

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5048186号  
(P5048186)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F 1
G 05 B 19/18 (2006.01)	G 05 B 19/18 C
B 23 Q 17/22 (2006.01)	B 23 Q 17/22 A
G 05 B 19/404 (2006.01)	G 05 B 19/404 K

請求項の数 8 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-56069 (P2001-56069)
(22) 出願日	平成13年3月1日 (2001.3.1)
(65) 公開番号	特開2002-6911 (P2002-6911A)
(43) 公開日	平成14年1月11日 (2002.1.11)
審査請求日	平成20年2月28日 (2008.2.28)
(31) 優先権主張番号	09/517020
(32) 優先日	平成12年3月2日 (2000.3.2)
(33) 優先権主張国	米国(US)

## 前置審査

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 智志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(72) 発明者	ジェームズ・エドワード・ランドルフ、ジ ュニア アメリカ合衆国、オハイオ州、メーソン、 バーチウッド・ファームズ・ドライブ、5 098番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多軸数値制御工作機械による再機械加工方法及び補修方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

多軸数値制御工作機械(10)において前加工された工作物(12b)を再機械加工する方法において、

周方向(B)を含む4以上の多数の軸の座標により規定される前記工作物の公称の形状を前記制御工作機械(10)に記憶する段階であって、前記工作物が前記公称の形状の許容公差内で形成される一方で、前記工作物の少なくとも一部の特定の形状が前記公称の形状と全く同じではない、前記記憶する段階と、

前記制御工作機械において前記特定の形状を複数の検知点で検知し、前記特定の形状に対応した前記公称の形状からの前記工作物のオフセット(T、L)を決定する段階と、

前記公称の形状と一致するように前記オフセットだけ前記工作物を移動する段階と、

前記オフセットを保ったまま、前記公称の形状にしたがって前記移動された工作物を機械加工する段階と、

を含み、

前記工作物(12b)は、前記周方向(B)に沿って対向する側部(34、36)を備え、前記側部の両方上の複数の点(P1-P12)において前記特定の形状が検知され、

前記公称の形状からの傾斜オフセットに対応する前記周方向のオフセットと、前記公称の形状からの横方向のオフセットとを含む前記オフセットが、検知された前記複数の点(P1-P12)の座標の平均に基づいて決定される、方法。

## 【請求項 2】

10

20

前記横方向のオフセットを決定するために前記各側部上の一対の離間して配置された複数の検知点 (P 1、P 6、P 7、P 12) において前記特定の形状が検知される請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記工作物 (12b) は、ガスタービンエンジン圧縮機用の一体化されたディスク組立体の複数のブレードである請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記前加工された工作物 (12b) の曲げ損傷 (32) を切り離し、当初の損傷を受けないブレード素材で終端する前縁に沿ったカットアウト (46) を残す段階と、

前記カットアウトをスパッド挿入物で充填し、前記公称の形状よりも大きい溶接補修物 (48) を形成する段階と、

前記公称の形状にしたがった前記機械加工を行う段階と、

含む請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記多軸数値制御工作機械 (10) が、

カッタ (16) を受け入れる回転主軸 (14) と、

前記主軸 (14) を垂直並進移動軸 Y に沿って昇降し、前記主軸 (14) を回転させる昇降装置 (18) と、

前記昇降装置 (18) を前記垂直並進移動軸 Y と直交する水平並進移動軸 X に沿って移動させるキャリッジ (20) と、

前記工作物を垂直回転軸 (24) の周りに前記周方向 (B) に沿って回転移動させるターンテーブル (22) と、

前記ターンテーブル (22) を、前記水平並進移動軸 X 及び前記垂直並進移動軸 Y と直交する並進移動軸 Z に沿って移動させる別の並進キャリッジ (26) と、

を備える請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

多軸数値制御工作機械 (10) において工作物 (12b) を補修する方法において、

前記制御工作機械 (10) に前記周方向 (B) を含む 4 以上の多数の軸の座標により規定される前記工作物の公称の形状を記憶する段階であって、前記工作物が前記公称の形状の許容公差内で形成される一方で、前記工作物の少なくとも一部の特定の形状が前記公称の形状と全く同じではない、前記記憶する段階と、

前記工作物を前加工する段階と、

前記公称の形状よりも大きい補修物 (48) で前記工作物を充填する段階と、

前記制御工作機械において前記特定の形状を複数の検知点で検知し、前記特定の形状に対応した前記公称の形状からの前記工作物のオフセットを決定する段階と、

前記公称の形状と一致するように前記オフセットだけ前記工作物を移動させる段階と、

前記オフセットを保ったまま、前記公称の形状にしたがって前記工作物を補修する段階とから成り、

前記工作物 (12b) は、前記周方向 (B) に沿って対向する側部 (34、36) を備え、前記側部の両方上の複数の点 (P 1 - P 12) において前記特定の形状が検知され、

前記公称の形状からの傾斜オフセットに対応する前記周方向のオフセットと、前記公称の形状からの横方向のオフセットとを含む前記オフセットが、検知された前記複数の点 (P 1 - P 12) の座標の平均に基づいて決定される、方法。

【請求項 7】

回転軸 (24) の周りを回転するように前記制御工作機械 (10) に前記工作物 (12b) を取付ける段階と、

前記回転軸から半径方向に離間して配置された複数の検知点 (P 1 から P 12) において前記特定の形状を検知する段階と

を含む、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記前加工された工作物(12b)の曲げ損傷(32)を切り離し、当初の損傷を受けていないブレード素材で終端する前縁に沿ったカットアウト(46)を残す段階と、前記カットアウトをスパッド挿入物で充填し、前記補修物(48)を形成する段階と、前記公称の形状にしたがった前記補修を行う段階と、  
含む請求項6又は7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は一般的には製造に関し、更に特定すれば、個々の工作物の機械加工に関する。

【0002】

10

【従来の技術】

ガスタービンエンジン圧縮機は、支持ディスクから外側に半径方向に延出する圧縮機用回転ブレード、すなわち、翼形の列を含む。各ブレードは、相補性のあり継ぎ溝を有するディスクの周辺にブレードを取り外し可能に設置するための一体的な継ぎを含んでもよい。あるいは、通例、ブリスク(blisk)と呼ばれる単体又は一体化された羽根付ディスク組立体中に、ディスクと一体的に形成されてもよい。

【0003】

各ブレードは、軸方向に離間して配置された前縁と後縁の間に、基端部から先端部に至るまで半径方向に延出するほぼ凹状の圧力側とほぼ凸状の吸込側とを備える翼形形状を有する。翼形は、複雑な3次元(3D)形状を有し、通常、積み重なったラジアル軸のまわりにねじられている。

20

【0004】

ディスクのブレード、すなわち、ブリスクのブレードは、種々の方法により製造されるが、製造時の困難と費用の度合いは様々である。いずれの場合においても、設計仕様にしたがって所望の翼形形状を達成するためには、最初の工作物から素材を除去する必要がある。

【0005】

各翼形の形状は、通常、3次元の座標系における適切な数の表面点により規定される。各ブレードの公称の形状は、所望の空気力学的形状及び特徴箇所の相対位置を規定する。

【0006】

30

全製造プロセスは、素材の除去時に不規則なバラツキを受けるので、公称の形状は、特定の設計に許容される寸法における大小のバラツキを小さい公差により制限するのが望ましい。例えば、特定の形状要素の設計寸法は、所望の形状に対する公称の寸法よりも、数ミルの大小のバラツキが生じることもある。

【0007】

したがって、個々のブレードの製造中に、その最終的な形状が公称の形状と全く同じであることは決してなく、形状要素の外面全体にわたる許容公差の範囲内で変動する。所定の回転ステージは、支持ディスクの周辺にかなりの数のブレードを有するので、全てのブレードは公称の形状の許容公差内で形成される一方で、2つのブレードが全く同じであることはない。

40

【0008】

ブレードの最終的な形状における不規則なバラツキは、ブレードを形成する特定の方法にかかわりなく生じる。例えば、電気化学的な機械加工(ECM)では、ブレード側部の所望の輪郭に対して相補的な輪郭を有する1対の陰極を用いて、工作物から素材を腐食除去する。

【0009】

また、個々のブレードは、ブレードの最終的な形状を形成するために、ブレードの公称の形状が適切な座標系に記憶され、切削工具が工作物周辺の対応する切削経路をたどる数値制御フライス盤を用いて形成してもよい。

【0010】

50

【発明が解決しようとする課題】

前述の2つの例において、個々のブレードは、最終的な表面寸法における許容公差又はバラツキにしたがってブレードの公称の形状を用いて形成される。

【0011】

ガスタービンエンジンのブレードは、通常、比較的小さい製造公差を反映した高い精度で高強度の素材から製造されるので、製造コストはかなり高い。ブレードは、製造プロセス中又はガスタービンエンジンでの使用中に損傷を受ける可能性があり、不経済な廃棄を避けるため、ブレードの補修が望まれている。

【0012】

取り外し可能なブレードを有する回転ディスクにおいては、これはあまり問題とはならない。個々のブレードは、ディスクから離れた場所でより簡単に補修することができるし、あるいは、ただ単に別のブレードを取り替えればよいからである。しかしながら、一体的なブレードを有するブリスクにおいては、損傷したブレードをその場で補修する必要がある。さもなくば、多くのブレードを含むブリスク全体を廃棄することになるからである。

10

【0013】

最近の開発プログラムにおいては、ガスタービン圧縮機向けのチタン製のブリスクの溶接補修物の調査が行なわれている最中である。個々のブレードの比較的薄い前縁又は後縁への損傷は、損傷箇所を除去し、残ったカットアウトを溶接補修することにより補修してもよい。溶接材料をカットアウトに蓄積するか、又は適切なスパッド挿入物をカットアウトに溶接するかしてもよい。

20

【0014】

いずれの場合においても、溶接補修物は、補修物が、元のブレードの輪郭と混和されるように、ブレードの公称の形状よりも意図的に大き目に作られる。ブレードは空気力学的な形状要素であるので、空気力学的な性能に悪影響を及ぼす段や不連続のない滑らかな表面が要求される。溶接補修物は、例えば、研削盤を用いて形状を手動で調和させてもよいが、それに応じて正確さは劣化する。

【0015】

溶接補修物の機械調整が望まれるが、公称の形状からの個々のブレードの形状の固有のバラツキが、機械加工のプロセスにおいてさらなる不安定さをもたらし、損傷を受けていない隣接する表面に対して、不十分又は過剰な機械加工を溶接補修物において行なうこととなり、両者間に不連続又は段差を生じる結果となる。

30

【0016】

したがって、前機械加工された工作物を最初に規定された公差内で公称の形状に合わせて再機械加工するためのプロセスを提供することが求められている。

【0017】

【課題を解決するための手段】

工作物の公称の形状は、多軸数値制御工作機械に記憶される。工作物は制御工作機械において検知され、公称の形状からのオフセットを決定する。その後、工作物は公称の形状と一致するようにオフセットだけ移動させられる。続いて、工作物は公称の形状にしたがって機械加工される。

40

【0018】

【発明の実施の形態】

本発明は、好適な例示の実施例にしたがい、さらなる目的及び利点を伴って、添付図面を参照した以下の詳述において、より具体的に説明されている。

【0019】

図1に概略的に示されるのは、本発明にしたがって形状され、ガスタービンエンジン圧縮機用ブリスクの形態例の工作物12の機械加工を行なう多軸数値制御工作機械10である。制御工作機械自体は、Cincinnati Machine Company of Ohioから市販されているT30 Machining Centerの例示的形態の5軸フライス盤などの従来の形状を有してもよい。

【0020】

50

制御工作機械は、適切な工作機械、すなわち、カッタ16を受け入れる回転パワー・ヘッド、すなわち、主軸14を含む。主軸14は、1本の回転移動軸Aを与える昇降装置18に設置される。昇降装置18は、対応するフレームに設置され、第2の垂直並進移動軸Yを案内する。

【0021】

フレームは、垂直並進軸Yと直交する水平並進移動軸Xを導くキャリッジ20に設置される。このようにして、カッタ16の位置は、3本の移動軸X、Y、Aにより制御される。

【0022】

工作物12は、工作物を同軸上に位置決めする垂直回転軸24の周りに工作物12の回転移動Bを導くターンテーブル22の頂部に設置又は取付けされる。ターンテーブル22は、水平移動軸X及び垂直移動軸Yと直交する第3の並進移動軸Zを導く別の並進キャリッジ26の頂部に位置する。

10

【0023】

制御工作機械は、従来の方法において5本の機械加工軸X、Y、Z、A、Bの組み合わせを用いて3D空間におけるカッタ16の経路を制御するために機械加工操作がプログラムされ、記憶される数値制御器28により作動的に制御される。

【0024】

ブリスクの工作物12は、より具体的には、制御工作機械に設置された状態で図2に示される。中心線がターンテーブル22の回転軸24と一致するようにブリスク12を設置するのに適切な取付具30が使用される。ブリスクは、周辺に離間して配置され、単体又は一体化された組立体においてその周辺から外側に半径方向に延出する複数のブレード又は翼形12bを有する支持ディスク12aを含む。

20

【0025】

まず、ブリスク自体は、前述のように適切な公差の範囲内で公称の形状に合わせて行なう電気化学的な機械加工又はフライス加工などの従来のいすれかの方法において製造される。例えば、カッタにより当初の工作物半加工品から素材を除去し、順番に個々のブレード12bを形成するためにブリスクの公称の形状を対応する機械加工経路とともに記憶する従来の方法で、フライス盤が最初に操作される。

【0026】

前述したように、ディスク12aにより支持された個々のブレード12bの所望の最終的な形及び位置からなる公称の形状は、制御工作機械の対応する座標により表わされるように、個々のブレードの外面の輪郭に広がる個々の適当な多数の点により規定できる。図2に示す5軸の制御工作機械において、各工作物ブレード12bの公称の形状の各点は、5つの座標X、Y、Z、A、Bにより規定される。

30

【0027】

公称の形状は、カッタ16が記憶された公称の形状をたどるのに必要とされる所望の切削経路とともに機械加工制御器28のメモリに適当に記憶される。前述のように、多軸フライス盤は従来型であるので、従来のように、最初にブリスクの全てのブレード12bを機械加工の許容公差の範囲内で最終的な形及び位置に合わせて機械加工する時に使用するために操作できる。

40

【0028】

多くのブレードは、許容公差の範囲内においてはほぼ同じであるが、通常の機械加工のバラツキにより、形状において相互に同一になることはない。個々のブレードの最終的な寸法における許容公差のバラツキは、ブレードの各部に過小・过大の寸法を生じ、通常、ブレードごとに異なる。

【0029】

図3は、最初は最終的な形状に合わせて機械加工されたが、損傷を受け、本発明にしたがって補修される4つの典型的なブレード12bを有する工作物ブリスク12の一部を示す。より具体的には、図3に示す第2のブレードは、エンジンの使用中に生じる異物による損傷が原因の前縁における曲げという形での損傷例32を示す。損傷を補修し、損傷した

50

ブレードを公称の形状から許容公差範囲内である元に近い形状へと戻すことが求められる。

#### 【 0 0 3 0 】

図3に最初に示されるように、各ブレードは、ほぼ凹状の圧力側（又は表面）34と、対向するほぼ凸状の吸込側（又は表面）36とを含む。2つの側部は、ディスク12aと一体的な基端部38から半径方向外側先端部40まで延出する。そして、2つの側部は、半径方向に延出する前縁42と後縁44との間で軸方向に延出する。

#### 【 0 0 3 1 】

前述のように、図3に示す当初のブリスク12は、フライス盤に公称の形状を記憶し、その後、最終的な製品を形成するための公称の形状にしたがって、ブリスク工作物を機械加工又は前加工することで最初は製造される。図3に示すように、最終的なブリスクは、例えば、前縁42における曲げ損傷32を含むあらゆる種類のブレード損傷を受ける可能性がある。

#### 【 0 0 3 2 】

ブリスクは、曲げ損傷32を切り離すことにより、まず損傷を除去し、第3のブレードとして示されるように、当初の損傷を受けていないブレード素材で終端する前縁に沿ったカットアウト46を残す。続いて、カットアウトは、第4のブレードとして示すように、ブレードの公称の形状よりも適当に大きい溶接補修物48を形成するために、溶接素材のみ又は適切な場所に溶接された金属製スパッド挿入物で充填される。

#### 【 0 0 3 3 】

説明を明瞭にする目的で、図3は、曲げ損傷32を有する1つのブレード、カットアウト46を有する別のブレード及び溶接補修物48を有するさらに別のブレードを示す。また、図3はブレード間の段状不連続を除去するか又はほぼ最小化するために公称から許容公差範囲内の隣接するブレード素材の表面輪郭と一致する溶接補修調和部48bを作成するために、溶接補修物を本発明により公称の形状に一致するように機械加工した別の第1のブレードをさらに示す。

#### 【 0 0 3 4 】

当初の許容公差範囲内のブレードの公称の形状に溶接補修物48を機械加工により調和させるために、個々のブレードは、本発明にしたがって検知され、当初の機械加工操作による公称の形状からのブレード表面の実際の形状におけるオフセットを最初に決定する。図4は、そのような検知が本発明の例示的な実施例にしたがって、どのように行われるかを概略的に示す。

#### 【 0 0 3 5 】

従来のプローブ50は、その座標計測能力を使用して工作物ブレード12bの表面を検知するために多軸制御工作機械の主軸14に設置される。工作物の公称の形状は、制御工作機械に記憶されるが、前加工物12bの実際の形状は、当初の許容公差の範囲内で、公称の形状からは不規則にばらついている。隣接する素材の実際の位置が当初に生じる不規則なバラツキのために不明であるため、ブリスクは制御工作機械において従来のように照合され、公称の形状のみに基づいて溶接補修物48をただ単に機械加工すると、補修物における不十分な又は過剰な素材除去が起こり、まだ損傷をうけていない隣接する素材とに対応した段差が発生する。

#### 【 0 0 3 6 】

したがって、最初に制御工作機械自体の中に取付けられた工作物を検知することにより、制御工作機械のメモリに記憶される公称の形状からの工作物のオフセットが決定されることになる。図1に示されるように、工作物は、決定されたオフセット分だけ制御工作機械における適所に移動され、制御工作機械に記憶された公称の形状と一致させる。

#### 【 0 0 3 7 】

この様に、非損傷ブレードの実際に検知された形状が決定され且つ記憶された公称の形状に良く適合され、溶接補修物が記憶された公称の形状と対応し、個々のブレードの実際の形状によく一致し、当初の製造公差内で、隣接する非損傷材料とほとんど又は全く段差の

10

20

30

40

50

ない状態で機械的に調和させられる。次に、移動した工作物は、従来のように溶接補修物から過剰な素材を除去するために記憶された公称の形状にしたがって機械加工され、隣接する当初の素材とのかなり滑らかな機械的調和を提供することになる。

【0038】

図4に概略的に示されるように、ブレード12bの公称の形状は、移動軸X、Y、Z、A、Bを表わす座標のような特定の制御工作機械の利用可能な多数の軸と一致する座標により規定される。5つの座標軸のすべてが、記憶された公称の形状からの実際のブレードの形状のオフセットを決定するのに使用されるが、特定の工作物の幾何学的検査と試験では、全ての利用可能な多数の軸よりも少ない数での工作物の検知により、機械での調和に引き続く溶接補修物と当初の素材の接合点における段状の不連続を最小化するためのオフセットが十分に決定できる。

10

【0039】

例えば、図2に示す個々のブレード12bは、支持ディスク12aから片持ち型になり、ターンテーブル22の回転軸24から外側に半径方向に延出するので、制御工作機械における工作物ブレードの検知は、制御工作機械のターンテーブル22の回転軸24と一致する公称の形状からのブレードの傾斜オフセットを決定するために行われる。図3に示すように、個々のブレード12bは、整列されたときに並進軸Zと一致するディスク12aの対応するラジアルスタッキング軸の周りにねじれた又は傾斜した形状を有する。したがって、ブレード12bは、追加としてまたは代わりに制御工作機械において検知され、機械加工軸X又はYなどの直線並進軸と一致する公称の形状からの横又は並進方向のオフセットを決定する。カッタは、その機械加工軸X又はYに沿って機械加工中に並進する。

20

【0040】

図3に示す片持ち型のブレード12bは、当初の機械加工中に弾性たわみを受け、このたわみが3座標軸X、Y、Zに沿って実際の機械加工された形状におけるバラツキの原因となる。プリスク12の最初の照合位置を移動し、各ブレードの実際の形状と公称の形状の間における検知されたオフセットを補償することにより、公称の形状と一致するように制御工作機械においてプログラムされたカッタの機械加工経路は公称の形状から当初の公差範囲内で溶接補修物を機械加工するため機械加工に先立って検知された各ブレードの実際の形状により良く適合する。

30

【0041】

図4は工作物ブレード12bを検知する方法を概略的に示す。図に示すブレード12bは、実線で示す前加工された実際の形状を有し、前縁42の外面のスパン部分に沿って例示した溶接補修物48を有する。ブレードを囲む仮想線で示されるのは、包絡面52であり、翼形の公称の形状及び許容された正の最大公差を表わす。正の公差は、通常、公称の形状の寸法よりも最大数ミル大きい。最小又は負の公差は、図示されたブレードの実線での輪郭内での表面の輪郭により表わされる過小寸法を許容する。

【0042】

ブレードの記憶された公称の形状と比較して、制御工作機械の実際のブレード12bを適切に照合するために、ブレードは、1つ以上の離間する点P1からP12において検知される。溶接補修物48だけが機械加工を必要とするので、検知点は補修を受けないブレード12bの当初の親素材上の補修物48の境界線に近接して配置されるのが好ましい。

40

【0043】

図5は、説明を明瞭にするために、極めて誇張された形状における例示した12個の検知点に沿った関連部分において示されるブレード12bを検知する方法の例を概略的に示す。図5の左側に点線で示されるのは、制御工作機械のメモリに記憶される公称の形状54の一部であり、この形状により当初のブレード12bは機械加工される。公称の形状54は、通常、支持ターンテーブルの回転軸24と同軸上に設置される回転ディスクの軸方向中心線軸から外側に半径方向に延出するブレードのラジアル軸56と整列された中心線を有する。図5に示す公称の形状は、制御工作機械がそれ自身に取付けられた実際のブレード12bをどのように見るかを表わす。しかしながら、前述したように、ブレードの当初

50

の機械加工のバラツキのために、ブレードは、不規則な方法で公称の形状から変動する。

【0044】

また、図5は、左側に、公称の形状に対比して、ラジアル軸56に関し計測される傾斜角Tにより表わされる誇張された傾斜オフセットを示す。実際のブレードの形状と公称の形状との間のオフセットTを決定するために、ブレードは2つ以上の点で検知されるのが好ましい。

【0045】

ブレードは、対向する側部34、46の両側において機械加工のバラツキを受けるので、ブレードは、両側の各々において一対の半径方向に離間して配置される点P1、P6及びP7、P12において検知されるのが好ましい。

10

【0046】

ブレード12bは、回転軸24を中心に回転するように制御工作機械に取付けられるので、傾斜オフセットを決定する検知点は、ラジアル軸56に沿って半径方向に離間し、回転軸24から外側に半径方向に配置されるのが好ましい。検知点P1、P7は、追加的に図4に示されるように、溶接補修物48の境界線に近接する損傷していない当初の表面上にブレードの先端部40の近傍に位置する。

検知点P6、P12は、溶接補修物48の最も内側の境界線の近傍に、半径方向内側に位置する。

【0047】

外側の2つの検知点P1、P7は、お互いが対向するように、ブレードのスパンに沿って位置するのが好ましく、内側の検知点P6、P12は、相互に対向するようにブレードの底部の近傍に配置されるのが好ましい。プローブ50は、次に、4つの検知点P1、P6、P7、P12の各々へと移動し、制御工作機械に備わった座標測定能力を利用して、各点の実際の座標を決定する。

20

【0048】

種々の検知点はブレードの公称の形状を規定する同様の点と一致するのが好ましい。したがって、外側の検知点P1、P7と内側の検知点P6、P12の間の中点を計算して、その間の線を規定できる。続いて、この中心線の配向は、公称の形状の対応する4つの点から計算された同様の中心線の対応する配向と比較できる。このようにして、両者の間の相対傾斜オフセットTが決定でき、図5に示されている。

30

【0049】

制御工作機械に取付けられた実際のブレードと制御工作機械に記憶された公称の形状との間の相対的な傾斜オフセットTは、制御工作機械において見出されるBオフセット特徴を用いて訂正できる。傾斜オフセットTを決定するためにブレードを検知したら、ブリスクを支持するターンテーブルは、オフセットTと同量だけ検知されたブレードを移動させるために回転され、制御工作機械のメモリに記憶された公称の傾斜形状と一致させ、公称の形状に実際のブレードを半径方向に整列させることができる。これは図5に示され、図5において、左側の実際のブレード12bは、検知された傾斜オフセットTの大きさを有する回転Bオフセット分だけ、右に移動させられる。この回転移動又はブレードの割出しは、ブレードを制御工作機械に記憶された公称の形状に平行に効率的に位置させて、検知された傾斜オフセットを減少させる又は除去する。

40

【0050】

また、ブレード12bは、公称の形状54に対して形状において横方向のバラツキを受けるので、ブレードは、2つの側部34、36の少なくとも1つの点で検知され、横方向のオフセットLを決定するのが好ましい。溶接補修が2つの側部の片方だけの上でされる場合、横方向の検知は、その側でのみ行うことができる。

【0051】

しかしながら、図4に示す例示した溶接補修物は、ブレードの両側でさらされるので、ブレードは、ブレードの対向する両側の対向する検知点の一対で検知され、ブレードのその点での平均の横方向のオフセットを決定するのが好ましい。ブレードの各側部は、特定の

50

形状公差の範囲内で機械加工バラツキを受けるので、横方向の検知は両側で行なうのが好ましい。公称の形状の対応する点に対してブレードの両側における横方向のオフセットの平均を取ることにより、ブレードは、制御工作機械において最も良く適合するように中心に据えられ、記憶された公称の形状と一致される。

【0052】

図5に示す横方向のオフセットLは、検知された横方向のオフセットLに等しい大きさを有するその中に配された従来の横軸Xオフセット特徴を使用して制御工作機械において実行される。ブレードの横方向の移動又は割出しへは、検知された横方向のオフセットを減少又は除去する。溶接補修物の機械加工は、次に、特定公差の範囲内で当初の記憶された公称の形状にしたがって、より正確に実行される。

10

【0053】

より好適な実施例において、ブレードは、2つの対向する側部の各々上の複数の検知点において検知され、その検知点は対応して相互に対向し、工作物の平均横方向オフセットを決定する。図4及び図5は、溶接補修物48の境界に沿った6つの対向グループに配置された12の例示した検知点P1からP12を示す。

【0054】

検知点の各々は、ブレードの公称の形状に対応する点を有するので、制御工作機械の座標計測能力を利用して、図5に示すように、各検知点とその公称対応点との間の例示した並進軸Xに沿って、横方向のオフセットを決定する。12の検知点の横方向のオフセットを平均することにより、平均の横方向のオフセットLは決定される。図1に示す制御工作機械における横軸Xのオフセットは、この軸に沿った公称の形状と一致するように横方向のオフセットL分だけ工作物ブレードを移動させるためにX軸に沿って検知された横方向のオフセットLを実行するために使用する。

20

【0055】

したがって、図5に示すブレード12bは、検知された傾斜オフセットTと一致するBオフセット回転、及び横方向のオフセットLと一致するXオフセット並進において移動し、これにより最適にブレードの実際の検知された形状を、制御工作機械に記憶された公称の形状と整列させる。制御工作機械は、次に、溶接補修物をその公称の形状に合わせて機械加工するために操作され、図3の機械加工された調和部48bを得ることになる。機械加工された調和部48bのブレードの当初の隣接素材への遷移は、公称の形状に対する当初の公差の範囲内で実行され不連続な段を最小化又は除去する。引き続く手動の溶接補修物の調和作業は、このようにして最小化又は除去される。

30

【0056】

図4に示す例示した半径方向に延出する溶接補修物48に対して、試験によれば、ブレードの対向する側部上に等しく6つのグループに分布した12の検知点が、溶接補修物と親素材の接合点に生ずる段状不連続を最小化するために公称の形状に合わせて実際のブレードを最良に適合させる。12をはるかに超える検知点も評価されたが、更により適合がなんら得られなかったので、これに必要とされる追加の検査時間という観点からは、従って望ましくない。12未満の検知点も検査されたが、ブレードは公称の形状に対してあまり正確に適合しなかった。

40

【0057】

傾斜オフセットTを決定する検知点の数は、横方向の検知点よりも少ないのが好ましく、前述のように、ブレードの両側を用いて傾斜オフセットを決定するためには4つの検知点が好ましい。2つの少ない傾斜検知点でも、所望により、片側だけの補修に使用することができる。

【0058】

図1及び図2に示す好適な実施例において、傾斜オフセットTは、制御工作機械において、最初に決定され、次に、ブレードがそのように決定された傾斜オフセット分だけ、回転Bオフセット特徴を用いて移動させられる。回転移動されたブレードは、横方向のオフセットLを決定するために、次に横方向に検知され、さらに、そのように決定されたオフセ

50

ット  $L$  だけ並進  $X$  オフセットを用いてさらに移動させられる。次にそのようにオフセットさせられたブレード  $12b$  の機械加工が従前どおり特定の公差の範囲内で公称の形状にその領域を戻すために溶接補修物に限定された領域に予備成形してもよい。

#### 【0059】

工作物の傾斜及び横方向の検知とそれに続く対応する移動は、通常、ブレードを公称の形状に最も良く適合させ、特定の公差範囲内で溶接補修物の正確な機械的調和を達成するために単一のシーケンスで十分である。しかしながら、実際の機械加工の前に、傾斜及び横方向の検知は、必要とされる回転オフセット及び横方向のオフセットの精度を上げるか、最初に決定された値を確認するために操作の第2のシーケンスにおいて再び実行できる。試験は、単一のシーケンスで十分であることを示している。しかしながら、その他の工作物形状においては続く機械加工の精度を当初の公称の形状に合わせるように改良するために反復した検知が望まれている。

10

#### 【0060】

図2に示す例示した実施例において、機械加工を受ける工作物は、ブリストの支持ディスク  $12a$  から外側に半径方向に延出するほぼ同一のブレードの1つである。実際、各ブレードは、形状において同一ではなく、当初の製造プロセスのために、不規則なバラツキ及び形状を受ける。

#### 【0061】

ディスクは、回転軸  $24$  の周りに回転するように制御工作機械に取付けられるので、同じ検知プロセスが、補修を必要とする各ブレードごとに繰り返される。各ブレードは、公称とは形状において不規則に異なるので、補修を必要とする各ブレードは、回転軸  $24$  から相互に離間して半径方向に配置されている所望の検知点において検知されるのが好ましい。1つのブレードの検知は、補修を必要とする他のブレードのいずれかに対して要求されるのとは異なる傾斜及び横方向のオフセットをもつ結果となる可能性が高い。

20

#### 【0062】

しかしながら、検知操作自体は、操作を自動化し、自動的に所定のブレードのいずれを機械加工する際にも用いられる要求された  $B$  及び  $X$  オフセットを決定するために、制御器  $28$  にプログラムされる。工作物の公称の形状は、制御工作機械において不变のままであるが、その代わりに、対応するオフセットは最初に制御工作機械の個々のブレードを照合する際に実行される。

30

#### 【0063】

図1に示す切削工具  $16$  は、2本の軸  $X$ 、 $Y$  における並進のために主軸  $14$  に設置され、そして1本の回転軸  $A$  において回動するためにも設置されるので、図5に示す横方向のオフセット  $L$  は、2本の並進軸  $X$ 、 $Y$  のいずれか一方に沿って決定される。

#### 【0064】

図3に示すように、各ブレードは、ラジアルスパン軸に沿ってのねじれを含み、2本の並進軸  $X$ 、 $Y$  の両方に対して傾斜しているので、ブレードの形状における製造バラツキは、通常、両軸  $X$ 、 $Y$  に沿って見出される。横方向のオフセット  $L$  は、したがって、 $X$  軸、 $Y$  軸のいずれかに沿って決定されるだろうが、好適な実施例において、ブレードが半径方向外側に延出するディスクの周辺にほぼ接線方向に延出する水平並進軸  $X$  に沿って決定される。

40

#### 【0065】

各ブレードの両側は、 $X$  軸及び  $Y$  軸に沿って当初の機械加工バラツキを受けるので、各ブレードは、ディスクの中心線に沿って回転軸  $24$  と一致する公称の形状からの所要傾斜オフセット  $T$ 、及びラジアル軸  $56$  に直交する直線並進軸  $X$  と一致する公称の形状からの横方向のオフセット  $L$ 、とを別々に決定するためにその両側で検知されるのが好ましい。

#### 【0066】

前述の補修方法は、ブレードのうちの1つ以上の前縁及び後縁に損傷を有するおそれのある高価な単体のブリストを補修するための特別な実用性を有する。ブレードの局部的に損傷をうけた領域は、切り離され、溶接補修物が公称の形状よりも大き目の切除領域を再生

50

するために使用される。溶接補修物は、次に、溶接補修物と当初のブレード素材との間の界面に残存する段状の不連続をほとんど又は全くもたないように、特定の公差の範囲内で公称の形状に再加工して戻す必要がある。

【0067】

溶接補修物に近接して補修したブレードを検知することにより、実際の形状と制御工作機械に記憶された公称の形状との間のオフセットは、正確に決定される。検知されたオフセットは、次に、公称の形状及び対応する数値制御カッタ経路を補修加工のために提示された特定のブレードに合わせて効果的に移動させる制御工作機械の有効なオフセット座標を用いて、ブレードを公称の形状に合わせるように最も良く適合させるために使用される。溶接補修物の結果的な機械加工は、公称の形状から特定の公差の範囲内で実行される。

10

【0068】

テストパートは、溶接補修物の範囲に沿って全ての位置でブレードに対する公称の形状の約2ミル未満の範囲内に再加工された。この2ミルの機械的調和は、必要であれば溶接補修物の調和を終了させるのに手動研磨する能力の範囲に十分に入る。

【0069】

前述の方法は、補修されたブリスクの翼形を機械加工するために特に実用性を有するが、公称の形状に合わせて後に機械加工を要する前加工された部品のいずれの種類のものにも使用してよい。数値制御工作機械におけるその取付から除去されたいかなる工作物も必然的に、制御工作機械に記憶された公称の形状に関する当初の照合を失う。工作物に対する当初の照合特徴は、工作物の最初の機械加工中には有用であるが、機械加工が完了し、公称からの形状の不規則なバラツキが出ると、使用不適とみなされる。工作物の最初の照合に用いられる最初のオフセットのいずれも形状要素の最初の機械加工が完了すると、使用不適とみなされる。

20

【0070】

前述の検知の例示した実施例では、制御工作機械の利用できるオフセット能力が、工作物を当初の公称の形状に最適に近似させて再配置するのに使用可能である。このようにして、同じ工作物の再機械加工が工作物の当初の公称の形状を使用して、最適に対応するように再び取付られた工作物の3D空間での実際の形状を調整することで実行される。当初の工作物を例えば溶接補修位置で再機械加工することは、当初の製造公差の範囲内で再機械加工されるように形状要素の実際の形状と公称の形状との間の正確な一致の利点を伴って、その他は従来どおりの方法によって実行される。

30

【0071】

ここでは、本発明の好適且つ例示的な実施例と考えられるものを説明してきたが、本発明の他の修正もここで述べられている教示により当業者には明らかであろう。したがって、本発明の趣旨の範囲内に入るような全ての修正は、添付の特許請求の範囲で確保されることが望まれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例にしたがって工作物を機械加工するように形状されたフライス盤を概略的に表わす図。

【図2】 制御工作機械に設置したブリスク工作物の一例を含む図1に示す制御工作機械の一部の拡大斜視図。

40

【図3】 図2に示すブリスクの拡大部分及び本発明の例示した実施例によるブレードの補修方法を表わすフローチャートを示す図。

【図4】 図3に示すブリスクのブレードの一例の拡大斜視図であり、ブレードの検知を示す図。

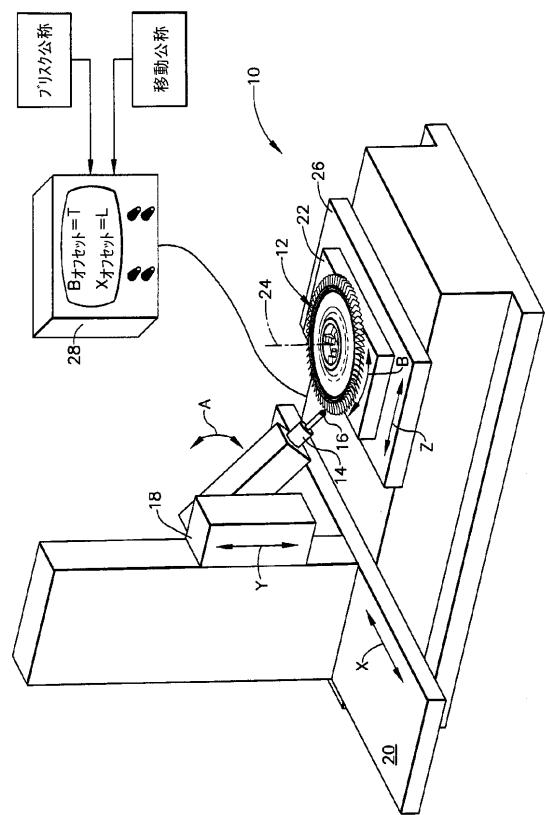
【図5】 図4に示す検知されたブレードの概略及び本発明の例示した実施例によるブレードの検知を表わすフローチャートを示す図。

【符号の説明】

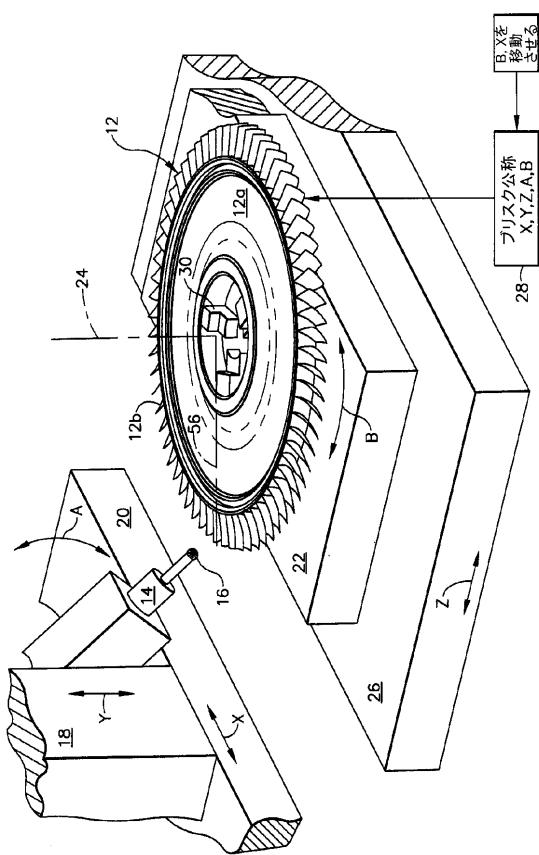
10...多軸数値制御工作機械、12b...工作物ピース、54...公称の形状、T、L...オフセット

50

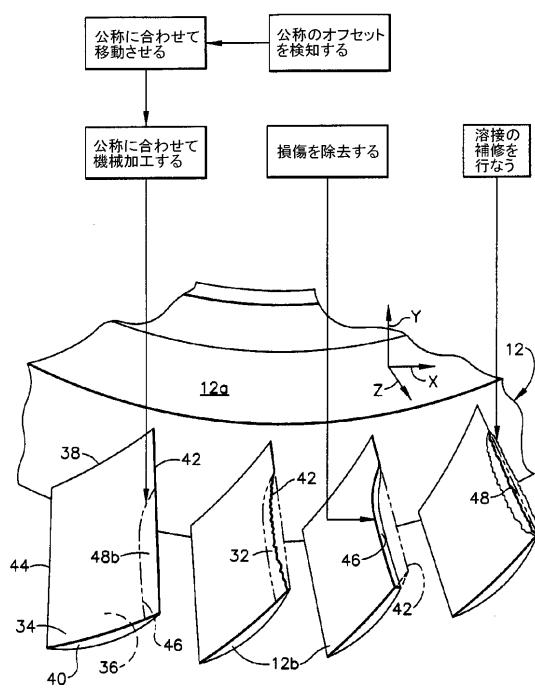
【図1】



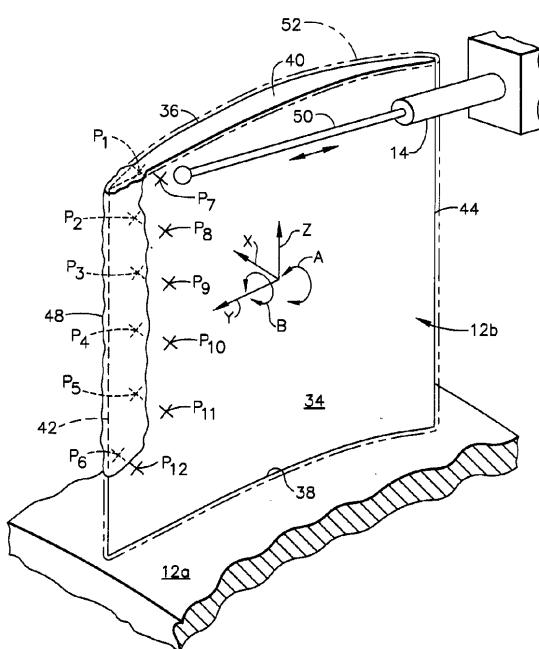
【図2】



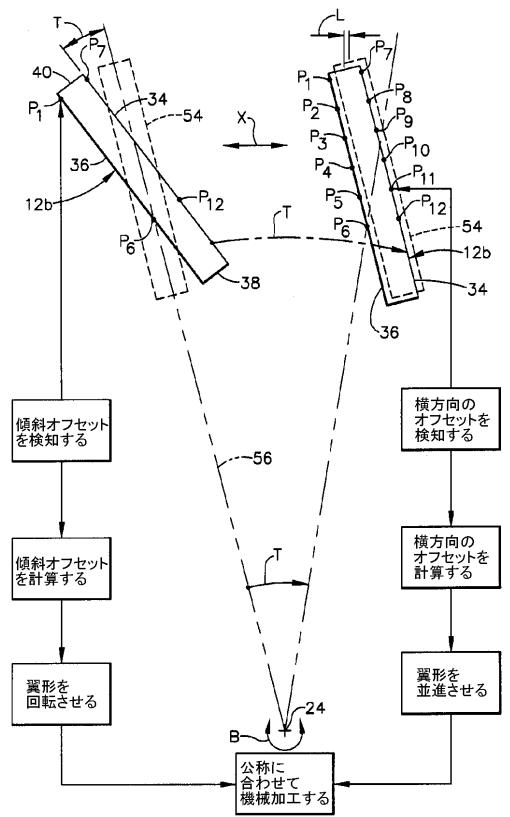
【図3】



【図4】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 デビッド・エドワード・エイリング

アメリカ合衆国、オハイオ州、モロウ、ゾウアー・ロード、5465番

(72)発明者 マイケル・ジェイ・ブランク

アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、シダーヒル・ドライブ、902番

審査官 松浦 陽

(56)参考文献 特開平09-309054(JP,A)

特開平10-080767(JP,A)

特開昭63-295802(JP,A)

特開平08-190416(JP,A)

特開平09-265308(JP,A)

特開平05-257514(JP,A)

米国特許第05288209(US,A)

米国特許第04382215(US,A)

米国特許第05285572(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 19/18 - 19/46

B23Q 15/00 - 15/28

B23Q 17/22