

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6948773号
(P6948773)

(45) 発行日 令和3年10月13日(2021.10.13)

(24) 登録日 令和3年9月24日(2021.9.24)

(51) Int.Cl.		F I	
B 2 3 H	9/14	(2006.01)	B 2 3 H 9/14
B 2 3 H	9/10	(2006.01)	B 2 3 H 9/10
B 2 3 H	7/26	(2006.01)	B 2 3 H 7/26 Z
B 2 3 H	1/02	(2006.01)	B 2 3 H 1/02 D

請求項の数 10 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-170416 (P2016-170416)	(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタデイ、リバーロード、1 番
(22) 出願日	平成28年9月1日(2016.9.1)	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(65) 公開番号	特開2017-56547 (P2017-56547A)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(43) 公開日	平成29年3月23日(2017.3.23)	(74) 代理人	100113974 弁理士 田中 拓人
審査請求日	令和1年8月18日(2019.8.18)	(72) 発明者	ユエフェン・ルオ アメリカ合衆国、ニューヨーク州・123 45、スケネクタデイ、リバー・ロード、 1番
(31) 優先権主張番号	14/854,484		
(32) 優先日	平成27年9月15日(2015.9.15)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 独立電極を有する放電加工システム、関連制御システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

放電加工（EDM）システム（2）であって、
案内構造（4）と、
前記案内構造（4）に結合される機械ラム（22）と、
前記案内構造（4）に結合される背板（24）と、
前記案内構造（4）内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置（6）であって、
前記複数の電極装置（6）のすべてが、ワークピース（8）に複数の放電を与えるように、
互いに平行に整列されかつ前記案内構造（4）に対して均一に角度をつけられ、前記複
数の電極装置（6）の各々が、
前記ワークピース（8）に近接して配置するための電極（10）、
前記電極（10）を前記ワークピース（8）に近接して保持するための、前記電極（10）
に結合された電極ホルダ（12）、及び
前記電極ホルダ（12）に結合される駆動装置（14）であって、前記電極ホルダ（12）
及び前記電極（10）の位置を修正するように構成された駆動装置（14）
を含み、前記背板（24）が、前記複数の電極装置（6）の各々の駆動装置（14）を少
なくとも部分的に支持する、複数の電極装置（6）と、
各々の電極ホルダ（12）の駆動装置（14）に機能的に接続される制御システム（18）
）であって、
前記複数の電極装置（6）の各々のための穴形成プログラムを開始すること、

少なくとも1つの電極(10)が前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了しているか否かを判断すること、及び

前記少なくとも1つの電極(10)が前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離すこと、

前記複数の電極装置(6)内の電極(10)の各々について前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記複数の電極装置(6)の各々のための穴形成プログラムを実行し続けること

を含むプロセスを実行するように構成された制御システム(18)とを備えるEDMシステム(2)。

10

【請求項2】

前記制御システム(18)が、前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離した後、前記複数の電極装置(6)内の電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了しているか否かを判断し、

前記電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記電極(10)のすべてを切り離す

ようにさらに構成される、請求項1に記載のEDMシステム(2)。

【請求項3】

20

前記制御システム(18)が、前記複数の電極装置(6)内の電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記ワークピース(8)から切り離されていない前記複数の電極装置(6)の各々のための穴形成プログラムを実行し続ける

ようにさらに構成される、請求項2に記載のEDMシステム(2)。

【請求項4】

前記案内構造(4)が前記電極ホルダ(12)に結合され、前記案内構造(4)は、前記電極ホルダ(12)が前記案内構造に対して動くことを可能にする滑り軸受(20)を含む、請求項1に記載のEDMシステム(2)。

30

【請求項5】

前記複数の電極装置(6)の各々の駆動装置(14)が音声コイル又は油圧駆動装置の少なくとも一方を含む、請求項1に記載のEDMシステム(2)。

【請求項6】

前記複数の電極装置(6)の各々が独立電源(26)に接続されて、前記複数の電極装置(6)の1つへの電力喪失が前記複数の電極装置(6)の残りの電極装置への電力喪失を引き起こさないようにする、請求項1に記載のEDMシステム(2)。

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の放電加工(EDM)システム(2)をワークピース(8)に近接して配置するステップと、

40

前記複数の電極装置(6)の各々のための穴形成プログラムを開始するステップと、少なくとも1つの電極(10)が前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了しているか否かを判断するステップと、

前記少なくとも1つの電極(10)が前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離すステップと、

前記複数の電極装置(6)内の電極(10)の各々について前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記複数の電極装置(6)の各々のための穴形成プログラムを実行し続けるステップと

を含む方法。

50

【請求項 8】

前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離した後、前記複数の電極装置(6)内の電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了しているか否かを判断するステップと、

前記電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記電極(10)のすべてを切り離すステップと

をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記複数の電極装置(6)内の電極(10)の各々について前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記ワークピース(8)から切り離されていない前記複数の電極装置(6)の各々のための穴形成プログラムを実行し続けるステップ

をさらに含む、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

前記ワークピースから前記電極(10)のすべてを切り離した後、前記ワークピース(8)を除去し、第2のワークピース(8)を前記EDMシステム(2)に近接して配置するステップ

をさらに含む、請求項8に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示される主題は放電加工に関する。詳細には、本明細書で開示される主題は、タービンの構成要素、例えばガスタービンのブレードまたは動翼内に放電加工を行うためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

放電加工(EDM)は、放電(スパーク)を用いて対象材料内に形がなされるようにする製造プロセスである。電極(工具電極とも呼ばれる)が対象材料(ワークピース(work piece)とも呼ばれる)に近接して配置され、電極とワークピースとの間に電圧が印加される。電極と対象材料との間の電界の強さが誘電体媒質の抵抗を超えると、電流が電極から対象材料へ流れ、またはその逆に対象材料から電極へ流れて、電極と対象材料の両方から材料をいくらか除去する。

【0003】

現在、EDMは、タービンの構成要素(例えば翼形)に冷却孔および燃料噴射孔を形成するために用いられる最も信頼性の高い技術である。したがって、EDMは、タービン翼形にこれらの穴を形成するために広く用いられる。しかしながら、EDM穴あけ(drilling)は、多数の電極の組を使用したときでも比較的遅い。さらに、生産時間要件を満たすために複数のEDM機が通常は一度に使用され、これは製造設備においてかなりの床面積を占める。さらに、グループ化電極配置を採用したEDM機では、局所デブリ(local debris)が、1つまたは複数の影響を受けた電極だけでなく、影響を受けていない電極を含む電極群全体の減速および引き抜きをも駆りたてる。電極群全体は、最悪の場合の電極(デブリが最も付着した電極、ワークピース-電極間ギャップが最短の電極など)に応じて一緒に送られるまたは引き抜かれる。その結果、全体的な送り速度または機械加工生産性は、デブリが最も付着したまたはギャップが最短の最悪の電極の最低送り速度に追従する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第8168913号明細書

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【0005】

本開示の様々な実施形態は、放電加工（EDM）システム、関連制御システムおよび制御方法を含む。場合によっては、EDMシステムは、案内構造と、案内構造内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置であって、複数の電極装置がワークピースに複数の放電を与えるように整列され、複数の電極装置のそれぞれが、ワークピースに近接して配置するための電極、電極をワークピースに近接して保持するための、電極に結合された電極ホルダ、および電極ホルダに結合される駆動装置であって、電極ホルダおよび電極の位置を修正するようになされた駆動装置を含む、複数の電極装置と、各電極ホルダの駆動装置に機能的に接続される制御システムであって、複数の電極装置のそれぞれのための穴形成プログラムを開始すること、少なくとも1つの電極がワークピースの対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断すること、および少なくとも1つの電極が対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答してワークピースから少なくとも1つの電極を切り離すことを含むプロセスを実行するように構成された制御システムと、を含む。

10

【0006】

本開示の第1の態様は、放電加工（EDM）システム、関連制御システムおよび制御方法を含む。場合によっては、EDMシステムは、案内構造と、案内構造内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置であって、複数の電極装置がワークピースに複数の放電を与えるように整列され、複数の電極装置のそれぞれが、ワークピースに近接して配置するための電極、電極をワークピースに近接して保持するための、電極に結合された電極ホルダ、および電極ホルダに結合される駆動装置であって、電極ホルダおよび電極の位置を修正するようになされた駆動装置を含む、複数の電極装置と、各電極ホルダの駆動装置に機能的に接続される制御システムであって、複数の電極装置のそれぞれのための穴形成プログラムを開始すること、少なくとも1つの電極がワークピースの対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断すること、および少なくとも1つの電極が対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答してワークピースから少なくとも1つの電極を切り離すことを含むプロセスを実行するように構成された制御システムと、を含む。

20

【0007】

本開示の第2の態様は、放電加工（EDM）システムをワークピースに近接して配置するステップであって、EDMシステムが、案内構造と、案内構造内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置であって、複数の電極装置がワークピースに複数の放電を与えるように整列され、複数の電極装置のそれぞれが、ワークピースに近接して配置するための電極、電極をワークピースに近接して保持するための、電極に結合された電極ホルダ、および電極ホルダに結合される駆動装置であって、電極ホルダおよび電極の位置を修正するようになされた駆動装置を含む、複数の電極装置とを備える、ステップと、複数の電極装置のそれぞれのための穴形成プログラムを開始するステップと、少なくとも1つの電極がワークピースの対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断するステップと、少なくとも1つの電極が対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答してワークピースから少なくとも1つの電極を切り離すステップと、を含む方法を含む。

30

【0008】

本開示の第3の態様は、放電加工（EDM）システムの運転をワークピースに近接して制御するための制御システムを有するシステムを含み、EDMシステムは、案内構造と、案内構造内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置であって、複数の電極装置がワークピースに複数の放電を与えるように整列され、複数の電極装置のそれぞれが、ワークピースに近接して配置するための電極、電極をワークピースに近接して保持するための、電極に結合された電極ホルダ、および電極ホルダに結合される駆動装置であって、電極ホルダおよび電極の位置を修正するようになされた駆動装置を含む、複数の電極装置と、を有し、制御システムは、複数の電極装置のそれぞれのための穴形成プログラムを開始するステップと、少なくとも1つの電極がワークピースの対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断するステップと、少なくとも1つの電極が対応する穴の形成を完了してい

40

50

ると判断したのに応答してワークピースから少なくとも1つの電極を切り離すステップと、を含むプロセスを実行するように構成される。

【0009】

本発明のこれらおよびその他の特徴は、本開示の様々な実施形態を描いた添付図面に関連してなされる本発明の様々な態様の下記の詳細な説明からより容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】様々な実施形態による放電加工(EDM)システムの一部の概略図である。

【図2】いくつかの実施形態によるEDMシステムの概略部分断面図である。

10

【図3】様々な追加実施形態によるEDMシステムの概略部分断面図である。

【図4】様々な実施形態による電極装置の一部のクローズアップ部分断面図である。

【図5】様々な追加実施形態による回転管電極装置40を含む、電極装置の一部の追加クローズアップ部分断面図である。

【図6】様々な実施形態による電極を洗浄するための概略構成を示す図である。

【図7】様々な実施形態による電極を洗浄するための概略構成を示す図である。

【図8】様々な実施形態によるプロセスを例示する流れ図である。

【図9】様々な実施形態による制御システムによって実行される制御プロセスを描いた制御流れ図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0011】

本発明の図面は必ずしも原寸に比例して描かれていないことに留意されたい。図面は、本発明の典型的な態様のみを示すためのものであり、したがって本発明の範囲を限定するものと見なされるべきでない。図面において、同じ番号付与は図面間で同じ要素を表す。

【0012】

本明細書に述べたように、開示される主題は放電加工に関する。詳細には、本明細書で開示される主題は、タービンの構成要素、例えばガスタービンのブレードまたは動翼内に放電加工を行うためのシステムおよび方法に関する。

【0013】

従来手法とは対照的に、本開示の様々な実施形態は、1組の独立電極を有する放電加工(EDM)システムを含む。すなわち、EDMシステムは、独立して電力供給される複数の電極、したがって独立して制御される電極を含む。これらの独立電極は互いに絶縁され、少なくとも2つの異なるコントローラ(例えば、複数の異なるコントローラ)に結合され得る。EDMシステムは、電極相互間の様々なギャップを検出するための独立した(電氣的に絶縁された)プロセッサとノイズを低く抑えながら独立プロセッサを中央処理装置に接続するためのオプ्टカブラとをさらに含むことができる。EDMシステムは、電極を安定させるために取付フレーム、背板および案内板を含むことができる。本開示の様々な特徴は、タービン構成要素(例えば翼形)上でのEDMの速度を複数倍(例えば最大で10倍)上げることができる。

30

【0014】

これらの図に示されているように、「A」軸線は、(明瞭にするために省略されている、タービンロータの軸線に沿った)軸線方向の向きを表す。本明細書に用いられているように、「軸線方向の(axial)」および/または「軸線方向に(axially)」という用語は、ターボ機械(特にロータセクション)の回転軸線と実質的に平行な軸線Aに沿った物体の相対位置/方向を意味する。本明細書でさらに用いられているように、「半径方向の(radial)」および/または「半径方向に(radially)」は、軸線Aに対して実質的に垂直でありかつただ1箇所軸線Aと交差する軸線(r)に沿った物体の相対位置/方向を意味する。さらに、「円周方向の(circumferential)」および/または「円周方向に(circumferentially)」という用語は、軸線Aを取り囲むがどの箇所でも軸線Aと交差しない円周(c)に沿った物体

40

50

の相対位置 / 方向を意味する。図の間の共通番号付与は図の中の実質的に同一の構成要素を表すことができることがさらに理解されよう。

【 0 0 1 5 】

図 1 に目を向けると、様々な実施形態による放電加工 (E D M) システム 2 の一部の概略図が示されている。図示のように、 E D M システム 2 は、案内構造 4 と案内構造 4 内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置 6 とを含むことができる (例えば、案内構造 4 は電極装置 6 を少なくとも部分的におおう)。様々な実施形態によれば、電極装置 6 は、ワークピース 8 (例えば、ガスタービン翼形などのタービン構成要素) に放電を与えるように整列される。

【 0 0 1 6 】

複数の電極装置 6 のそれぞれが、ワークピース 8 に近接して配置する (例えば、ワークピース 8 と接触するまたはワークピース 8 から名目上切り離される) ための電極 1 0、および電極 1 0 をワークピース 8 に近接して保持するための、電極 1 0 に結合された電極ホルダ 1 2 を含むことができる。各電極装置 6 は、電極ホルダ 1 2 に結合される駆動装置 1 4 をさらに含むことができる。駆動装置 1 4 は、ホルダ 1 2 の内側にリニア軸受で保持される (ワークピース 8 に対する) 電極 1 0 の位置を修正するようになされ得る。様々な実施形態で、駆動装置 1 4 は、電動駆動装置または空気圧駆動装置の少なくとも一方を含むことができ、場合によっては音声コイルまたは油圧駆動装置を含むことができる。

【 0 0 1 7 】

E D M システム 2 は、複数の電極装置 6 内のある電極 1 0 の近隣電極 1 0 に対する位置を検出するための少なくとも 1 つのセンサ 1 6 をさらに含むことができる。様々な実施形態で、少なくとも 1 つのセンサ 1 6 は複数のセンサ 1 6 を含むことができ、場合によっては、センサ 1 6 の少なくとも 1 つが多数の電極 1 0 の位置ならびにワークピース - 電極間ギャップ 1 1 (各電極 1 0 とワークピース 8 との間の距離) を検出するように構成される。少なくとも 1 つのセンサ 1 6 は、例えば、 1 つまたは複数の電極 1 0 の位置を検出することができる光学センサ、レーザベースのセンサ、または他の従来のセンサを含むことができる。様々な実施形態で、センサ 1 6 は、電極 1 0 とワークピース 8 との間の電圧信号を検出するように構成されたギャップセンサを含むことができる。

【 0 0 1 8 】

E D M システム 2 は、 (例えば、従来の無線手段および / または配線手段を介して) 駆動装置 1 4 に機能的に接続される制御システム (C S) 1 8 をさらに含むことができ、制御システム 1 8 は、複数の電極 1 0 の少なくとも 1 つの位置 (したがってワークピース - 電極間ギャップ 1 1) を電極 1 0 の検出位置 (および例えばワークピース - 電極間ギャップ 1 1) に基づいて複数の電極 1 0 の少なくとも 1 つの他の電極とは無関係に修正するために、複数の電極装置 6 の少なくとも 1 つの駆動装置 1 4 に命令を与えるように構成される。様々な実施形態で、制御システム 1 8 はセンサ 1 6 に結合され、電極 1 0 の位置 (ならびに各電極 1 0 とワークピース 8 との間のギャップ 1 1) に関するデータをセンサ 1 6 から得るとともに、その位置データ (およびギャップ 1 1 に関するデータ) に基づいて、電極装置 6 の少なくとも 1 つの駆動装置 1 4 に、その電極装置 6 の対応する電極 1 0 の位置を修正する (したがって、各電極 1 0 とワークピース 8 との間のギャップ 1 1 を修正する) よう指示するように構成される。

【 0 0 1 9 】

制御システム 1 8 は、制御システム 1 8 が電極装置 6 の少なくとも 1 つを作動させることができるように電極装置 6 に (例えば駆動装置 1 4 において) 機械的または電氣的に接続されてもよい。制御システム 1 8 は、電極 1 0 の検出位置 (および各電極 1 0 とワークピース 8 との間のギャップ 1 1)、例えば、予測電極位置 (およびギャップ 1 1 のサイズ) からの相違、案内構造 4 に対する位置 (およびギャップ 1 1 のサイズ) の相違、などに応答して電極装置 6 の駆動装置 1 4 を作動させてもよい。制御システム 1 8 は、 (例えば、駆動装置 1 4 を始動または停止することにより) 電極装置 6 を作動させることができるコンピュータ制御装置、機械装置、または電気機械装置でよい。一実施形態では、制御シ

10

20

30

40

50

ステム 18 は、電極装置 6 に操作命令を与えることができるコンピュータ制御装置でよい。この場合、制御システム 18 は、1 つまたは複数の電極 10 の位置ならびに各電極 10 とワークピース 8 との間のギャップ 11 を（例えば、規定のパターンおよび/または所定の位置情報に対して、センサ 16 を通じて）監視して、ワークピース 8 のトポグラフィに関するデータを所望の穴の位置や深さなどとともにセンサ 16 から得られたデータと比較し、電極装置 6 に、電極装置 6 内の電極 10 の少なくとも 1 つの位置（したがってギャップ 11）を独立に修正するよう操作命令を与えてもよい。例えば、制御システム 18 は、1 つの電極装置 6 の駆動装置 14 を一定の操作条件下で（例えば、電極 10 がワークピース 8 内への電極 10 の侵入深さに達していることをセンサ 16 が検出した場合に）停止させるために操作命令を送ってもよい。この実施形態では、電極装置 6 は、制御システム 18 から操作命令（電気信号）を受け取り、機械的な動き（例えば、駆動装置 14 を一時停止させる、始動させるなど）を引き起こすことができる電気機械構成要素を含んでいてもよい。別の実施形態では、制御システム 18 は、1 つまたは複数の電極 10 の位置（および場合によってはギャップ 11）を示すパラメータを（例えばセンサ 16 で）電氣的に監視し、1 つまたは複数の対応する電極装置 6 の駆動装置 14 を機械的に作動させることができる電気機械装置でよい。本明細書に複数の実施形態で説明されているが、制御システム 18 は、他の従来手段によって電極装置 6 を作動させてもよい。いずれにせよ、制御システム 18 の技術的効果は、本明細書に記述されているように 1 つまたは複数の電極装置 6 の操作を制御することである。

【0020】

様々な実施形態で、各電極 10 は、その電極 10 の位置ならびに電極 10 の先端とワークピース 8 との間のギャップ 11（例えば、形成されるべきワークピース 8 の開口部）に応じて独立に制御される。本明細書に述べたように、電極 10 はワークピース 8 に向かって（例えば、駆動装置 14 によって）駆動され得る。電極 10 がワークピース 8 上で放電し始めると、電極 10 の送り速度は減速することができ、CS 18 は送り制御を引き継ぐ。ギャップ 11 が低過ぎる電圧信号で小さくなり過ぎた場合、送り速度は、ワークピース 8 への短絡および過熱を防止するために、減速されて（さらには逆方向に向けられて）電極が引き抜かれる。センサ 16 がプロセス（例えば、穴が所望の深さに形成される）に対する先端深さを検出すると、CS 18 は電極 10 を送るのを中止しその電極 10 を独立に引っ込めるが、他の電極 10 は引き続き送られてもよく、または独立に引き抜かれてもよい。

【0021】

様々な実施形態では、案内構造 4 が電極ホルダ 12 に結合され、案内構造 4 は、電極ホルダ 12 が案内構造 4 に対して動くことを可能にする滑り軸受 20（図 4、図 5）を含む。場合によっては、図 1～図 3 に示されているように、EDM システム 2 は、案内構造 4 に結合される機械のラム 22 と案内構造 4 に結合される背板 24 とをさらに含むことができ、背板 24 は、複数の電極装置 6 のそれぞれの駆動装置 14 を少なくとも部分的に支持する。

【0022】

図 1 および図 2 に示されているように、いくつかの実施形態によれば、複数の電極装置 6 のすべてが、互いに対して平行に整列されかつ案内構造 4 に対して均一に角度をつけられ得る。すなわち、すべての電極装置 6 が、同じ接触角でワークピース 8 内に等間隔の開口部を形成するために、平行配置で整列され得る。

【0023】

図 3 は、図 2 の平行配置の代替実施形態を示し、電極装置 6 は多方向配置で整列される。これらの場合、複数の電極装置 6 の第 1 の電極装置（6a）が複数の電極装置 6 の第 2 の電極装置（6b）に対して第 1 の角度（ θ_1 ）で整列され、複数の電極装置 6 の第 3 の電極装置（6c）が複数の電極装置 6 の第 2 の電極装置（6b）に対して第 2 の角度（ θ_2 ）で整列され、第 2 の角度（ θ_2 ）は第 1 の角度（ θ_1 ）とは異なる。

【0024】

図 1 に示されているように、様々な実施形態によれば、複数の電極装置 6 (いくつか図示されている) のそれぞれが独立電源 (I P S) 2 6 に接続されて、複数の電極装置 6 の 1 つへの電力喪失が複数の電極装置 6 の残りの電極装置への電力喪失を引き起こさないようにする。いくつかの実施形態では、電源 2 6 は 2 つ以上の電極装置 6 に結合され得るが、本明細書で開示される諸実施形態によれば、電極装置 6 全体が単一電源に依存しないように複数の電源 2 6 が使用されることが理解されよう。様々な実施形態によれば、 I P S 2 6 は、従来システムに利用される統合された中央電源に関する問題を防止することができることが理解されよう。すなわち、共用電源が多数の電極の 1 つに 1 つの大きなスパークをもたらす。放電プロセスのいつでも、1 つの大きなスパークは、金属除去率がマルチスパーク構成に比べて低くなるように、ただ 1 つの電極に限定される。共用電源 (1 つの大きなスパークを有する) は、それぞれの電極で高出力レベルのために不十分な表面品質をもたらす可能性がある。本明細書での様々な実施形態によれば、独立した専用電源は、本明細書に記述されているように、局所ギャップ制御に基づいて 1 つの電極に正確な電力量を所望の時間に与えることができる。小ギャップおよび高速送りで、様々な実施形態による独立電源システムは、従来の手法に比べて高い電力を局所的に供給することができる。各電極とワークピースの間のギャップは (例えば、局所デブリ発生および誘電体洗浄に依存して) 変わり得るので、異なる電極用の独立した専用電源は、高い金属浸食率を得るために多数のスパークを可能にし、 E D M 後に高表面品質を仕上げるためのより低い出力レベルが完成する。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、様々な実施形態による電極装置 6 の一部のクローズアップ部分断面図を示す。図 4 に示されているように、いくつかの実施形態では、電極装置 6 は背板 2 4 および滑り軸受 2 0 の中に配置され、滑り軸受 2 0 は案内板 2 8 の中に収容される。駆動装置 1 4 は、油圧シリンダ 3 0 とその油圧シリンダ 3 0 内のピストン 3 2 とを含むことができる (図 4) 。シリンダ 3 0 とピストン 3 2 はともに、背板 2 4 によって少なくとも部分的に保持されたブッシング 3 4 内に保持することができる。駆動装置 1 4 は絶縁体コネクタ 3 6 によって電極ホルダ 1 2 に結合することができる。場合によっては、電極 1 0 はクランプ (例えばコレットクランプ) 3 8 によって電極ホルダ 1 2 の先端に保持される。

【 0 0 2 6 】

図 5 は、電極装置 6 の一部の追加のクローズアップ部分断面図を示し、駆動装置 1 4 は、本開示の様々な追加実施形態による回転管電極装置 4 0 を含む。これらの実施形態では、回転管電極装置 4 0 は、図 4 を参照して示され説明されたように油圧ピストン 3 2 (シリンダ 3 0 に連結されている) に結合される。しかしながら、回転管電極装置 4 0 は、空気モータ 4 4 (圧縮空気入口 4 6 および出口 4 8 を有する) と、空気モータ 4 4 の上流側の水入口 5 0 (隣接シール 5 2 を有する) と、空気モータ 4 4 に結合されたロータ 5 4 (ただしロータ 5 4 は軸受 5 6 上に支持される) とを含む回転駆動装置 4 2 をさらに含むことができる。ロータ 5 4 は、電極ホルダ 1 2 (電極クランプ 3 8 を含む) に連結される。この構成では、回転管電極装置 4 0 は、油圧ピストン 3 2 が電極 1 0 をワークピース 8 に向かって駆動する間に電極 1 0 を回転させるように構成される。図 5 に示されているこの回転管電極装置 4 0 は、最小限の隙間および / または高密度の電極装置 6 を必要とするスペースでワークピース 8 に穴を形成するのに有用とすることができる。

【 0 0 2 7 】

様々な実施形態によれば、本明細書に記述されている制御システム 1 8 は、ワークピース 8 の穴形成を従来の手法に対して促進するために、制御プロセスを実行するように構成することができる。様々な実施形態では、独立電源 2 6 を利用することにより、ワークピース 8 の穴形成の速度および制御の著しい増加が可能になる。例えば、単一電源を有する従来のシステムでは、ただ 1 つのスパークが所与の単位期間内に生成されるが、ワークピース全体にわたってスパークを加えるために多数の電極が使用されてもよい。対照的に、開示される E D M システム 2 は複数の異なる独立電源 2 6 を含み、これらの電源 2 6 は、ワークピース 8 に穴が形成される速度を従来のシステムに対して上げるために複数のスパ

10

20

30

40

50

ークを生成することができる。加えて、EDMシステム2は、異なる電極6に、これらの電極6のワークピース8に対する位置に基づいて独立にスパークを発生させるように構成することができる。例えば、ワークピース8が、異なる深さおよび/または幅で形成されるべき複数のチャンネル(例えば、流体流れチャンネル)を含む場合、電極6(電極6の対応する電源26を含む)の独立制御により、異なる穴タイプを同じEDMシステム2で同時に形成することが可能になる。さらに、EDMシステム2内の分散型独立スパーク発生機構により、従来システムに必要な高電圧/高電流スパークを必要とせず、深いかつ/または小さい穴を速く形成することが可能になり得る。電極6にスパークを発生させるためにより低い電圧を使用すると、これらの電極6の寿命を延ばすとともに、ダウンタイムを短縮することによって(交換/修理の頻度が減少するため)効率を上げることもできる。

10

【0028】

電極群がすべて一括して制御される従来の構成では、電極の後退、突破および短絡は管理するのが困難である。特に、一括制御構成の1つまたは複数の電極で問題(例えば短絡)が生じたとき、その問題がワークピースへの損傷を引き起こさないようにするために、電極群全体がワークピースから切り離されなければならない。例えば、電極がワークピースの下側を「貫通する」ように電極が(所望されるように)ワークピースの一部に完全な穴を穿設している場合、電極が通常の送り制御によってこの穴に貫入し続けると、残りのワークピースは、望ましくない態様で変形する、シフトする、またはその他の方法で移動する傾向が強くなっているようである。しかしながら、従来のシステムでは、すべての穴が同時に貫通することはない、すなわち、1つまたは複数の電極が貫通している間に他の電極は通常の穴あけで正常に拍動し送り続けることができず、他の電極に対する通常の穴あけプロセスの中断を引き起こす。さらに、過激な貫通制御および送りは、他の電極に対して短絡および他の問題を引き起こす。これらの望まれない状況は、EDMシステム2内の独立制御機構を使用して回避する、または少なくとも軽減することができる。

20

【0029】

様々な実施形態によれば、EDMシステム2は、1つまたは複数の電極6を洗浄するための流体源(FS)60(図1、図6)を含むことができる。図6および図7は、様々な実施形態による電極6を洗浄するための異なる概略構成を示す。側面洗浄が図6に示されており、洗浄流体が、側面領域62からノズル64を通じて電極6の外表面に導入される。図7は別の実施形態を示し、洗浄流体が、電極6の本体を通じて内部洗浄室66内に導入される。

30

【0030】

さらに、EDMシステム2は穴あけの効率および速度を上げるために、洗浄またはその他の方法の間に電極6を拍動で送るように構成することができる。様々な実施形態で、電極6の少なくとも1つを拍動で送ることは、例えばデブリおよび/またはカーボンの付着のせいで全体的な送り速度が遅くなったときに開始される。電極6の少なくとも1つを拍動で送ることは、短絡パルスおよび/またはアークパルスの百分率が閾値レベル、例えば、パルスの20%~30%を超えたときに開始することもできる。アークパルスおよび/または短絡パルスの放電電圧は通常放電パルスの電圧よりも低い。さらに、アークパルスおよび/または短絡パルスは通常放電パルス用の無線周波信号を有していない。これらの電気信号の差は、アークパルスおよび/または短絡パルスを検出するために使用することができる。

40

【0031】

図8は、様々な実施形態によるプロセスを含む方法を例示する流れ図を示す。図1~図7を同時参照されたい。様々な実施形態によれば、EDMシステム2を利用してワークピース8に1組の穴を形成する方法が下記プロセスを含むことができる。

【0032】

プロセスP1:機械のラム22上に案内構造4を取り付ける。このプロセスは、機械のラム22に案内構造4をボルト締めする、固定する、またはその他の方法で連結することを含むことができる。

50

【 0 0 3 3 】

プロセス P 2 : 電極 6 の組の下にワークピース 8 を配置する。場合によっては、ワークピース 8 は、作業台または誘電性流体室内の他の表面に固定される。

【 0 0 3 4 】

プロセス P 3 : 機械のラム 2 2 を下げて電極 6 の組の第 1 の電極 6 がワークピース 8 の上面に接触するようにし、ラム 2 2 を適所に固定する。

【 0 0 3 5 】

プロセス P 4 : 電極ホルダ 1 2 を (コレットクランプ 3 8 のところで) 解放して電極 6 の組のすべての電極を下げ、それによってワークピース 8 の上面に接触させ、電極ホルダ 1 2 を (コレットクランプ 3 8 のところで) 締め直して電極 6 の位置をロックする。

10

【 0 0 3 6 】

プロセス P 5 : 機械のラム 2 2 を上げて、電極 6 の組がワークピース 8 の上面から切り離されるようにする。

【 0 0 3 7 】

プロセス P 6 : 誘電性流体室をワークピース 8 の上面の上に誘電体流体で満たす。

【 0 0 3 8 】

プロセス P 7 : 機械のラム 2 2 を下げて、電極 6 を誘電性流体中のワークピース 8 の上面に近接して、ただしこの上面から切り離されて配置する。

【 0 0 3 9 】

プロセス P 8 : 複数の電極 6 のそれぞれのための個々の穴形成プログラムを実行して、ワークピース 8 に穴を形成する。

20

【 0 0 4 0 】

判断 D 1 : 少なくとも 1 つの電極 6 がワークピース 8 に完全な (貫通) 孔を形成しているか ?

判断 D 1 に対してノーの場合 (少なくとも 1 つの電極 6 がワークピース 8 に完全な穴を形成していないと判断したのに応答して) : プロセス P 8 を続行し (または、評価がプログラム実行中に行われた場合、プロセス P 8 を実行し続け)、個々の穴形成プログラムを実行する。

【 0 0 4 1 】

判断 D 1 に対してイエスの場合 (少なくとも 1 つの電極 6 がワークピース 8 に完全な穴を形成していると判断したのに応答して)、プロセス P 9 は、少なくとも 1 つの電極 6 を上げ、少なくとも 1 つの電極 6 内のスパーク発生を停止させることを含む。

30

【 0 0 4 2 】

判断 D 2 : すべての電極 6 がワークピース 8 に完全な (貫通) 孔を形成しているか ?

判断 D 2 に対してノーの場合 (すべての電極 6 がワークピース 8 に完全な穴を形成していないと判断したのに応答して)、プロセス P 8 に戻り、残りの電極 6 のための個々の穴あけプログラムを実行する (または、プログラム実行中に評価された場合に個々のプログラムを実行し続ける)。

【 0 0 4 3 】

判断 D 2 に対してイエスの場合 (すべての電極 6 がワークピース 8 に完全な穴を形成していると判断したのに応答して)、プロセス P 10 : ラム 2 2 を高い (定) 位置に上げる (新しいワークピース 8 の準備ができて) を含む。

40

【 0 0 4 4 】

プロセス P 10 に続いて、上記方法は、その後のワークピース 8 に対して (プロセス P 2 から) 繰り返されてもよい。

【 0 0 4 5 】

図 9 は、様々な実施形態による EDM システム 2 の運転を制御する制御システム 1 8 によって実行される制御プロセスを描いた制御流れ図 9 0 を示す。図示のように、制御システム 1 8 はギャップ基準信号 9 2 を入力として使用し、フィードフォワードプロセッサ 9 4 がその信号 9 2 を常規放電条件で (最大電極パルスが通常の放電パルスに等しいときに

50

）基準送り速度 96 に変換する。フィードフォワードプロセッサ 94 は利得係数に比例し、利得係数は、穴あけ深さ、洗浄条件および/または電力パルスパラメータ（例えば、オンタイム、オフタイム、電圧、放電電流など）に応じて設定することができる。フィードフォワードプロセッサ 94 の利得係数は、運転者によって、または制御システム 18 による実時間反復プロセスを通じて決定することができ、電極 6 によって形成されるべき 1 つまたは複数の穴の特定の穴あけ深さに関連していてもよい。ギャップ基準信号 92 は、ギャップ基準電圧からなっているとしてもよく、あるいは場合によっては、異なる電気パルス（すなわち、開放パルス、浸食パルス、およびアーク/短絡パルス）の 3 つの目標百分率を含んでいてもよい。アークパルスまたは短絡パルスの目標百分率はゼロに等しい。開放パルスに対するより高い目標百分率、および浸食パルスに対するより低い目標百分率は、誘電性洗浄を改善するために、プロセスをより大きな放電ギャップ 98 へ推進する。このギャップ 98 が開放パルスと浸食パルスとの間にない場合、プロセスは、アークおよび短絡を引き起こしやすい（穴あけのさらなる深さをもたらすことはある）。ギャップ基準信号 92 は、事前実行コンピュータモデリング例または事前実行物理的穴あけ例に基づいて設定することができる。様々な実施形態によれば、フィードバックプロセッサ 100 が異なるパルスを検出し、それらのパルスを百分率に変換することができる。フィードバック信号と基準信号との差分は、一部分は比例積分微分（PID）コントローラ（送り速度コントローラとも呼ばれる）102 用の駆動信号として使用される。この差分信号は数式 1 に等しい。

【0046】

$$F - R = A \cdot (N_{ob} - N_{or}) + (N_{eb} - N_{er}) - (B \cdot N_{ab}) \quad (\text{数式 1})$$

数式 1 において、F はフィードバック信号であり、R は基準信号であり、A は 1 より大きい倍率であり、 N_{ob} はフィードバック開放パルスの百分率であり、 N_{or} は基準開放パルスの百分率であり、 N_{eb} はフィードバック浸食パルスの百分率であり、 N_{er} は基準浸食パルスの百分率である。基準アーク/短絡パルスの百分率がゼロの場合、 N_{ab} は、フィードバックアーク/短絡パルスの百分率を表す。B は 1 より大きい他の倍率である。

【0047】

本明細書で使用される用語は、特定の実施形態だけを説明するためのものであり、本開示を限定するものではない。本明細書では、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」、および「その(the)」は、文脈上特に明確に示していない限り、複数形も含むことを意図している。さらに、「備える(comprises)」および/または「備える(comprising)」という用語は、本明細書で使用される場合、規定された特徴、完全体、ステップ、動作、要素、および/または構成要素の存在を明示するが、1 つまたは複数の他の特徴、完全体、ステップ、動作、要素、構成要素、および/またはそれらからなる群の存在または追加を除外するものではないことが理解されよう。

【0048】

本明細書は、最良の形態を含めて本発明を開示するために、それにまた、当業者が任意の装置またはシステムを製作し使用することおよび任意の組み込まれた方法を実行することを含めて本発明を實踐できるようにするためにも例を使用している。本発明の特許可能な範囲は特許請求の範囲によって定義され、当業者が想起する他の例を含んでいてもよい。このような他の例は、それらの例が特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有する場合、またはそれらの例が特許請求の範囲の文言との非実質的差異を有する等価構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にあることを意図している。

[実施態様 1]

放電加工(EDM)システム(2)であって、

案内構造(4)と、

前記案内構造(4)内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置(6)であって、前記複数の電極装置(6)がワークピース(8)に複数の放電を与えるように整列され、前記複数の電極装置(6)のそれぞれが、

前記ワークピース(8)に近接して配置するための電極(10)、

前記電極（１０）を前記ワークピース（８）に近接して保持するための、前記電極（１０）に結合された電極ホルダ（１２）、および
 前記電極ホルダ（１２）に結合される駆動装置（１４）であって、前記電極ホルダ（１２）および前記電極（１０）の位置を修正するようになされた駆動装置（１４）を含む、複数の電極装置（６）と、
 各前記電極ホルダ（１２）の前記駆動装置（１４）に機能的に接続される制御システム（１８）であって、
 前記複数の電極装置（６）のそれぞれのための穴形成プログラムを開始すること、
 少なくとも１つの前記電極（１０）が前記ワークピース（８）の対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断すること、および
 前記少なくとも１つの電極（１０）が前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース（８）から前記少なくとも１つの電極（１０）を切り離すこと
 を含むプロセスを実行するように構成された制御システム（１８）と
 を備えるＥＤＭシステム（２）。

10

[実施態様２]

前記制御システム（１８）が、
 前記複数の電極装置（６）内の前記電極（１０）のいずれも前記ワークピース（８）の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記複数の電極装置（６）のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続ける
 ようにさらに構成される、実施態様１に記載のＥＤＭシステム（２）。

20

[実施態様３]

前記制御システム（１８）が、
 前記ワークピース（８）から前記少なくとも１つの電極（１０）を切り離した後、前記複数の電極装置（６）内の前記電極（１０）のすべてが前記ワークピース（８）の前記対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断し、
 前記電極（１０）のすべてが前記ワークピース（８）の前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース（８）から前記電極（１０）のすべてを切り離す
 ようにさらに構成される、実施態様１に記載のＥＤＭシステム（２）。

30

[実施態様４]

前記制御システム（１８）が、
 前記複数の電極装置（６）内の前記電極（１０）のすべてが前記ワークピース（８）の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記ワークピース（８）から切り離されていない前記複数の電極装置（６）のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続ける
 ようにさらに構成される、実施態様３に記載のＥＤＭシステム（２）。

[実施態様５]

前記案内構造（４）が前記電極ホルダ（１２）に結合され、前記案内構造（４）は、前記電極ホルダ（１２）が前記案内構造に対して動くことを可能にする滑り軸受（２０）を含む、実施態様１に記載のＥＤＭシステム（２）。

40

[実施態様６]

前記複数の電極装置（６）のそれぞれの前記駆動装置（１４）が音声コイルまたは油圧駆動装置の少なくとも一方を含む、実施態様１に記載のＥＤＭシステム（２）。

[実施態様７]

前記案内構造（４）に結合される機械のラム（２２）と、
 前記案内構造（４）に結合される背板（２４）であって、前記複数の電極装置（６）のそれぞれの前記駆動装置（１４）を少なくとも部分的に支持する背板（２４）と
 をさらに備える、実施態様１に記載のＥＤＭシステム（２）。

[実施態様８]

50

前記複数の電極装置(6)のすべてが、互いに対して平行に整列されかつ前記案内構造(4)に対して均一に角度をつけられる、実施態様1に記載のEDMシステム(2)。

[実施態様9]

前記複数の電極装置(6)の第1の電極装置(6a)が前記複数の電極装置(6)の第2の電極装置(6b)に対して第1の角度(1)で整列され、前記複数の電極装置(6)の第3の電極装置(6c)が前記複数の電極装置(6)の第2の電極装置(6b)に対して第2の角度(2)で整列され、前記第2の角度(2)が前記第1の角度(1)とは異なる、実施態様1に記載のEDMシステム(2)。

[実施態様10]

前記複数の電極装置(6)のそれぞれが独立電源(26)に接続されて、前記複数の電極装置(6)の1つへの電力喪失が前記複数の電極装置(6)の残りの電極装置への電力喪失を引き起こさないようにする、実施態様1に記載のEDMシステム(2)。

10

[実施態様11]

放電加工(EDM)システム(2)をワークピース(8)に近接して配置するステップであって、前記EDMシステム(2)が、

案内構造(4)と、

前記案内構造(4)内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置(6)であって、前記複数の電極装置(6)が前記ワークピース(8)に複数の放電を与えるように整列され、前記複数の電極装置(6)のそれぞれが、

前記ワークピース(8)に近接して配置するための電極(10)、

20

前記電極(10)を前記ワークピース(8)に近接して保持するための、前記電極(10)に結合された電極ホルダ(12)、および

前記電極ホルダ(12)に結合される駆動装置(14)であって、前記電極ホルダ(12)および前記電極(10)の位置を修正するようになされた駆動装置(14)

を含む、複数の電極装置(6)と

を備える、ステップと、

前記複数の電極装置(6)のそれぞれのための穴形成プログラムを開始するステップと

、
少なくとも1つの電極(10)が前記ワークピース(8)の対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断するステップと、

30

前記少なくとも1つの電極(10)が前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離すステップと

を含む方法。

[実施態様12]

前記複数の電極装置(6)内の前記電極(10)のいずれも前記ワークピース(8)の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して前記複数の電極装置(6)のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続けるステップ

をさらに含む、実施態様11に記載の方法。

[実施態様13]

40

前記ワークピース(8)から前記少なくとも1つの電極(10)を切り離した後、前記複数の電極装置(6)内の前記電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の前記対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断するステップと、

前記電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース(8)から前記電極(10)のすべてを切り離すステップと

をさらに含む、実施態様11に記載の方法。

[実施態様14]

前記複数の電極装置(6)内の前記電極(10)のすべてが前記ワークピース(8)の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記ワークピース(8)

50

) から切り離されていない前記複数の電極装置 (6) のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続けるステップ

をさらに含む、実施態様 1 3 に記載の方法。

[実施態様 1 5]

前記ワークピースから前記電極 (1 0) のすべてを切り離した後、前記ワークピース (8) を除去し、第 2 のワークピース (8) を前記 EDM システム (2) に近接して配置するステップ

をさらに含む、実施態様 1 3 に記載の方法。

[実施態様 1 6]

前記複数の電極装置 (6) のそれぞれが独立電源 (2 6) に接続されて、前記複数の電極装置 (6) の 1 つへの電力喪失が前記複数の電極装置 (6) の残りの電極装置への電力喪失を引き起こさないようにする、実施態様 1 1 に記載の方法。

[実施態様 1 7]

放電加工 (EDM) システム (2) の運転をワークピース (8) に近接して制御する制御システム (1 8) を備えるシステムであって、前記 EDM システム (2) が、案内構造 (4) と、

前記案内構造 (4) 内に少なくとも部分的に配置される複数の電極装置 (6) であって、前記複数の電極装置 (6) が前記ワークピース (8) に複数の放電を与えるように整列され、前記複数の電極装置 (6) のそれぞれが、

前記ワークピース (8) に近接して配置するための電極 (1 0) 、

前記電極 (1 0) を前記ワークピース (8) に近接して保持するための、前記電極 (1 0) に結合された電極ホルダ (1 2) 、および

前記電極ホルダ (1 2) に結合される駆動装置 (1 4) であって、前記電極ホルダ (1 2) および前記電極 (1 0) の位置を修正するようになされた駆動装置 (1 4)

を含む、複数の電極装置 (6) と

を有し、

前記制御システム (1 8) が、

前記複数の電極装置 (6) のそれぞれのための穴形成プログラムを開始するステップと、

少なくとも 1 つの電極 (1 0) が前記ワークピース (8) の対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断するステップと、

前記少なくとも 1 つの電極 (1 0) が前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース (8) から前記少なくとも 1 つの電極 (1 0) を切り離すステップと

を含むプロセスを実行するように構成される、システム。

[実施態様 1 8]

前記制御システム (1 8) が、

前記複数の電極装置 (6) 内の前記電極 (1 0) のいずれも前記ワークピース (8) の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記複数の電極装置 (6) のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続ける

ようにさらに構成される、実施態様 1 7 に記載のシステム。

[実施態様 1 9]

前記制御システム (1 8) が、

前記ワークピース (8) から前記少なくとも 1 つの電極 (1 0) を切り離した後、前記複数の電極装置 (6) 内の前記電極 (1 0) のすべてが前記ワークピース (8) の前記対応する穴の形成を完了しているかどうかを判断し、

前記電極 (1 0) のすべてが前記ワークピース (8) の前記対応する穴の形成を完了していると判断したのに応答して前記ワークピース (8) から前記電極 (1 0) のすべてを切り離す

ようにさらに構成される、実施態様 1 7 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

[実施態様 20]

前記制御システム（18）が、

前記複数の電極装置（6）内の前記電極（10）のすべてが前記ワークピース（8）の前記対応する穴の形成を完了していないと判断したのに応答して、前記ワークピース（8）から切り離されていない前記複数の電極装置（6）のそれぞれのための前記穴形成プログラムを実行し続ける

ようにさらに構成される、実施態様 19 に記載のシステム。

【符号の説明】

【 0049 】

2	E D M システム	10
4	案内構造	
6	電極装置、第 1 の電極	
8	ワークピース	
10	電極	
11	電極間ギャップ	
12	電極ホルダ	
14	駆動装置	
16	センサ	
18	制御システム	
20	滑り軸受	20
22	機械のラム	
24	背板	
26	独立電源	
28	案内板	
30	油圧シリンダ	
32	油圧ピストン	
34	ブッシング	
36	絶縁体コネクタ	
38	コレットクランプ、電極クランプ	
40	回転管電極装置	30
42	回転駆動装置	
44	空気モータ	
46	圧縮空気入口	
48	出口	
50	水入口	
52	隣接シール	
54	ロータ	
56	軸受	
60	流体源（F S）	
62	側面領域	40
64	ノズル	
66	内部洗浄室	
90	制御流れ図	
92	ギャップ基準信号	
94	フィードフォワードプロセッサ	
96	基準送り速度	
98	放電ギャップ	
100	フィードバックプロセッサ	
102	比例積分微分（P I D）コントローラ、送り速度コントローラ	

【 図 1 】

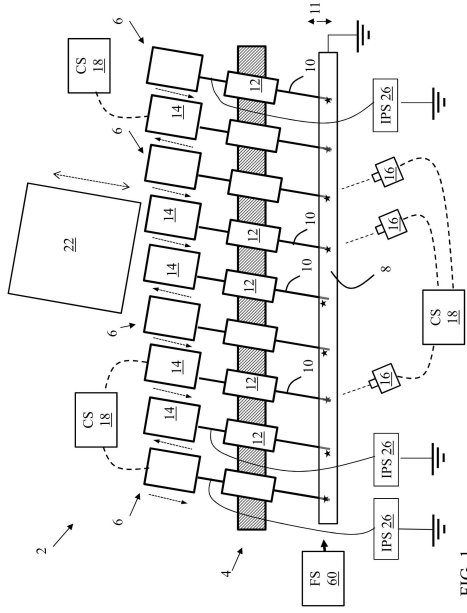


FIG. 1

【 図 2 】

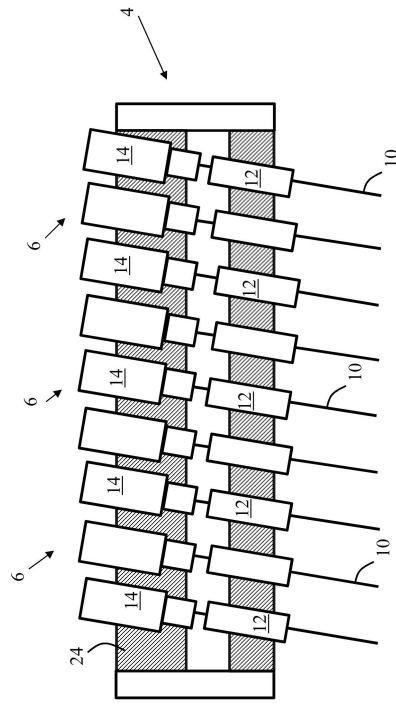


FIG. 2

【 図 3 】

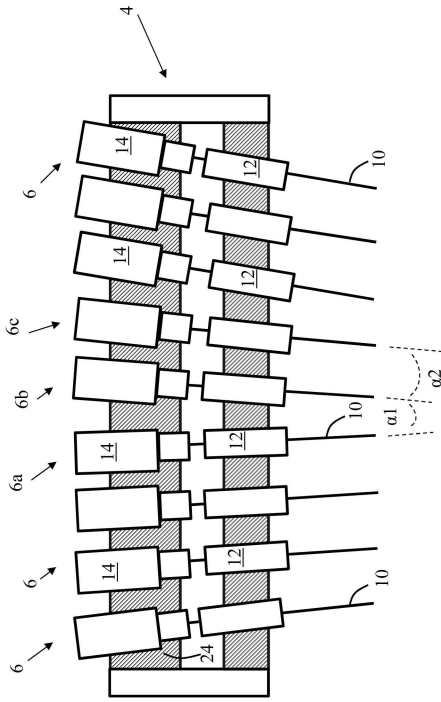


FIG. 3

【 図 4 】

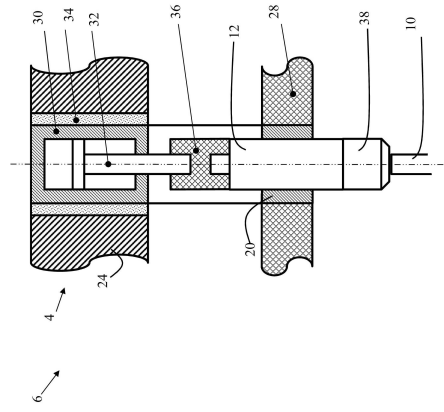


FIG. 4

【 図 5 】

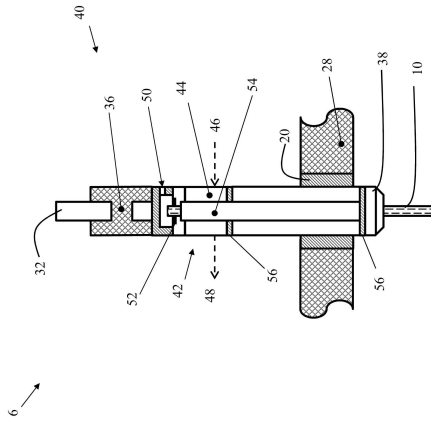


FIG. 5

【 図 6 】

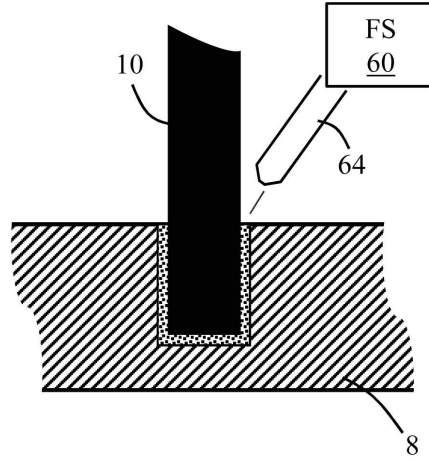


FIG. 6

【 図 7 】

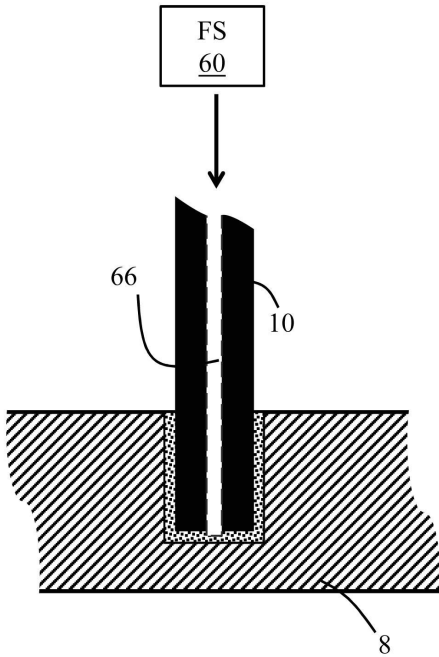


FIG. 7

【 図 8 】

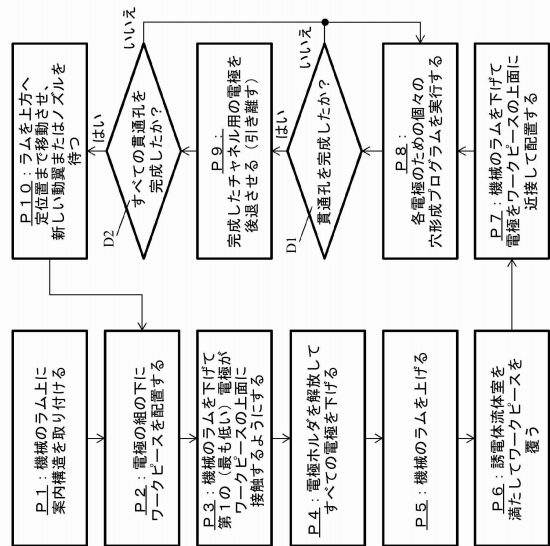
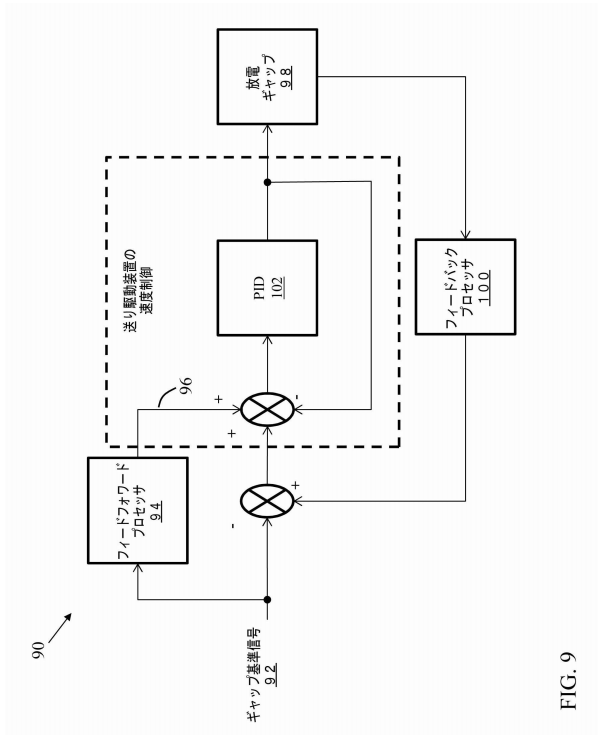


FIG. 8

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 シャムガー・イライジャ・マクダウェル
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

審査官 奥隅 隆

(56)参考文献 特開2011-104660(JP,A)
特公昭48-044612(JP,B1)
特開昭52-127694(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23H 1/00 - 11/00