

(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2007-190671
(P2007-190671A)

(43) 公開日 平成19年8月2日(2007.8.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23H 1/04 (2006.01)	B23H 1/04 Z	3C059
B23H 9/14 (2006.01)	B23H 9/14	
B23H 9/10 (2006.01)	B23H 9/10	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-5352 (P2007-5352)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC COMPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
(22) 出願日	平成19年1月15日 (2007.1.15)	(74) 代理人	100093908 弁理士 松本 研一
(31) 優先権主張番号	11/333, 428	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成18年1月17日 (2006.1.17)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複式放電加工機及びその使用方法

(57) 【要約】

【課題】 複式放電加工を達成する。

【解決手段】 放電加工機(22)は、同軸の並進用第1、第2電極(30、32)と、対応する第1、第2キャリッジ(34、36)と、工作物(12)を、複数の運動軸線のもとに前記第1、第2電極(30、32)に対して合成傾斜角で位置決めするための第3キャリッジ(38)内に装着されたテーブル(26)と、前記工作物(12)および第1、第2電極(30、32)を電気的に駆動するための電源(40)と、を含む。液体誘電体(44)は電極(30、32)と工作物(12)との間に注がれ、電極および工作物は適切に電気駆動されて、工作物(12)に複式孔(14)が機械加工される。

【選択図】 図3

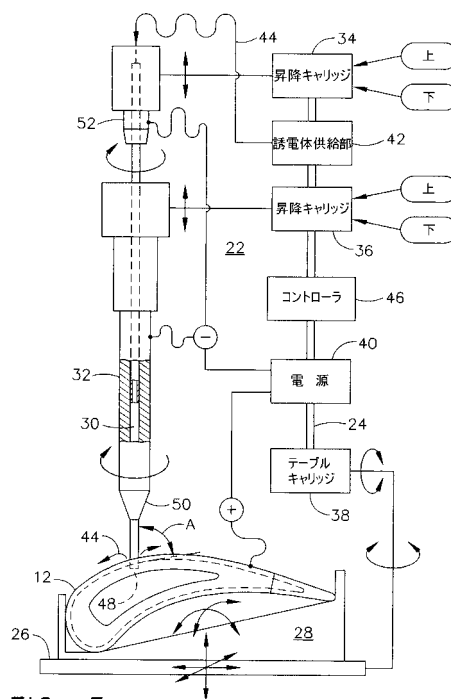


FIG. 3

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

並進用に第 1 キャリッジ (3 4) 内に装着された第 1 電極 (3 0) と、
並進用に第 2 キャリッジ (3 6) 内に装着された、前記第 1 電極 (3 0) と同心の第 2 電極 (3 2) と、

工作物 (1 2) を、複数の運動軸線のもとに前記第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) に対して合成傾斜角で位置決めするための第 3 キャリッジ (3 8) 内に装着されたテーブル (2 6) と、

前記工作物 (1 2) および第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) を電氣的に駆動するための電源 (4 0) と、

前記第 1 電極 (3 0) に接合されてそこに圧力下で液体誘電体 (4 4) を注ぐための誘電体供給部 (4 2) と、

前記第 1、第 2、第 3 キャリッジ (3 4、3 6、3 8) に接合され、前記第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) を前記工作物 (1 2) 内へと並進させてそこで同軸の複式孔 (1 4) を放電穿孔するように構成されたコントローラ (4 6) と

を含む放電加工機 (2 2) 。

10

【請求項 2】

前記第 1 電極 (3 0) が管状であり、円筒形遠位端 (4 8) を有し、

前記第 2 電極 (3 2) が管状であり、より大きな遠位端 (5 0) を有し、

前記第 1 電極 (3 0) が、前記第 2 電極 (3 2) の内側で同心に配置されており、前記第 2 電極 (3 2) よりも長く、前記より大きな遠位端 (5 0) から外側へ前記円筒形遠位端 (4 8) を懸架する、請求項 1 記載の加工機。

20

【請求項 3】

前記第 1、第 2 キャリッジ (3 4、3 6) が、前記第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) をそれぞれ独立して並進させるように構成されており、

前記第 3 キャリッジ (3 8) が、上に装着された前記工作物 (1 2) を独立して回転させるように構成されている、請求項 2 記載の加工機。

【請求項 4】

前記コントローラ (4 6) が、前記第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) を前記工作物 (1 2) 内へと連続的に並進させて、対応する段階で前記複式孔 (1 4) を穿孔するように構成されている、請求項 3 記載の加工機。

30

【請求項 5】

前記第 1 電極 (3 0) の近位端を支持するために前記第 1 キャリッジ (3 4) 上に装着され、前記複式孔 (1 4) の穿孔中に前記第 1 電極 (3 0) を高速回転するために前記コントローラ (4 6) に接合された回転式チャック (5 2) をさらに含む、請求項 4 記載の加工機。

【請求項 6】

前記コントローラ (4 6) が、まず、前記第 1 電極 (3 0) を前記工作物 (1 2) 内へと並進させてそこで円筒形孔 (1 6) を穿孔し、次に、前記第 2 電極 (3 2) を前記円筒形孔 (1 6) 内へと並進させて前記工作物 (1 2) により大きな出口 (1 8) を穿孔するように構成されている、請求項 5 記載の加工機。

40

【請求項 7】

前記第 2 電極 (3 2) が円錐形遠位端 (5 0) を有する、請求項 6 記載の加工機。

【請求項 8】

前記第 2 電極 (3 2) が、前記第 2 キャリッジ (3 6) にしっかりと装着されて前記複式孔 (1 4) の穿孔中に前記第 2 電極 (3 2) の高速回転を防止する、請求項 7 記載の加工機。

【請求項 9】

前記第 1、第 2 電極 (3 0、3 2) を前記工作物 (1 2) 内へと同軸に独立して並進させて、そこで前記複式孔 (1 4) を穿孔するステップを含む、請求項 7 記載の加工機 (2

50

2) を使用する方法。

【請求項10】

まず、前記第1電極(30)を前記工作物(12)内へと並進させてそこで円筒形孔(16)を穿孔するステップと、

次に、前記第2電極(32)を前記円筒形孔(16)内へと並進させて前記工作物(12)に同軸の末広出口(18)を穿孔するステップと

を含む、請求項7記載の加工機(22)を使用する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は放電加工(EDM)全般に関し、より詳細には、EDM穿孔に関する。

【背景技術】

【0002】

放電加工は、導電性工作物の上にカソード電極が配置され、それらの間に液体誘電体が運ばれるプロセスである。電極と工作物との間を電流が流れ、工作物は局所的に腐食して機械加工される。代表的な応用例では、電極を使用して、所望する任意の形状の孔を工作物に穿孔することができる。

【0003】

例えば、多くのガスタービンエンジン部品が、中に小孔を含み、作動中、この小孔を通して冷却空気が注がれる。孔は直径が小さく、通常は10~80ミル(0.2~2.0mm)に及び、これより僅かに小さな直径のEDM電極を必要とする。

【0004】

機械加工中、細い電極は消耗し、それ故に、最初は長さが比較的長く、その長さは穿孔中の耐用年数を得るために、代表的には約12~16インチ(30~41cm)に及ぶ。

【0005】

さらに、電極は代表的には管状であり、作動中にそこを通して液体誘電体を注ぐ。したがって、中空の細長い電極は、それらの長手方向軸に沿った屈曲において比較的柔軟である。このような柔軟性は、EDM穿孔の精度と再現性とに悪影響を与えることから、通常望ましくない。

【0006】

より詳細には、電極チップは、放電加工により望ましくない短絡を受けることなく適切な放電加工を達成するために、工作物とは約1ミル(0.025mm)という小さい隙間で正確に維持されねばならない。

【0007】

したがって、工作物に穿孔する際、電極チップは通常、電極の周りで側部空隙を正確に維持する下側ガイドを通して装着される。そして、電極の反対端部または上端部は従来の電極ホルダ内で保持されるが、このことは、作動中に工作物に向かって電極を下方に並進させるのに、また、それらの間で小さい隙間を垂直に維持するのに効果的である。

【0008】

このように、下側チップガイドおよび上側電極ホルダは、電極の両端を正確に支持して、EDM作動中、電極チップの周りで横方向にも、チップと工作物との間で垂直にも、所望の間隔を維持する。

【0009】

ところが、電極は、穿孔作業の初めには、対応する最大柔軟性と共に最大長さを有するが、穿孔中に消耗し、これにより、電極の長さおよび柔軟性が相応じて減少する。

【0010】

電極内に注がれる誘電体を実質的に高圧であるため、電極に柔軟性があるのは問題となる。従来の、圧力が約50気圧までの誘電体は、孔が明けられる際、電極チップから工作物に向けて誘電体放出の噴流を生成する。

【0011】

10

20

30

40

50

電極は相応じて、その内部で圧縮状態で振る舞う反作用を受ける。電極は細長い棒または柱であることから圧縮座屈負荷を被りやすく、このことは電極の横偏向を引き起こすことがあり、この横偏向は相応じて電極の有効長さを縮め、工作物から電極チップを僅かに後退させるのでEDM性能に影響を及ぼす。

【0012】

それにもかかわらず、管状の電極は、タービン部品に円筒形の孔を形成するには効率的であるが、孔の形態を複雑にしなければ改良されたタービン冷却は得られない。例えば、タービンノズル翼および動翼は通常、薄い壁付き羽根を有し、この羽根は、中で延びる多数のフィルム冷却孔を含む。

【0013】

羽根は精巧な内部冷却回路を有し、高温の燃焼流路内で作動中にその内部を冷却する。使用済みの内部冷却空気はフィルム冷却孔から放出され、羽根の外面に空気の薄層を形成し、高温の燃焼ガスに対する断熱性を提供する。フィルム冷却空気が圧力下に放出されることから、空気の小噴流が発達し、連続的な外気フィルムの形成に悪影響を及ぼす。

【0014】

フィルム冷却設計における有意義な改良は、通常円筒形入口と末広出口とを有する拡散孔を含み、この拡散孔は、冷却空気の噴流を拡散させ、相応じてその放出速度を低減する。拡散フィルム冷却孔は、外部絶縁空気膜の性能を改良する。

【0015】

ところが、拡散孔は複雑な形態を有するので、円筒形フィルム冷却孔用に一般に使用される単純な管状のEDM電極によって形成することができない。代わりに、複雑な拡散孔を機械加工するには特別に構成されたEDM電極を必要とするが、電極のEDM損耗がますます問題になる。複雑な電極が損耗する際、これは都合良く修理することはできず、全体を交換しなければならない。

【0016】

拡散電極の代表的な形状は、1列になった同一のフィンガを有する櫛形部であり、この櫛形部は、各拡散孔の小さい入口と末広出口を同時に形成するように構成されている。

【0017】

EDM櫛形電極は、打抜きプロセスで経済的に製造することができるが、それにもかかわらず、櫛形部は作動中に損耗し、全体を交換しなければならない。その上に、櫛形部はフィンガが平行であることを必要とし、これにより、その結果生じるフィルム冷却孔の同一配向が必要となる。

【0018】

一方で、最新のガスタービンエンジン設計は、羽根の外面の周りでその前縁と後縁との間に異なる形態を有する多数のフィルム冷却孔を含むことができ、羽根の半径方向または長手方向スパンに沿って、かつ、軸方向で翼弦に沿って、孔の形態を変化させることは望ましいことがある。

【0019】

従来EDM電極およびその装置には、異なる配向および異なる拡散形態を有する多数のフィルム冷却孔を経済的に穿孔し、または機械加工するための汎用性が不足している。

【特許文献1】米国特許第4,197,443号公報

【特許文献2】米国特許第4,705,932号公報

【特許文献3】米国特許第4,762,464号公報

【特許文献4】米国特許第4,804,814号公報

【特許文献5】米国特許第5,019,683号公報

【特許文献6】米国特許第5,893,984号公報

【特許文献7】米国特許第6,127,642号公報

【特許文献8】米国特許第6,354,797号公報

【非特許文献1】CurrentEDM.com, "EDM Drill Models," www, 12/2/2005, 4 pages

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0020】**

したがって、工作物、例えばタービン羽根に複雑な拡散フィルム冷却孔を穿孔するための改良されたEDM装置およびプロセスを提供することが所望される。

【課題を解決するための手段】**【0021】**

放電加工機は、同軸の第1、第2電極と、対応するキャリッジとを含む。電極と工作物との間に液体誘電体が注がれ、これらは適切に電気で駆動され、工作物に複式孔が機械加工される。

【0022】

本発明を、好適で例示的な実施形態により、そのさらなる目的および利点と共に、添付の図面とあわせて考慮される以下の詳細な説明において、より具体的に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】**【0023】**

図1に、環状ガスタービンエンジンの高圧タービンノズル10の複式切片を製作する例示的方法を概略示す。ノズルは、代表的な羽根の形態を有する1対のノズル翼12を含み、この形態は、対向する前縁と後縁との間の翼弦内を軸方向に延びる、概ね凹形の圧力側と、反対側の概ね凸形の負圧側とを含む。

【0024】

翼12は、対応する外側帯材切片と内側帯材切片との間で半径方向スパン内を延び、これらの部品は最初に従来のやり方で鋳造され、その後、共に組み立てられてろう付けされ、4つの部分からなる単一の組立体を形成する。

【0025】

各翼12は最初に、中実の側壁を備えて中空に鋳造され、通常は、この側壁に多数のフィルム冷却孔14が、各羽根の長手方向または半径方向スパンに沿った対応する列に、そして通常はその圧力側と負圧側の両方に沿って穿孔される。

【0026】

図2は、これらのフィルム冷却孔14の幾つかの例示的な形態を示す。フィルム冷却孔は真っすぐな円筒形孔とすることができ、これらの孔は、翼弦方向にもスパン方向にも、様々な傾斜角Aで羽根の側壁内を通過して傾斜している。フィルム冷却孔の幾つかは、翼の内側に配置された円筒形入口16と、翼の外側で剥き出しの、同軸でより大きな末広出口18とを有する拡散孔として構成されている。

【0027】

作動中、ガスタービンエンジン内では、加圧された冷却空気20が各翼12内部の内部冷却回路を適切に運ばれ、フィルム冷却孔14の様々な列から放出されて、作動中に翼全体に流れる高温の燃焼ガスからの熱防護用に、その外面に空気のフィルム冷却層をもたらす。

【0028】

図2に示す拡散フィルム冷却孔は通常真っすぐであり、長手方向軸線または中心軸線で翼の薄い側壁に対して適切な傾斜角Aで傾斜している。傾斜角Aは、通常約15度であり、翼の軸方向翼弦と翼の半径方向スパンとに沿った合成成分を有することができる。

【0029】

入口16は、通常円筒形であり、その有限長に沿った一定の円形流量範囲を有し、この有限長は壁厚の約半分とすることができる。出口18は、小さめの入口14からの流量範囲内で末広になっており、通常広がり角（または半角）Bで対称である。この広がり角は通常最大約8度であり、放出された冷却空気の拡散を、その望ましくない流れの分離なしにする。

【0030】

上述のように、図1および図2に示す、例示的翼工作物12内の様々なフィルム冷却孔は、様々な源から商業的に利用可能な、それ用の従来の加工機を用いて放電加工(EDM

10

20

30

40

50

)により従来どおり製造することができる。円筒形フィルム冷却孔は、管状のEDM電極を用いて容易に製造される。

【0031】

一方で、拡散フィルム冷却孔14は実質的に、より複雑であり、通常、上述したように、櫛形部により形成される孔の間の同一性を維持し、また、櫛形部に対応する孔の列の同じ角度配向を維持するEDM櫛形電極を用いて製造される。

【0032】

それ故に、拡散孔14を様々な傾斜角Aで、所望する場合には孔ごとに異なる配向で経済的に穿孔するために、より汎用性のあるEDM装置およびプロセスを提供することが望ましい。

【0033】

図3には、鑄造に続けて、図2に示す複雑な拡散孔14を、最初は中実の壁の工作物翼12内に穿孔するように特別に構成された放電加工機22を概略示す。

【0034】

加工機22は基礎フレーム24を含み、この基礎フレームの上にその部品をすべて都合良く支持することができる。例えばフレーム24は、上に固定具28を装着するように適切に構成されたテーブル26を含み、この固定具は、目的とする工作物12(例えば例示的タービンノズル翼)を不動に装着するように特別に構成されている。

【0035】

加工機は複式電極30、32を一意的に含み、これらの複式電極は、図2に示す対応する拡散孔または複式孔14の放電加工用に、相互に同軸または同心で入れ子式になっている。第1EDM電極30は中空または管状であり、適切な第1昇降キャリッジ34内に装着されている。この第1昇降キャリッジは、支持フレーム24およびテーブル26に対して第1電極を垂直に並進させるための手段を提供する。

【0036】

第2EDM電極32も中空または管状であり、対応する第2昇降キャリッジ36内に装着されている。この第2昇降キャリッジは、共通のフレーム24(第2EDM電極はこのフレームに支持されている)に対して第2電極を垂直に並進させるための手段を提供する。2つの電極は相互に同軸または同心であり、それ故に、支持テーブル26上にしっかりと装着された工作物12に対する、その共通の軸心およびその正確な位置決めを共有する。

【0037】

テーブル26自体は、第3またはテーブルキャリッジ38内に適切に装着されており、第3またはテーブルキャリッジは、所望する場合、好ましくは複数の運動軸を含み、テーブルを並進または回転させて、あるいは並進および回転させて、空間内の所望する任意の三次元配向で工作物12を複式電極30、32に対して正確に位置決めするか、または間欠的に割出しするための手段を提供する。これらの複式電極自体は、好ましくは単純な垂直並進用のみ装着されている。

【0038】

このように、電極は、テーブル26上に支持された工作物12に対して、工作物の外面と、同心の電極30、32の共通の長手方向軸線または中心軸線との間の合成傾斜角Aで位置決めすることができる。

【0039】

3つのキャリッジ34、36、38は、通常商業的に利用可能なEDM加工機に見られる従来の任意の形態を有することができる。これらの加工機は、本明細書における教示に従って修正し、装着された工作物に対する新規の複式電極の所望の運動を提供することができる。

【0040】

EDM加工機22は適切なDC電源40も含み、このDC電源は、陽極(+)として、工作物12に適切に接合された導線と、陰極(-)として、2つの電極30、32とを有

し、従来の実務に従って、これらの部品を電気で駆動してEDMをもたらすための手段を提供する。

【0041】

これに関して、加工機は、適切な導管およびポンプを介して少なくとも第1電極30に作用可能に接合された従来の誘電体供給部42も含み、十分な圧力下、例えば最大約50気圧下で、その中心穴を通して液体誘電体44を注ぐための手段を提供する。

【0042】

加工機内では、適切な電気コントローラ46、例えば代表的なコンピュータ数値コントローラ(CNC)が適切に装着されて、その動作全体を制御するための手段を提供する。例えば、コントローラ46は、3つのキャリッジ34、36、38に電氣的に接合されており、適切なソフトウェアにおいて、2つの電極30、32を工作物12内へと並進させて、所望する任意の適切な合成傾斜角Aで中に複式孔をEDM穿孔するという技術的效果を与えるように構成されている。

10

【0043】

基本的なEDMプロセス自体はよく知られている従来のものであり、電極と工作物との間に電力が提供され、液体誘電体は圧力下でそれらの間に注がれる。電力により、工作物から材料の電食が生じ、これにより所望の孔が中に生成される。電極と工作物との間に比較的小さい間隔が維持され、その中を誘電体の流れ、電気エネルギーが担持されてEDMプロセスを実施する。EDM穿孔中、十分な熱が発生するが、液体誘電体の連続的なフラッシング作用により除去される。

20

【0044】

一方で、図3に概略示するEDM加工機22は、単一電極または楕形電極の使用のみならず、工作物12に対して共通の中心軸線および並進軸線に沿って同心に装着され、工作物12に対して所望の合成傾斜角Aを有する、複式電極30、32のその使用に関しても一意的である。

【0045】

図3に示す第1電極30は従来の細長い管状の形態を有し、この形態は通常、タービン羽根に小さい円筒形フィルム冷却孔を穿孔するのに使用される。相応じて、第2電極32も管状であり、第1電極を同心に包囲する。このように、第1電極が、第2電極32の内側で、それらの間に比較的小さい側部空隙を備えて、横方向に同心に配置され案内される。

30

【0046】

図4に示すように、第1電極30は単調またはのっぺりの円筒形の第1遠位端48を有するのに対して、第2電極32は異なる第2遠位端50を有し、この第2遠位端は第1端部48よりも直径が大きく、好ましくは先細となる。

【0047】

はじめに図4で示したように、第1電極30の形態は、図2に示す所望の円筒形入口16に対応する円筒形孔をEDM穿孔するように選択される。相応じて、図5に示すような第2電極32は、図2に示す所望の未広出口18に対応するより大きな未広孔をEDM穿孔するように構成されており、結果として生じる複式孔14は、複式電極30、32が同軸かつ同心の入れ子であることに起因して同軸となる。

40

【0048】

第1電極30は、従来の任意のEDM電極材料、例えば真鍮または銅から形成することができる。第2EDM電極32も、適切な任意のEDM材料、例えば真鍮、または銅、あるいはその耐久性を増大する銅タングステンから形成することができる。

【0049】

第1電極30は第2電極32よりも実質長く、EDMプロセス中に消耗し、また、図3に示すように長さが短い方の第2電極32により支持されその内を延びる。

【0050】

第2電極32の遠位端50は適切な任意の形態を有して、図2および図5に示す工作物

50

12内で相補的な長いまたは末広出口18を形成することができる。例えば、第2電極の遠位端50は単に、図2に示す所望の末広出口18の末広角度Bの錐体に一致する、傾斜半角Bで先細となりまたは傾く軸対称の錐体とすることができる。

【0051】

図5に示すように、円錐形遠位端50は電極の後部に沿って直径が減少し、直径の小さい内部穴で終端する。図3および図4に示すように、この内部穴から円筒形の第1電極30が並進してEDM穿孔する。

【0052】

図3に概略示するEDM加工機22は、同軸の第2電極32およびその並進キャリッジ36の導入を除き、他の点では従来どおりとすることができる。具体的には、第1キャリッジ34および第2キャリッジ36は、好ましくは第1電極30および第2電極32をそれぞれCNCコントローラ46の自動制御下に独立して同軸並進させるように構成されている。

10

【0053】

例えば、コントローラ46は、適切なソフトウェアにおいて、第1電極30および第2電極32を共通の工作物12内へと自動的かつ連続的に並進させ、対応する段階またはステップで所望の複式孔14をEDM加工または穿孔するように構成することができる。

【0054】

中に円筒形の第1電極30のみが装着された従来EDM加工機は、例示的羽根工作物12内への従来多数の円筒形フィルム冷却孔の穿孔プロセスを自動化するソフトウェアにおいて適切に構成されている。加工機は適切に設定され、支持テーブル26上で工作物12を第1電極30に対して正確に位置決めする。このことは、三次元空間における正確な参照基準を提供して、所望の合成傾斜角Aで羽根工作物の側壁を通して円筒形孔を正確に位置決めし、精密に穿孔する。

20

【0055】

その他の点では従来どおりのEDM加工機22を、第2電極32およびその運動キャリッジ36を含むように修正することにより、図5に示すより大きな出口孔18は、ガイドおよび基準線としての第1電極30の中心軸線によりそれと同軸心で、円筒形入口孔16と同軸に正確に機械加工することができる。

【0056】

図3～図5に概略示する好適な実施形態において、コントローラ46は、適切なソフトウェアにおいて、第一に、第1電極30を工作物12内へと並進させ、第一に、円筒形入口孔16を穿孔する技術的効果を有するように構成されている。その後続いて、コントローラは、第2電極32を、第二に、第1電極30の周りに同軸に、予め穿孔された円筒形孔16内へと並進させ、第二に、工作物12に同軸の末広出口孔18を穿孔して、その中を延びる所望の複式または末広孔14を形成するのにも効果的である。

30

【0057】

図3に示す2つの電極30、32は、独立した昇降キャリッジ34、36内で同軸に装着されていることから、2つの電極を所望する任意の順序で作動させて工作物内に所望の孔を集合的に形成することができる。

40

【0058】

図3および図4に示すように、第2電極32は細長で、第1電極よりも直径が長く、中心穴を含み、この中心穴は、第1キャリッジ34に懸架される第1電極の長さの大部分を横で支持する。次に、第1キャリッジ34が作動されて、第1遠位端48を下方に(下に)工作物内へと駆動し、そこで円筒形孔をまず穿孔する際、第2電極32は、細く長い第1電極30の側部を正確に支持する横方向ガイドとして機能する。相応じて、第1電極30が入口16を穿孔しているとき、第2キャリッジ36が作動されて第2電極32を上る位置で維持し、その遠位端50と工作物との間の任意のEDM相互作用を防止する。

【0059】

図4に示すように工作物12に円筒形孔16を穿孔するのが完了すると、次に、コント

50

ローラは、図5に示すように第1電極30および第2電極32の垂直位置を反転させる。機械加工の第2番目に、第1電極30は、第1キャリッジ34によって上の位置で維持されて、その遠位端48と工作物との間のEDM相互作用が防止される。

【0060】

対照的に、第2電極32が第2キャリッジ36によって下方に（下に）並進し、予め穿孔された円筒形孔16と同軸に末広孔18が穿孔される。第2電極32が第1電極30を越えて並進することにより、工作物に対して所望の合成傾斜角Aで、末広孔18と、共通の中心軸線を共有する円筒形孔16との正確な一線配置が確保される。

【0061】

代替の実施形態において、第2電極32をまず下げてその末広孔18を穿孔し、次に第1電極30を下げることによりその円筒形孔16を穿孔することができる。あるいは、2つの電極30、32を共に同時に下げて、共通するEDM穿孔作業で複式孔14を形成することさえできる。

10

【0062】

入れ子式電極30、32の共通の工作物12内への同軸並進は、複式EDM穿孔プロセスと共通である。液体誘電体44は、都合の良いことに、従来やり方で内部電極30内に圧力下で注がれ、作動中、電極と工作物の両方の間に作業間隔を供給する。図4では、誘電体44は第1電極30の遠位端48から十分な圧力下に放出され、第1電極30の外面を通して電極と円筒形孔16との間で維持される小さい空隙または間隔が形成されるとそこに漏出する。

20

【0063】

図5において、誘電体44は、上昇した第1電極30の遠位端48からやはり放出されて外側電極32の中心穴に供給され、誘電体はその円錐形遠位端50内の開口穴から十分な圧力下に放出されて、EDM穿孔プロセス中、第2電極の外面を通して工作物とで維持される小さい空隙または間隔にさらに再び漏出する。

【0064】

図3に示す好適な実施形態において、EDM加工機22は、第1キャリッジ34に装着されたモータ駆動の回転式チャック52も含み、長い第1電極30の近位端が支持される。チャックは、コントローラ46に作用可能に接合されて、複式孔の円筒形部分の穿孔中に第1電極30を適切な回転速度で高速回転するための手段を提供する。

30

【0065】

第1電極のこの高速回転形態は、穿孔中に第1電極の遠位端の周辺の周りに損耗を分配する点についても、作動中に発生する熱負荷を分配する点についても従来どおりである。第1電極は円筒形孔を次々と穿孔するので、その遠位端から長さが消耗して交換が必要となる。

【0066】

相応じて、第2電極32を第2キャリッジ36内に同様に回転式に装着して、所望する場合、末広孔18のEDM穿孔中に第2電極32を高速回転することができる。円錐形遠位端50の形態に関して、第1電極30を高速回転するのと同様な利益のために第2電極を高速回転することができるが、所要の高速回転ハードウェアの複雑性が加わる。

40

【0067】

一方で、図5に示す好適な実施形態では、第2電極32は第2キャリッジ36にしっかりと装着されて、複式孔のEDM穿孔中の第2電極32の高速回転を防止する。

【0068】

第2電極32が高速回転しなければEDM加工機の複雑性は減少するので、特に第2電極32の切断遠位端50の先細形状を相違させて、工作物内での末広孔18の正確な位置決めにおける利点を供することもできる。

【0069】

上述のように、円筒形の第1電極30は、形態が従来どおりであり、EDM穿孔中にその切断遠位端48が消耗する。一方で、EDM穿孔中に第1電極30を高速回転すること

50

により、電極の利用可能な切断長さが消耗するまで、電極の正確な切断端部が維持される。

【0070】

対照的に、図3に示す第2電極32は、特別に構成された、限定長の先細遠位端50を有し、この先細遠位端もEDM穿孔中に消耗するが、単調な円筒形である第1電極の自己更新特性を有さない。第2電極の先細遠位端50は、好ましくは、共通する直径のシャンクの遠位端に配置されており、このシャンクは、第2キャリッジ36に適切に装着されたより大きな直径の支持ハブに一体に接合されている。

【0071】

第2電極32は、その中心穴内で同心に装着された細長い第1電極30よりも直径が大きく、その穿孔作業中に第1電極30を高速回転するための正確な不動の支持ガイドを提供してその横曲げを抑制する。 10

【0072】

図6は、電動式仕上げホイールまたは研削機54を概略示しており、このホイールまたは研削機は、加工機の共通の支持テーブル26に都合良く装着して、第2電極32がまだ第1電極30の周りで加工機内に支持されている間、その先細遠位端50を周期的に仕上げることができる。研削機はホイールを含み、このホイールは、第2遠位端50の所望の半角Bに適合する研削錐体の中に有する。

【0073】

遠位端50がEDM穿孔プロセス中に損耗する際、電動式研削機54を、第2電極32 20
の下の位置へと周期的に適切に並進させ、その所望の先細形態に戻るよう遠位端50を研削または仕上げるように作動させることができる。

【0074】

研削機54は、好ましくはそれ自体、EDM加工機が第2電極32の高速回転能力なしに構成されて電動化されている。一方で、加工機自体が第2電極32の高速回転能力を有する場合、研削機54は電動化されている必要はなく、固定式円錐形研削ホイールの中に含むことができ、このホイールに対して第2遠位端50が回転されて仕上げられる。

【0075】

図3に示す複式EDM加工機22の具体的な利点とは、図2および図5に示すように、円筒形入口16と末広出口18とを備えた複雑な複式孔14を集合的にEDM穿孔する2 30
つの電極30、32の複式配置である。加工機は自動化して共通の羽根工作物12に多数の複式孔を連続的に穿孔することができ、複式孔14は横方向で離間させ、工作物12を通る異なる傾斜角Aを有することができる。

【0076】

図1および図2は多数のフィルム冷却孔を示しており、これらのフィルム冷却孔は例示的羽根工作物12内に形成することができ、これらの孔の多くは、EDM穿孔プロセスにより形成された複式形態14を有することができる。

【0077】

上述のように、末広フィルム冷却孔の列を形成する代表的なやり方は従来のEDM櫛形部を用いており、このEDM櫛形部は必然的に、共に穿孔される拡散孔の列に同一の傾斜 40
角を必要とする。

【0078】

対照的に、図1および図2に示す羽根工作物12は、羽根のスパンに沿った共通の列でも、羽根の翼弦に沿った複式孔14の列でも、異なる傾斜角Aで複式孔14を含む。共通の工作物におけるこの変化する複式孔傾斜は、従来のEDMプロセスでは可能でも実用的でもない。

【0079】

それ故に、上記で開示した複式EDM加工機は、タービン翼・ブレード部品に大多数の孔を穿孔する際に拡張された柔軟性を提供し、例えば、それらの孔の冷却効果、ならびに、羽根部品の、結果として生じる能率および寿命をさらに改良する。 50

【0080】

上記で開示したEDM加工機の汎用性は、異なる形状の複式電極を用いて実用的なものとしてさらに拡張することができる。例えば、上記で開示した円筒形の第2電極32の代わりに、図7に一部示すような矩形の第2電極56を使用することができる。矩形の電極56は対応する矩形または錐体の遠位端58を有し、この遠位端はその中心穴へ先細となり、円筒形の第1電極30はこの中心穴を通して装着される。錐体の遠位端58は、適切な任意の先細角度を有し、相応じて、工作物内に相補的な末広出口孔を、第1電極30により形成された円筒形入口と同軸に形成することができる。

【0081】

タービン羽根冷却の先行技術には、相応じて複雑性の変化する様々な形状の拡散フィルム冷却孔が十分に備わっている。図2および図5に示す円錐形出口孔18は、形態が比較的単純であり、円筒形入口孔16と軸対称である。 10

【0082】

一方で、第2電極56は、所望する場合、さまざまな設計の比較的複雑な先細遠位端58を有して、タービン羽根において使用される拡散フィルム冷却孔の拡散性能を最大にすることができる。

【0083】

別法では、第2電極は、直径が大きめであることを除けば、第1電極の単調な円筒形遠位端48のような、より単純な形態、例えば別の円筒形遠位端を有することさえできる。結果として生じる円筒形出口孔、またはカウンターボアは、ダンプディフューザを形成することになる（図示せず）。 20

【0084】

さらなる実施形態において、第1電極30は、単調な円筒形以外の様々な複雑な形態を有することができる。

【0085】

様々な形状の第2電極は中心穴の共通の特性を共有し、第1電極30は、この中心穴を通して装着されて、第2電極と相対的に並進し、異なる第1、第2電極を集合的に使用して、異なる幾何学形状を有する工作物内に、その幾何学形状を通る共通の長手方向軸線または中心軸線を共有しつつ、複式孔を効率的に穿孔することができる。

【0086】

上記で開示した複式EDM加工機は、EDM穿孔を導くようには構成されていない通常の電極支持ガイドの代わりに、第2電極32およびそのキャリッジ36の単純な導入により、従来より利用可能なEDM加工機から都合良く修正することができる。それ故に、加工機は、比較的単純なものにして、装着された工作物と同軸の電極との間に適切な自由度または運動度数を与えることができる。 30

【0087】

加工機において所望の自由度または運動度が大きくなると、通常、その複雑性および費用が増す。複雑性の増加は、適当な種類の工作物にとって実用的となることがある。

【0088】

さらに、代表的な最新のEDM加工機のように、上記で開示した複式EDM加工機は、操作者をほとんどまたはまったく介入させずに1つの工作物に多数の孔を穿孔するようにプログラムすることができる。2つの電極は作用が整合されて、穿孔される孔の各々について工作物と同一の合成傾斜角を維持しつつ、電極の共通する中心軸線に対して複式孔が穿孔される。 40

【0089】

好適であると見なされるもの、および本発明の例示的实施形態を本明細書において記載したが、本明細書における教示から、本発明のその他の修正が当業者には明らかとなるはずである。それ故に、すべてのこのような修正を、本発明の真なる精神および範囲に含まれるものとして添付の特許請求の範囲において保護することが望ましい。

【0090】

したがって、特許により保護されるよう望まれるものは、特許請求の範囲において規定され区別されるような本発明である。

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】多数のフィルム冷却孔を中に備えた羽根を有する、例示的ガスタービンエンジンのタービンノズルの製品の略図である。

【図2】図1に示す羽根の1つの一部を通る拡大断面図であり、中を穿孔されたフィルム冷却孔の例示的形狀を示す。

【図3】図2に示す複式孔を穿孔するための同軸の電極を有する放電加工機の略図である。

【図4】羽根工作物へ最初の円筒形孔を穿孔中の、図3に示す2つの電極の遠位端部分の略図である。

【図5】予め穿孔された円筒形入口と同軸な末広出口を穿孔中の2つの電極の遠位端の略図である。

【図6】前出の図に示す円錐形電極を仕上げるための回転式研削機の略図である。

【図7】別の実施形態による2つの電極の遠位端の等角図である。

【符号の説明】

【0092】

10 タービンノズル

12 ノズル翼

14 フィルム冷却孔

16 円筒形入口

18 より大きな出口

20 冷却空気

22 放電加工機

24 フレーム

26 テーブル

28 固定具

30 第1電極

32 第2電極

34 第1昇降キャリッジ

36 第2昇降キャリッジ

38 第3テーブルキャリッジ

40 DC電源

42 誘電体供給部

44 液体誘電体

46 電気コントローラ

48 第1遠位端

50 第2遠位端

52 回転式チャック

54 研削機

56 第2電極

58 遠位端

10

20

30

40

【 図 1 】

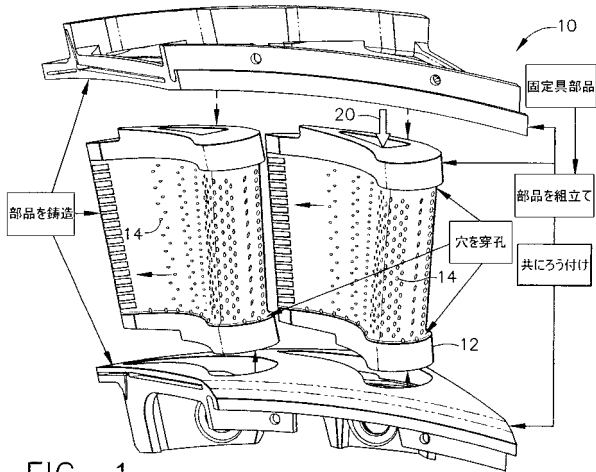


FIG. 1

【 図 2 】

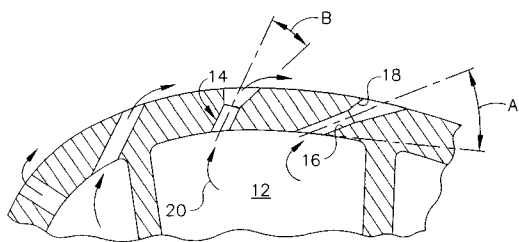


FIG. 2

【 図 3 】

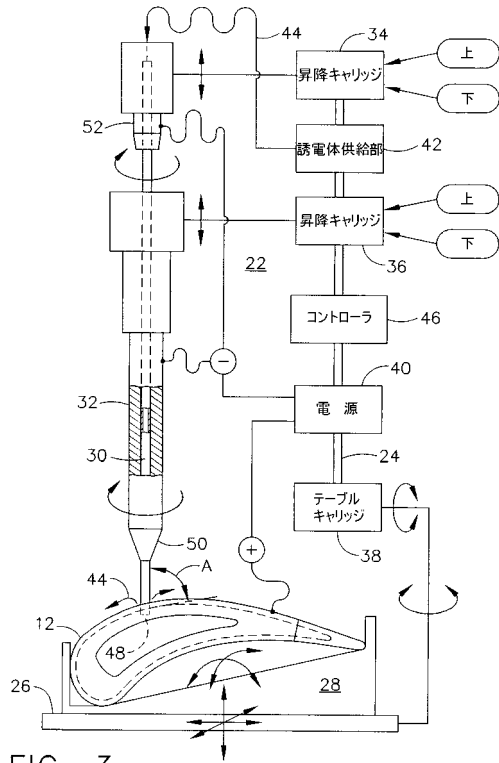


FIG. 3

【 図 4 】

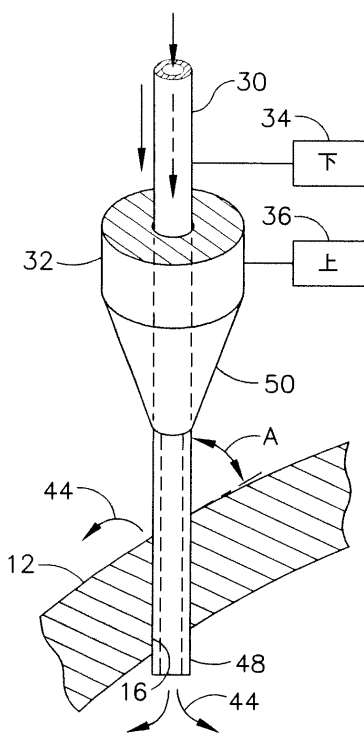


FIG. 4

【 図 5 】

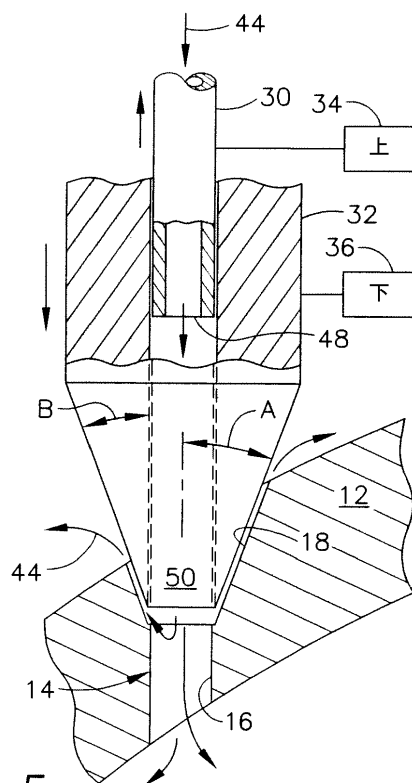


FIG. 5

【 図 6 】

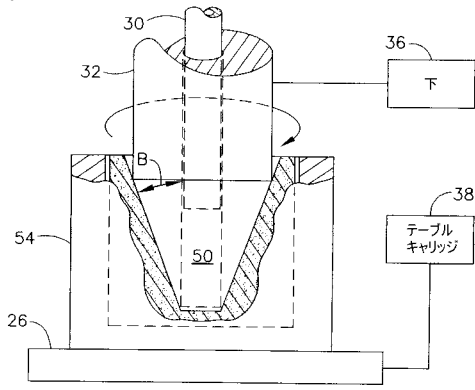


FIG. 6

【 図 7 】

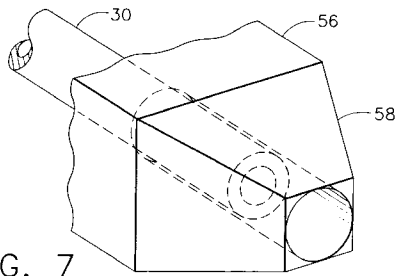


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 グレン・エドワード・ボール
アメリカ合衆国、ケンタッキー州、マディソンヴィル、カレッジ・ハイツ・ドライブ、4070番
- (72)発明者 マーク・ジョセフ・グリーンソン
アメリカ合衆国、ケンタッキー州、マディソンヴィル、ローズモント・ドライブ、5180番
- (72)発明者 バリー・ジョー・ウェブ
アメリカ合衆国、ケンタッキー州、マニトウ、ジョン・トーマス・ロード、1076番
- Fターム(参考) 3C059 AA01 AB07 DA03 DA07 DA10 HA13 HA14

【外国語明細書】

2007190671000001.pdf