

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6265417号
(P6265417)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 26/38 (2014.01)	B 2 3 K 26/38 Z
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 P
B 2 3 K 26/03 (2006.01)	B 2 3 K 26/03
B 2 3 K 26/08 (2014.01)	B 2 3 K 26/08 H
B 2 3 K 26/044 (2014.01)	B 2 3 K 26/044

請求項の数 6 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-16086 (P2014-16086)	(73) 特許権者 505374783 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地 1
(22) 出願日 平成26年1月30日(2014.1.30)	(73) 特許権者 000132161 株式会社スギノマシン 富山県魚津市本江2410番地
(65) 公開番号 特開2015-139820 (P2015-139820A)	(73) 特許権者 311007213 株式会社レーザックス 愛知県知立市新林町小深田7番地
(43) 公開日 平成27年8月3日(2015.8.3)	(74) 代理人 110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所
審査請求日 平成29年1月20日(2017.1.20)	(72) 発明者 村松 壽晴 福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政 法人日本原子力開発機構 敦賀本部内 最終頁に続く
特許法第30条第2項適用 一般社団法人日本原子力学会、2013年秋の大会予稿集(平成25年8月20日発行)第741-745ページに発表	
特許法第30条第2項適用 平成25年9月3日八戸工業大学において開催された日本原子力学会「2013年秋の大会」で発表	

(54) 【発明の名称】 レーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

溶断・破砕をしようとする処理対象物に対してレーザー光を照射するレーザー加工ヘッドを搭載したロボットと、

前記処理対象物の状態を検出する検出部と、

前記検出部からの検出情報に基づいて前記ロボットを制御する制御部を備え、

前記検出部は、前記処理対象物からのレーザー光の反射光を受光し、前記反射光に基づいて前記処理対象物の3次元幾何学形状を認識するレーザースキャナと、

前記反射光に基づいて前記処理対象物の材質を検出する分光計と、

前記反射光に基づいて前記処理対象物の溶断又は破砕が良好に行われているか否かを検出する温度計と、を有しており、

前記制御部は前記検出部からの情報に基づいて、前記ロボットの動作制御をするロボット制御部と、前記レーザー加工ヘッドから照射されるレーザー光を制御するレーザー光制御部を有していることを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載のレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置において、

前記処理対象物の形状が無定形、不規則であり、前記ロボットがX-Y-Z3軸直交型のロボットで、前記レーザースキャナによって認識された前記処理対象物の3次元幾何学形状に沿うように、前記ロボット制御部で前記レーザー加工ヘッドの位置を制御することを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置において、前記レーザー加工ヘッドは、前記処理対象物に対してレーザー光の連続照射とパルス照射が切り替え可能になっており、

前記分光計により前記レーザー光が照射されている前記処理対象物の部位が金属としての性質を有する金属領域であると検出されると、前記レーザー光制御部により前記レーザー加工ヘッドは前記処理対象物に対してレーザー光の連続照射を行い、

前記分光計により前記レーザー光が照射されている前記処理対象物の部位がセラミックスとしての性質を有するセラミックス領域であると検出されると、前記レーザー光制御部により前記レーザー加工ヘッドは前記処理対象物に対してレーザー光のパルス照射を行うように構成されていることを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置において、

前記処理対象物の溶融溝内に生成した溶融金属を当該溶融溝から排出するアシストガスを噴射するためのアシストガス噴射手段を有し、

前記温度計の検出情報に基づいて前記アシストガスの流量が調整可能になっていることを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置において、

前記レーザー加工ヘッドの付近に前記処理対象物の溶断・破砕で生成した粗粒体を吸引する吸引パイプが設けられ、

前記吸引パイプは前記レーザー加工ヘッドと共に移動可能になっていることを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置において、

前記処理対象物が原子炉の炉心溶融物であることを特徴とするレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー光を熱源として用いた溶断・破砕適応制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

原子力発電所における原子炉の事故により冷却機能が減退あるいは喪失すると、核燃料の崩壊熱により、燃料集合体や炉心構造体が過熱されて溶融し、炉心溶融物が生じる可能性がある。

40

この炉心溶融物は、例えば压力容器などを構成する炭素鋼からなる金属、燃料被覆管を構成するジルコニウム、核燃料を構成する酸化ウランや酸化プルトニウムなどが混在した溶融物であり、その形状は無定形、不規則となる可能性がある。

この炉心溶融物の処理方法として、例えば特開 2013-88117 号公報(特許文献 1)などで提案されている方法がある。

この特許文献 1 に記載されている炉心溶融物の処理方法は、炉心溶融物を電解浴の陽極に装荷し、陰極に金属 Zr を電解析出させる工程と、交換した陰極に金属 Fe を電解析出させる工程と、第 1 ガスをバブリングして陽極雰囲気酸化性を高める工程と、交換した陰極に U 酸化物を電解析出させる工程と、

50

第2 ガスをバブリングして陽極雰囲気酸化性をさらに高める工程と、
 交換した陰極にU酸化物及びPu酸化物の混合物を電解析出させる工程と、
 陽極に残留する残留物を回収する工程と、
 電解浴に含まれる核分裂生成物を回収する工程を含むことを特徴としており、
 放射性物質、FeならびにZrを別々に分離して回収する方法である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-88117号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、前述した炉心溶融物の処理方法は多数の工程を有しており、作業が煩雑であり、時間がかかり、コスト高を招く懸念がある。また、この発明では、各種材料が混在した無定形で不規則な外形を有する炉心溶融物を原子炉の中で溶断あるいは破碎することにより、適当な大きさにして原子炉から取り出すことについて配慮されていない。

【0005】

本発明の目的は、例えば金属やセラミックスなど異なる材料が混在して、無定形で不規則な外形を有する処理対象物を、その材料に対応して溶断あるいは破碎できるレーザー光を用いた溶断・破碎適応制御装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的を達成するため、本発明の第1の手段は、
 溶断・破碎をしようとする処理対象物に対してレーザー光を照射するレーザー加工ヘッドを搭載したロボットと、
 前記処理対象物の状態を検出する検出部と、
 前記検出部からの検出情報に基づいて前記ロボットを制御する制御部を備え、
 前記検出部は、前記処理対象物からのレーザー光の反射光を受光し、前記反射光に基づいて前記処理対象物の3次元幾何学形状を認識するレーザースキャナと、
 前記反射光に基づいて前記処理対象物の材質を検出する分光計と、
 前記反射光に基づいて前記処理対象物の溶断又は破碎が良好に行われているか否かを検出する温度計と、を有しており、
 前記制御部は前記検出部からの情報に基づいて、前記ロボットの動作制御をするロボット制御部と、前記レーザー加工ヘッドから照射されるレーザー光を制御するレーザー光制御部を有していることを特徴とするものである。

30

本発明の第2の手段は第1の手段において、

前記処理対象物の形状が無定形、不規則であり、前記ロボットがX-Y-Z3軸直交型のロボットで、前記レーザースキャナによって認識された前記処理対象物の3次元幾何学形状に沿うように、前記ロボット制御部で前記レーザー加工ヘッドの位置を制御することを特徴とするものである。

40

本発明の第3の手段は第1または2の手段において、

前記レーザー加工ヘッドは、前記処理対象物に対してレーザー光の連続照射とパルス照射が切り替え可能になっており、

前記分光計により前記レーザー光が照射されている前記処理対象物の部位が金属としての性質を有する金属領域であると検出されると、前記レーザー光制御部により前記レーザー加工ヘッドは前記処理対象物に対してレーザー光の連続照射を行い、

前記分光計により前記レーザー光が照射されている前記処理対象物の部位がセラミックスとしての性質を有するセラミックス領域であると検出されると、前記レーザー光制御部により前記レーザー加工ヘッドは前記処理対象物に対してレーザー光のパルス照射を行うように構成されていることを特徴とするものである。

50

本発明の第4の手段は第1ないし第3の手段において、
前記処理対象物の溶融溝内に生成した溶融金属を当該溶融溝から排出するアシストガスを噴射するためのアシストガス噴射手段を有し、

前記温度計の検出情報に基づいて前記アシストガスの流量が調整可能になっていることを特徴とするものである。

本発明の第5の手段は第1ないし第4の手段において、
前記レーザー加工ヘッドの付近に前記処理対象物の溶断・破砕で生成した粗粒体を吸引する吸引パイプが設けられ、

前記吸引パイプは前記レーザー加工ヘッドと共に移動可能になっていることを特徴とするものである。

10

本発明の第6の手段は第1ないし第5の手段において、
前記処理対象物が原子炉の炉心溶融物であることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0007】

本発明は前述のような構成になっており、異なる材料が混在して、無定形で不規則な外形を有する処理対象物を、その材料に対応して溶断あるいは破砕できるレーザー光を用いた溶断・破砕適応制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施形態に係る溶断・破砕適応制御装置の概略構成図である。 20

【図2】本実施形態で使用するレーザー加工ヘッドの先端部の拡大断面図である。

【図3】検出部からの情報に基づいて溶断・粉砕条件を調整するシステムを説明するための図である。

【図4】アシストガスの噴流が溶断性能に与える影響について評価した結果をまとめた図である。

【図5】アルミナペレットの模擬体にレーザーパルスを照射した状態を示す図である。

【図6】入熱密度と投入熱量の影響を把握するため、レーザー出力と照射時間を組み合わせた表図である。

【図7】投入熱量とセラミック模擬体の破砕数との関係を示す図である。

【図8】金属領域とセラミックス領域が混在した処理対象物を模擬した金属-セラミックス複合模擬体の斜視図である。 30

【図9】本発明の実施形態に係る溶断・破砕適応制御方法の全体を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

原子炉の事故により冷却機能が減退あるいは喪失すると、核燃料の崩壊熱により、燃料集合体や炉心構造体が過熱されて溶融し、炉心溶融物が生じる可能性がある。

この炉心溶融物は、例えば圧力容器などを構成する炭素鋼からなる金属、燃料被覆管を構成するジルコニウム、核燃料を構成する酸化ウランや酸化プルトニウムなどが混在した溶融物であり、その形状は無定形、不規則な外形となる可能性がある。 40

【0010】

また、この炉心溶融物は、韌性の高い金属から韌性の低いセラミックス(HV~300)まで含まれており、さらに熱伝導を阻害する多孔質の領域が存在することもある。また、炉心溶融物の炉外への取出しに際しては、二次廃棄物量の低減が要求される。

【0011】

このようなことから本発明では、材料を選ばずに高速の溶断ならびに破砕が可能で、しかも炉心溶融物の溶断・破砕に伴う粉じんの発生量が少ないレーザー光を熱源として炉心溶融物の溶断・破砕に使用する。

【0012】

次に本発明の実施形態を図面とともに説明する。図1は、本発明の実施形態に係る溶断

50

・ 破砕適応制御装置の概略構成図である。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示されているように溶断・破砕適応制御装置は、ロボット 1 と制御部 2 と検出部 3 とパソコン 4 から主に構成されている。そしてロボット 1 と検出部 3 は事故が起こった原子炉内に挿入されて、一緒に原子炉内で移動できるようになっている。一方、制御部 2 とパソコン 4 は、被爆を避けるために原子炉から離れた遠隔操作室（図示せず）に設置されている。

ロボット 1 と制御部 2 と検出部 3 とパソコン 4 は図 1 に示すような接続関係になっている。図面上は制御部 2 とパソコン 4 が別体に描かれているが、実際には制御部 2 はパソコン 4 内に組み込まれている。パソコン 4 では、例えば溶断・破砕適応制御の開始、終了ならびに溶断・破砕ルートの入力など諸種の操作が行われる。

10

【 0 0 1 4 】

ロボット 1 は、多関節アーム 5 の先端部にレーザー加工ヘッド 6 を搭載した X - Y - Z 3 軸直交型のロボットで構成されている。本実施形態では、レーザー加工ヘッド 6 の位置精度は $\pm 0.1 \text{ mm}$ 、移動速度は $0.1 \text{ mm/s} \sim 300 \text{ mm/s}$ （単軸）の範囲内において制御可能である。

【 0 0 1 5 】

制御部 2 は、ロボット 1 の動作を制御するロボット制御部 7 と、処理対象物 19（図 2 参照）に対してレーザー加工ヘッド 6 から照射されるレーザー光 8（図 2 参照）を制御するレーザー光制御部 9 と、処理対象物 19 に対してレーザー加工ヘッド 6 から噴射されるアシストガス 10（図 2 参照）の噴流を制御するアシストガス制御部 11 を備えている。制御部 2 は他の制御部も備えているが、本発明とは直接的な関係が薄いため、それらの説明は省略する。

20

【 0 0 1 6 】

検出部 3 は、処理対象物 19 に照射されたレーザー光 8 の反射光 25（図 2 参照）を受光することにより、処理対象物 19 の表面との距離を演算して、処理対象物 19 の表面の凹凸状態を検出するレーザースキャナ 12 と、レーザー光 8 の反射光 25 から処理対象物 19 の表面温度を検出して溶断などの有無を判断する二色温度計 13 と、レーザー光 8 の反射光 25 から処理対象物 19 におけるレーザー照射部位の材質を検出する分光計（レーザー誘起ブレイクダウン分光：LIBS）14 を備えている。

30

【 0 0 1 7 】

レーザースキャナ 12、二色温度計 13、分光計（LIBS）14 は一諸に収納されて 1 つの検出部 3 を構成している。検出部 3 は他の検出手段も備えているが、本発明とは直接的な関係が薄いため、それらの説明は省略する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、レーザー加工ヘッド 6 の先端部の拡大断面図である。図 2 に示すように、ヘッドケーシング 15 の内側には照射筒体 16 が同心円状に設置されており、ヘッドケーシング 15 の下端面に開口部 17 が形成されている。

その開口部 17 を取り囲むように先端が尖った照射・噴射ノズル 18 が取り付けられ、照射筒体 16 の先端部は開口部 17 を貫通して、照射・噴射ノズル 18 の内部に入り込んでいる。

40

【 0 0 1 9 】

照射筒体 16 から照射・噴射ノズル 18 を通して溶断・粉砕用のレーザー光 8 が処理対象物 19 に照射される。本実施形態では、レーザー光 8 のスポット径は 1 mm である。

ヘッドケーシング 15 と照射筒体 16 の間に形成されたガス供給流路 20 からはアシストガス 10 が供給され、照射・噴射ノズル 18 で流速が速められて、照射・噴射ノズル 18 からレーザー光 8 の照射部位（溶融溝）に向けて噴射される。アシストガス 10 として、例えばアルゴンガス、圧縮空気、窒素ガスなどが用いられる。

【 0 0 2 0 】

図 2 の例では、金属としての性質を有する金属領域 21 とセラミックス（例えば（U，Z

50

r)O₂)としての性質を有するセラミックス領域22が混在した処理対象物19を示している。

金属領域21の溶断やセラミックス領域22の粉碎によって生成した粗粒体23は、フレキシブルで大径の吸引パイプ24を備えて、強力な吸引力を有する吸引回収機構により炉外に素早く回収される。吸引パイプ24もレーザー加工ヘッド6と一緒に移動する構成になっている。

【0021】

処理対象物19の幾何形状や機械的特性などに応じてレーザー光8による処理対象物19の溶断・粉碎が的確に行われるように、検出部3からの情報に基づいてレーザー光8の照射条件などを常に調整する必要がある。

10

【0022】

図3は、検出部3からの情報に基づいて溶断・粉碎条件を調整するシステムを説明する図である。なお、図中の符号30は熔融金属を示している。

図2に示されているように検出部3は、処理対象物19に照射されたレーザー8の反射光25を確実に受光するように、照射・噴射ノズル18の外周、すなわち処理対象物19のレーザー光照射部位近傍に配置される。

【0023】

検出部3に取り入れられる反射光25により、レーザーキャナ12では処理対象物19の3次元幾何学形状点群データを取得して、その点群データを基に幾何学形状CADデータを作成し、このCADデータにより処理対象物19の3次元幾何学形状を認識する。

20

【0024】

そして制御部2のロボット制御部7では、前述の幾何学形状CADデータに基づいてロボット1の多関節アーム5を駆動して、レーザー加工ヘッド6を処理対象物19の形状に沿って適切に移動する。

【0025】

また、検出部3に取り入れられる反射光25により、分光計(LIBS)14では反射光25の波長を測定する。処理対象物19の中で金属領域とセラミックス領域では反射光25の波長が異なり、その波長の違いから処理対象物19のレーザー光照射部位の材質を識別することができる。

【0026】

30

そして制御部2のレーザー光制御部9では、金属領域を溶断する場合はレーザー光8の連続照射を行い、セラミックス領域を破砕する場合はレーザー光8のパルス照射を行う。このレーザー光8の照射形態の切り替えをロボット1の動作と連携制御することで、処理対象物19の溶断・破砕を連続的に行うことができる。セラミックス領域にレーザー光8をパルス照射することにより、熱応力を利用してセラミックス領域を粉碎する。

【0027】

さらに、検出部3に取り入れられる反射光25により、二色温度計13では処理対象物19の表面温度を検出して溶断・粉碎性能を評価する。溶断・粉碎の確認を行いながら、制御部2のロボット制御部7で処理対象物19の溶断・粉碎を進めていく。

【0028】

40

処理対象物19が溶断・粉碎不良の場合は、レーザー光制御部9で例えばレーザー光8の出力P、レーザー光8の焦点距離LF、処理対象物19の切断部からレーザー加工ヘッド6までの距離LW、レーザー加工ヘッド6の移動速度V、アシストガス制御部11でアシストガス10のガス流速VL(いずれも図3参照)などの溶断・粉碎条件を調整する。

【0029】

図4は、アシストガス10の噴流が溶断性能に与える影響について評価した結果をまとめた図である。

この試験は、金属試験片(SS400, 50×75×30mm)の端面溶断試験を行った。レーザー光8として出力4kWのファイバーレーザーを用い、レーザー加工ヘッド6を移動速度V[mm/min]で移動させ、アシストガス10の流量(Q=70, 350

50

L / min) およびスタンドオフ(L = 2 , 10 mm)を加工パラメータとして実施した。
【0030】

図4中の(a)はスタンドオフL(図3参照): 2 mm、アシストガス流量Q: 350 L/min、(b)はスタンドオフL: 2 mm、アシストガス流量Q: 70 L/min、(c)はスタンドオフL: 10 mm、アシストガス流量Q: 350 L/minの条件で、金属片の溶断、溶断不可の判定を行った。

【0031】

この図4の結果により、(a)のようにスタンドオフを小さくする、ならびに(もしくは)アシストガス流量を多くすることにより溶断性能は向上し、また、レーザー加工ヘッド6の移動速度Vをある程度上げて確実に溶断することができる。

10

【0032】

金属試験片を溶断する際、金属試験片内に溶融溝が形成され、その溶融溝にアシストガスを噴射することにより溶融溝内に生成された溶融金属を排出する訳であるが、溶融金属の排出の際にドラグラインが形成される。

【0033】

溶断可と判定された金属片を観察してみると、金属試験片の表面から裏面までほぼストレートなドラグラインが形成されるが、溶断不可と判定された金属片を観察してみると、ドラグラインは大きく弧を描き、溶融溝の側面に繋がっている様子が確認され、アシストガスによる溶断溝深部の溶融金属の排出ができなくなったために溶断不可となったと考えられる。

20

【0034】

核燃料と炉内構造物が溶融混合した状態で急冷され、セラミックス化した処理対象物19の存在が予想される。本発明者らはこのセラミックス化した処理対象物19の粉碎についても検討を行った。

【0035】

セラミックス化した処理対象物19のビッカース硬さを模擬したアルミナペレットのセラミックス模擬体26を制作し、その模擬体26にレーザーパルス照射して模擬体26の破碎の状態を調べた。

【0036】

図5は、アルミナペレットの模擬体26にレーザーパルス照射した状態を示す図である。

30

ジルコニア(1300HV)と同程度の硬さを有するアルミナ(1550HV)製の円柱状ペレット(直径8.7mm、高さ10mm)を模擬体26として用い、模擬体26を固定治具27で固定した。これをスタンドオフL: 2mmになるようにしてレーザー加工ヘッド6の直下に取り付け、模擬体26に対してスポット径: 1.56mmのレーザー光8を模擬体26に上面に対して垂直にパルス照射し、模擬体26の破碎状態を調べた。

実験パラメータの設定は、入熱密度と投入熱量の影響を把握するため、レーザー出力と照射時間を組み合わせ、図6に示す条件とした。

【0037】

図7は、投入熱量と模擬体26の破碎数との関係を示す図である。図7において破片数1は、模擬体26が溶融貫通するものの、破碎されなかった場合を示す。

40

図7に示されているように、入熱密度が131kW/cm²(試験条件A~D)では、投入熱量の増加に伴って破碎数が増加しており、アルミナが細かく破碎されていることが分かる。また、入熱密度が262kW/cm²(試験条件E~G)でも同様の傾向があり、入熱密度131kW/cm²と比較すると、投入熱量が同じであっても、入熱密度の違いにより細かく粉碎できていることが分かる。しかし、投入熱量が最も多い試験条件Hでは、破碎数の減少が見られた。

【0038】

図8は、金属としての性質を有する金属領域21とセラミックスとしての性質を有するセラミックス領域22が混在した処理対象物19を模擬した金属-セラミックス複合模擬

50

体 28 の斜視図である。

図 8 に示すように、縦横ともに 30 mm で、厚さが 10 mm の正方体からなり、その中心部に直径が 9 mm、深さが 9 mm の有底状の穴を形成したステンレス鋼板 29 を準備する。

【 0039 】

一方、直径が 8.7 mm で、高さが 10 mm の円柱状アルミナペレット 30 の全周面にセラミックスボンドを塗布し、このアルミナペレット 30 をステンレス鋼板 29 の穴に埋め込んで金属 - セラミックス複合模擬体 28 を制作した。

【 0040 】

図示していないが、レーザー加工ヘッド 6 の直下にこの金属 - セラミックス複合模擬体 28 を固定し、スタンドオフを 10 mm、焦点位置を模擬体 28 の上面から高さ方向に +8 mm とし、レーザー光 8 の照射方向は模擬体 28 の上面に対して面直方向とした。

【 0041 】

ステンレス鋼板 29 上の一点鎖線はレーザー光連続照射時におけるレーザー加工ヘッド 6 の移動方向を示しており、また、アルミナペレット 30 上の黒丸はレーザー光のパルス照射位置を示している。

【 0042 】

ステンレス鋼板 29 上を連続照射するときのレーザー出力 P を 4 kW、レーザー加工ヘッド 6 の移動速度 V を 1 mm / s、アシストガスとして圧縮空気を使用し、その流速 V を 350 L / min とし、アルミナペレット 30 上をパルス照射するときのレーザー出力 P を 4 kW、照射時間を 300 ms とした。

【 0043 】

このような条件で、ステンレス鋼板 29 の溶断 - アルミナペレット 30 の破碎 - ステンレス鋼板 29 の溶断を連続して行った。

【 0044 】

図 9 は、本実施形態に係る溶断・破碎適応制御方法の全体を説明するフローチャートである。

【 0045 】

まず、ステップ(以下、S と略記する) 1 においてレーザースキャナ 12 で処理対象物 19 の形状を認識し、S 2 において分光計 14 で処理対象物 19 の材質を認識する。この処理対象物 19 の形状と材質の情報を参考にして、S 3 で処理対象物 19 の溶断・破碎ルートをパソコン 4 から入力する。

【 0046 】

S 4 で溶断・破碎ルートの始点から終点までの位置座標を時々刻々更新し、S 5 において前記 S 1 の結果に基づき、ロボット制御部 7 で処理対象物 19 の形状に沿ってロボット 1 (レーザー加工ヘッド 6) の移動制御、前記 S 2 の結果に基づき、レーザー制御部 9 でレーザー照射(連続照射あるいはパルス照射)制御、アシストガス制御部 11 でアシストガスの噴射制御を行いながら、処理対象物 19 の溶断・破碎を実行する。

【 0047 】

S 6 において二色温度計 14 で溶断・破碎の表面温度を測定し、その情報に基づいて S 7 で溶断・破碎が良好に行われているか否かの判断がなされる。溶断・破碎が良好に行われていないと判断されると(S 7 で NO)、S 8 で、適応制御アルゴリズムによる回復動作を決定する。

【 0048 】

すなわち、溶断不良の場合、どの可制御パラメータを変更して溶断良好な状況にするかを決定する。可制御パラメータは、レーザー加工ヘッド 6 のスイープ速度、スタンドオフ、レーザー出力、入熱密度、アシストガス流量などの中から決定される。この決定には、予め蓄えられているデータベースを利用する。

【 0049 】

このようにして溶断・破碎条件が更新され、それに基づいて S 5 で処理対象物 19 の溶

10

20

30

40

50

断・破碎が実行される。

【 0 0 5 0 】

S 7で溶断・破碎が良好に行われていると判断されると(S 7でYES)、S 9で溶断・破碎が終了か否かの判断がなされる。そして溶断・破碎が終了であれば(S 9でYES)、溶断・破碎適応制御を終了し、溶断・破碎が終了でなければS 4に戻る。

【 0 0 5 1 】

前記実施形態では空気中にある金属やセラミックスの溶断・粉碎について説明したが、金属やセラミックスが水中にある場合、ロボット1のアーム5(レーザー加工ヘッド6)を水中に浸漬して溶断・粉碎を行うことになる。

【 0 0 5 2 】

前記実施形態ではセラミックスを粉碎する例を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばコンクリート、岩石、各種塊体の破碎にも適用可能である。その場合は、破碎する処理対象物に対して破碎性能を評価して、レーザー照射条件を適切に変更する適応制御システムとなる。

【 0 0 5 3 】

前記実施形態では原子力発電で燃料集合体や炉心構造体が過熱されて溶融した炉心溶融物の冷却体を溶断・粉碎する例を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば産業廃棄物焼却装置の火炉壁に固着した燃焼残渣物の溶断・破碎、船舶の溶断解体、岩石の破碎撤去など各種の産業分野において適用可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

- 1 : ロボット、
- 2 : 制御部、
- 3 : 検出部、
- 6 : レーザー加工ヘッド、
- 7 : ロボット制御部、
- 8 : レーザー光、
- 9 : レーザー光制御部、
- 10 : アシストガス、
- 11 : アシストガス制御部、
- 12 : レーザースキャナ、
- 13 : 二色温度計、
- 14 : 分光計、
- 19 : 処理対象物、
- 21 : 金属領域、
- 22 : セラミックス領域、
- 23 : 粗粒体、
- 24 : 吸引パイプ、
- 25 : 反射光、
- P : レーザー光の出力、
- LF : レーザー光の焦点距離、
- LW : 処理対象物の切断部からレーザー加工ヘッドまでの距離、
- V : レーザー加工ヘッドの移動速度、
- VL : アシストガス流速。

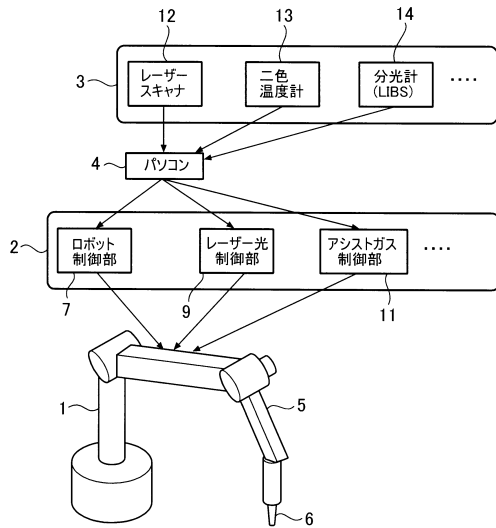
10

20

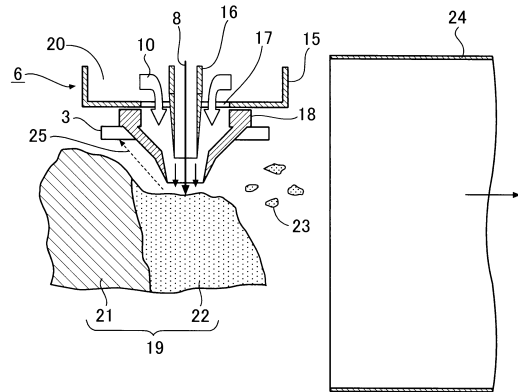
30

40

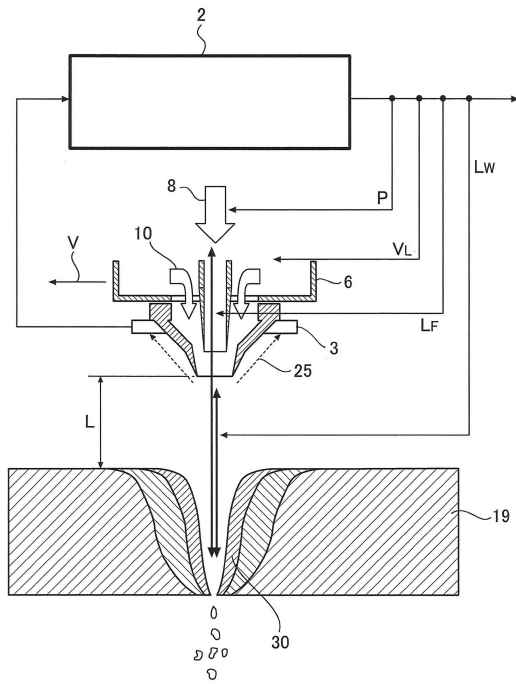
【図1】



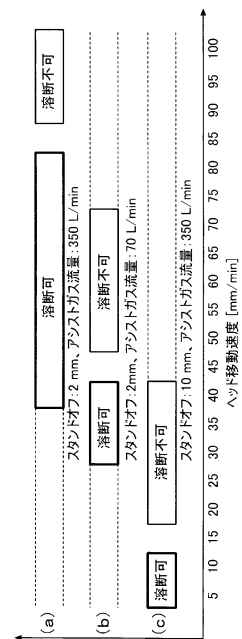
【図2】



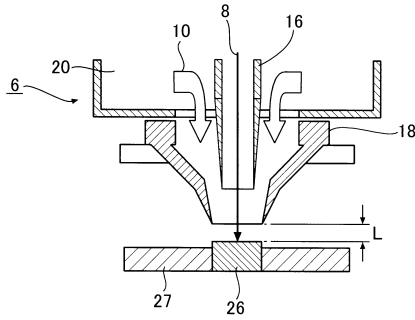
【図3】



【図4】



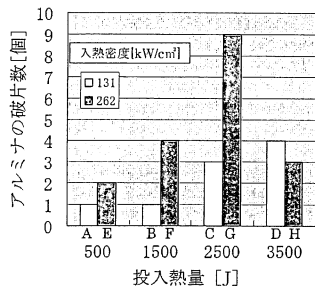
【図5】



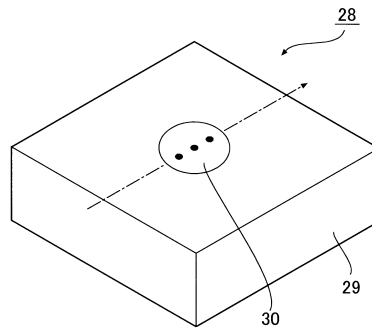
【図6】

試験番号	入熱密度 [kW/cm ²]	出力 [kW]	照射時間 [ms]	投入熱量 [J]
A	131	2.5	200	500
B	131	2.5	600	1500
C	131	2.5	1000	2500
D	131	2.5	1400	3500
E	262	5	100	500
F	262	5	300	1500
G	262	5	500	2500
H	262	5	700	3500

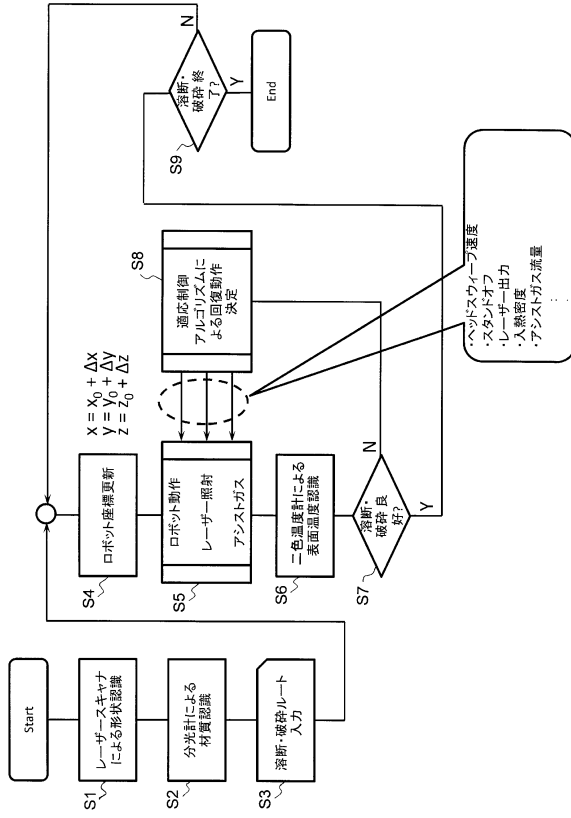
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
B 2 3 K	26/142	(2014.01)	B 2 3 K	26/00 N
B 2 3 K	26/16	(2006.01)	B 2 3 K	26/142
G 2 1 F	9/30	(2006.01)	B 2 3 K	26/16
			B 2 3 K	26/00 G
			G 2 1 F	9/30 5 3 1 J
			G 2 1 F	9/30 5 3 5 F
			G 2 1 F	9/30 5 3 1 M

特許法第30条第2項適用 平成25年11月21日独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部において開催された第4回レーザー共同研究所成果報告会で発表

特許法第30条第2項適用 平成25年11月13日独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部において開催された公開記者会見で発表

- (72)発明者 山田 知典
福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部内
- (72)発明者 羽成 敏秀
福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部内
- (72)発明者 武部 俊彦
福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部内
- (72)発明者 松永 幸大
福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政法人日本原子力開発機構 敦賀本部内
- (72)発明者 酒井 英明
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 碓井 秀三
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 中田 正宏
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 竹山 信一
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 平井 裕慶
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 鴨井 良介
富山県魚津市本江2410番地 株式会社スギノマシン内
- (72)発明者 坪井 昭彦
愛知県知立市新林町小深田7番地 株式会社レーザックス内
- (72)発明者 社本 英泰
愛知県知立市新林町小深田7番地 株式会社レーザックス内

審査官 篠原 将之

- (56)参考文献 特開2015-062914(JP,A)
特開2006-007304(JP,A)
特開2013-108977(JP,A)
特開2010-214452(JP,A)
特開2010-017726(JP,A)
特開平04-262885(JP,A)
特開昭61-123493(JP,A)

特開2003-010989(JP,A)
国際公開第2013/133415(WO,A1)
特開2013-195309(JP,A)
特開2014-235009(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/70
G21F 9/30