１６】

そして、プロセッサ６８は、待機時間ｔｔｈが経過するまでにステップＳ３３で継続的にＮＯと判定した場合（すなわち、期間ｔｔｈに亘ってレーザ加工ヘッド８４とワークＷとの非接触が継続して検知された場合）に、指令遮断部７４としてステップＳ１９を実行し、その結果、レーザ出射動作ＬＯを禁止することになる。

【０１１７】

以上のように、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド８４は、制御装置１８が手動運転モードＤＭ１でレーザ出射動作ＬＯを実行しているときに接触検知装置６６によって非接触が検知された（ステップＳ１５でＮＯと判定した）時点ｔ０から、指令遮断部７４が手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する（つまり、ステップＳ１９を実行する）までの待機時間ｔｔｈを設定する待機時間設定部８２をさらに備える。

【０１１８】

そして、指令遮断部７４は、時点ｔ０から、待機時間設定部８２が設定した待機時間ｔｔｈが経過した（ステップＳ３２でＹＥＳと判定した）ときに、手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断する（ステップＳ１９）。ここで、オペレータは、手動運転モードＤＭ１において、レーザ加工ヘッド８４の先端をワークＷに当接させつつ、該レーザ加工ヘッド８４を該ワークＷに移動させながら、該レーザ加工ヘッド８４から出射されたレーザ光ＬＢでレーザ加工を実行する場合がある。

【０１１９】

この場合において、例えばワークＷの表面上の凹凸部によって、レーザ加工ヘッド８４が、瞬時的に（例えば、０．３［ｓｅｃ］だけ）、ワークＷから離隔し得る。このようにレーザ加工ヘッド８４がワークＷから瞬時的に離隔しても、レーザ加工ヘッド８４からのレーザ光ＬＢがオペレータの方向へ出射される可能性は低く、故に、オペレータの安全を確保でき得る。

【０１２０】

本実施形態によれば、ステップＳ１９で手動レーザ出射指令ＣＭ１を遮断するまでの待機時間ｔｔｈを設定することにより、上述のようなワークＷからのレーザ加工ヘッド８４の瞬時的な離隔が発生したとしても、レーザ出射動作ＬＯを継続できる。その一方で、待機時間ｔｔｈが経過しても、依然として、レーザ加工ヘッド８４とワークＷとの非接触が検知されている場合は、即座にステップＳ１９を実行することで、レーザ出射動作ＬＯを禁止できる。したがって、本実施形態によれば、レーザ加工の作業を効率的に進めることができるとともに、オペレータの安全を確実に確保できる。

【０１２１】

なお、プロセッサ６８は、図１１に示すフローを、コンピュータプログラムＰＧ２に従って実行してもよい。このコンピュータプログラムＰＧ２は、レーザ加工ヘッド１４、６４又は８４に内蔵されたメモリ（ＲＯＭ、ＲＡＭ等）に格納されてもよい。また、プロセッサ６８が実行する指令遮断部７４、指令送信部８０、及び待機時間設定部８２の機能は、コンピュータプログラムＰＧ２により実現される機能モジュールであってもよい。

【０１２２】

なお、図５に示す第１の入力装置５８’を、レーザ加工ヘッド６４又は８４に適用してもよい。また、プロセッサ６８は、図１１に示すフローを実行するとともに、上述のレンズ駆動部を制御してもよい。また、レーザ加工ヘッド８４から計時部８６を省略してもよい。この場合において、計時部８６を制御装置１８に設け、プロセッサ６８は、制御装置１８の計時部８６から、経過時間ｔの情報を取得してもよい。また、レーザ加工システム１０から導光路３４を省略してもよい。この場合において、レーザ発振器１６を、レーザ加工ヘッド１４、１４’、６４又は８４に直接的に連結してもよい。

【０１２３】

なお、レーザ加工ヘッド１４、１４’、６４又は８４は、例えばレーザスキャナ（又は、ガルバノスキャナ）等、如何なるタイプの装置であってもよい。レーザスキャナは、レーザ発振器１６から供給されたレーザ光ＬＢを各々反射する複数のミラーと、該複数のミラーを個別に駆動する複数のミラー駆動部と、該ミラーによって反射されたレーザ光を集光する光学レンズ等を有する。レーザスキャナは、複数のミラーの向きをミラー駆動部によって変化させることで、ワークＷに照射されるレーザ光ＬＢの照射点を、ワークＷの表面上で高速移動させることができる。

【０１２４】

また、ロボット１２は、垂直多関節型ロボットに限らず、例えば、水平多関節型ロボット、又はパラレルリンク型ロボットであってもよいし、ワークＷを水平面内で移動させる第１及び第２のボールねじ機構と、レーザ加工ヘッド１４、１４’、６４又は８４を鉛直方向へ移動させる第３のボールねじ機構とを有するように構成されてもよい。

【０１２５】

なお、制御装置１８は、ロボット１２の移動動作ＭＯを制御する第１の制御装置１８Ａと、レーザ発振器１６のレーザ出射動作ＬＯを制御する第２の制御装置１８Ｂとを有してもよい。以上、実施形態を通じて本開示を説明したが、上述の実施形態は、特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。

【０１２６】

以上のように、本開示は以下の態様を記載する。

（態様１）制御装置が手動レーザ出射指令に従ってレーザ出射動作を実行する手動運転モードと、該制御装置が加工プログラムに従ってレーザ出射動作を自動で実行する自動運転モードと、でレーザ出射動作可能なレーザ加工ヘッドであって、手動レーザ出射指令を制御装置へ送信するための入力操作を受け付ける第１の入力装置と、制御装置が自動運転モードでレーザ出射動作を実行するときに、レーザ加工ヘッドとワークとの距離を測定する測距センサと、を備える、レーザ加工ヘッド。

（態様２）第１の入力装置は、オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、若しくはタッチパネル、又は、オペレータが足で入力操作可能なフットペダル、若しくはフットスイッチ、を有する、態様１に記載のレーザ加工ヘッド。

（態様３）アシストガスを出射する手動ガス出射指令を発信するための入力操作を受け付ける第２の入力装置をさらに備える、態様１又は２に記載のレーザ加工ヘッド。

（態様４）手動運転モードでレーザ出射動作を実行するための条件を満たしていない場合に、第１の入力装置から制御装置へ送信される手動レーザ出射指令を遮断する指令遮断部をさらに備える、態様１～３のいずれか１項に記載のレーザ加工ヘッド。

（態様５）手動運転モード又は自動運転モードを選択可能なモード選択スイッチをさらに備え、条件は、モード選択スイッチによって手動運転モードが選択されているという第１の条件を有し、指令遮断部は、モード選択スイッチによって手動運転モードが選択されて

いない場合、手動レーザ出射指令を遮断する、態様４に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様６）レーザ加工ヘッドとワークとの接触又は非接触を検知する接触検知装置をさらに備え、条件は、レーザ加工ヘッドがワークと接触しているという第２の条件を有し、指令遮断部は、接触検知装置によって非接触が検知されている場合は、手動レーザ出射指令を遮断する、態様４又は５に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様７）接触検知装置は、レーザ加工ヘッドとワークとを電気的に接続する導電ケーブルと、ワーク、該ワークに接触するレーザ加工ヘッド、及び導電ケーブルによって形成される閉回路の抵抗を測定する抵抗センサと、を有し、抵抗センサが測定する抵抗に基づいて、接触又は非接触を検知するように構成されている、態様６に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様８）制御装置が手動運転モードでレーザ出射動作を実行しているときに接触検知装置によって非接触が検知された時点から、指令遮断部が手動レーザ出射指令を遮断するまでの待機時間を設定する待機時間設定部をさらに備え、指令遮断部は、時点から、待機時間設定部が設定した待機時間が経過したときに、手動レーザ出射指令を遮断する、態様６又は７に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様９）測距センサが測定した距離が予め定めた許容範囲外である場合に、制御装置に自動運転モードでのレーザ出射動作を禁止させるためのレーザ出射禁止指令を該制御装置に送信する指令送信部をさらに備える、態様１～８のいずれか１項に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様１０）レーザ加工ヘッドを移動するロボットに着脱される着脱具と、オペレータが片手で把持可能な把持部と、をさらに備え、第１の入力装置は、把持部を把持した片手で入力操作可能となるように、把持部に隣接して設けられる、態様１～９のいずれか１項に記載のレーザ加工ヘッド。
（態様１１）ロボットと、ロボットに着脱可能に取り付けられる、態様１～１０のいずれか１項に記載のレーザ加工ヘッドと、手動運転モードでのレーザ出射動作と、自動運転モードでのレーザ出射動作とを実行する制御装置と、を備える、レーザ加工システム。
【符号の説明】
【０１２７】
１０　レーザ加工システム
１２　ロボット
１４，１４’，６４，８４　レーザ加工ヘッド
１６　レーザ発振器
１８　制御装置
３６，６８　プロセッサ
４８　モード選択スイッチ
５４　着脱具
５６　把持部
５８，５８’　第１の入力装置
６０　第２の入力装置
６２　測距センサ
６６　接触検知装置
７０　閉回路
７４　指令遮断部
８０　指令送信部
８２　待機時間設定部
【手続補正２】
【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】
制御装置が手動レーザ出射指令に従ってレーザ出射動作を実行する手動運転モードと、該制御装置が加工プログラムに従ってレーザ出射動作を自動で実行する自動運転モードと、でレーザ出射動作可能なレーザ加工ヘッドであって、
前記手動レーザ出射指令を前記制御装置へ送信するための入力操作を受け付ける第１の入力装置と、
前記制御装置が前記自動運転モードで前記レーザ出射動作を実行するときに、前記レーザ加工ヘッドとワークとの距離を測定する測距センサと、を備える、レーザ加工ヘッド。
【請求項２】
前記第１の入力装置は、
オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、若しくはタッチパネル、又は、
オペレータが足で入力操作可能なフットペダル、若しくはフットスイッチ、
を有する、請求項１に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項３】
アシストガスを出射する手動ガス出射指令を発信するための入力操作を受け付ける第２の入力装置をさらに備える、請求項１又は２に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項４】
前記手動運転モードで前記レーザ出射動作を実行するための条件を満たしていない場合に、前記第１の入力装置から前記制御装置へ送信される前記手動レーザ出射指令を遮断する指令遮断部をさらに備える、請求項１又は２に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項５】
前記手動運転モード又は前記自動運転モードを選択可能なモード選択スイッチをさらに備え、
前記条件は、前記モード選択スイッチによって前記手動運転モードが選択されているという第１の条件を有し、
前記指令遮断部は、前記モード選択スイッチによって前記手動運転モードが選択されていない場合、前記手動レーザ出射指令を遮断する、請求項４に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項６】
前記レーザ加工ヘッドと前記ワークとの接触又は非接触を検知する接触検知装置をさらに備え、
前記条件は、前記レーザ加工ヘッドが前記ワークと接触しているという第２の条件を有し、
前記指令遮断部は、前記接触検知装置によって前記非接触が検知されている場合は、前記手動レーザ出射指令を遮断する、請求項４に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項７】
前記接触検知装置は、
前記レーザ加工ヘッドと前記ワークとを電気的に接続する導電ケーブルと、
前記ワーク、該ワークに接触する前記レーザ加工ヘッド、及び前記導電ケーブルによって形成される閉回路の抵抗を測定する抵抗センサと、を有し、
前記抵抗センサが測定する前記抵抗に基づいて、前記接触又は前記非接触を検知するように構成されている、請求項６に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項８】
前記制御装置が前記手動運転モードで前記レーザ出射動作を実行しているときに前記接触検知装置によって前記非接触が検知された時点から、前記指令遮断部が前記手動レーザ出射指令を遮断するまでの待機時間を設定する待機時間設定部をさらに備え、
前記指令遮断部は、前記時点から、前記待機時間設定部が設定した前記待機時間が経過したときに、前記手動レーザ出射指令を遮断する、請求項６又は７に記載のレーザ加工ヘッド。

【請求項９】
前記測距センサが測定した前記距離が予め定めた許容範囲外である場合に、前記制御装置に前記自動運転モードでの前記レーザ出射動作を禁止させるためのレーザ出射禁止指令を該制御装置に送信する指令送信部をさらに備える、請求項１又は２に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項１０】
前記レーザ加工ヘッドを移動するロボットに着脱される着脱具と、
オペレータが片手で把持可能な把持部と、をさらに備え、
前記第１の入力装置は、前記把持部を把持した前記片手で入力操作可能となるように、前記把持部に隣接して設けられる、請求項１又は２に記載のレーザ加工ヘッド。
【請求項１１】
ロボットと、
前記ロボットに着脱可能に取り付けられる、請求項１又は２に記載のレーザ加工ヘッドと、
前記手動運転モードでの前記レーザ出射動作と、前記自動運転モードでの前記レーザ出射動作とを実行する前記制御装置と、を備える、レーザ加工システム。