

(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 I |
| G 0 5 B 19/18 (2006.01) | G 0 5 B 19/18 C |
| B 2 3 Q 17/22 (2006.01) | B 2 3 Q 17/22 A |
| G 0 5 B 19/404 (2006.01) | G 0 5 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) | (73) 特許権者 | 390041542 |
| (22) 出願日 | 平成13年3月1日 (2001.3.1) | | ゼネラル・エレクトリック・カンパニー |
| (65) 公開番号 | 特開2002-6911 (P2002-6911A) | | アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ |
| (43) 公開日 | 平成14年1月11日 (2002.1.11) | | クタデイ、リバーロード、1 番 |
| 審査請求日 | 平成20年2月28日 (2008.2.28) | (74) 代理人 | 100137545 |
| (31) 優先権主張番号 | 09/517020 | | 弁理士 荒川 聡志 |
| (32) 優先日 | 平成12年3月2日 (2000.3.2) | (74) 代理人 | 100105588 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 小倉 博 |
| 前置審査 | | (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对の離間して配置された複数の検知点（P 1、P 6、P 7、P 1 2）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（1 2 b）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（1 2 b）の曲げ損傷（3 2）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（4 6）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（4 8）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（1 0）が、
カッタ（1 6）を受け入れる回転主軸（1 4）と、
前記主軸（1 4）を垂直並進移動軸 Y に沿って昇降し、前記主軸（1 4）を回転させる昇降装置（1 8）と、
前記昇降装置（1 8）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（2 0）と、
前記工作物を垂直回転軸（2 4）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（2 2）と、
前記ターンテーブル（2 2）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（2 6）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（1 0）において工作物（1 2 b）を補修する方法において、
前記制御工作機械（1 0）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（4 8）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（1 2 b）は、前記周方向（B）に沿って対向する側部（3 4、3 6）を備え、前記側部の両方上の複数の点（P 1 - P 1 2）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 1 2）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（2 4）の周りを回転するように前記制御工作機械（1 0）に前記工作物（1 2 b）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 1 2）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】

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外し可能に設置するための一体的なあり継ぎを含んでもよい。あるいは、通例、ブリス্ক（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

20

【０００４】

ディスクのブレード、すなわち、ブリス্ক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、形状要素の外表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らず生じる。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と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ス্ক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ス্ক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ス্ক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ス্ক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、従来する方法において 5 本の機械加工軸 X、Y、Z、A、B の組み合わせを用いて 3 D 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ず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に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・過大の寸法を生じ、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）3 4 と、対向するほぼ凸状の吸込側（又は表面）3 6 とを含む。2 つの側部は、ディスク 1 2 a と一体的な基端部 3 8 から半径方向外側先端部 4 0 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 4 2 と後縁 4 4 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 1 2 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、最終的なブリスは、例えば、前縁 4 2 における曲げ損傷 3 2 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 】

ブリスは、曲げ損傷 3 2 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 4 6 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 4 8 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 3 2 を有する 1 つのブレード、カットアウト 4 6 を有する別のブレード及び溶接補修物 4 8 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 4 8 b 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 4 8 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 5 0 は、その座標計測能力を使用して工作物ブレード 1 2 b の表面を検知するために多軸制御工作機械の主軸 1 4 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 1 2 b 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て、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 4 8 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り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。

【 0 0 3 8 】

図 4 に概略的に示されるように、ブレード 1 2 b 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

【 0 0 3 9 】

例えば、図 2 に示す個々のブレード 1 2 b は、支持ディスク 1 2 a から片持ち型になり、ターンテーブル 2 2 の回転軸 2 4 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 2 2 の回転軸 2 4 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 1 2 b は、整列されたときに並進軸 Z と一致するディスク 1 2 a 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 1 2 b 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

【 0 0 4 0 】

図 3 に示す片持ち型のブレード 1 2 b 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。ブリスク 1 2 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。

【 0 0 4 1 】

30

図 4 は工作物ブレード 1 2 b を検知する方法を概略的に示す。図に示すブレード 1 2 b は、実線で示す前加工された実際の形状を有し、前縁 4 2 の外面のスパン部分に沿って例示した溶接補修物 4 8 を有する。ブレードを囲む仮想線で示されるのは、包絡面 5 2 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。

【 0 0 4 2 】

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 1 2 b 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 P 1 から P 1 2 において検知される。溶接補修物 4 8 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 1 2 b の当初の親素材上の補修物 4 8 の境界線に近接して配置されるのが好ましい。

40

【 0 0 4 3 】

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 1 2 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 1 2 b 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 5 4 の一部であり、この形状により当初のブレード 1 2 b は機械加工される。公称の形状 5 4 は、通常、支持ターンテーブルの回転軸 2 4 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 5 6 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 1 2 b 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。

【 0 0 4 4 】

また、図 5 は、左側に、公称の形状に対比して、ラジアル軸 5 6 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。

【 0 0 4 5 】

ブレードは、対向する側部 3 4、4 6 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对の半径方向に離間して配置される点 P 1、P 6 及び P 7、P 1 2 において検知されるのが好ましい。

10

【 0 0 4 6 】

ブレード 1 2 b は、回転軸 2 4 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 5 6 に沿って半径方向に離間し、回転軸 2 4 から外側に半径方向に配置されるのが好ましい。検知点 P 1、P 7 は、追加的に図 4 に示されるように、溶接補修物 4 8 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 4 0 の近傍に位置する。

検知点 P 6、P 1 2 は、溶接補修物 4 8 の最も内側の境界線の近傍に、半径方向内側に位置する。

【 0 0 4 7 】

外側の 2 つの検知点 P 1、P 7 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 P 6、P 1 2 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 5 0 は、次に、4 つの検知点 P 1、P 6、P 7、P 1 2 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

【 0 0 4 8 】

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 P 1、P 7 と内側の検知点 P 6、P 1 2 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

【 0 0 4 9 】

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 1 2 b 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

【 0 0 5 0 】

また、ブレード 1 2 b は、公称の形状 5 4 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 3 4、3 6 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。

【 0 0 5 1 】

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对で検知され、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。

【 0 0 5 2 】

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

【 0 0 5 3 】

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、その検知点是对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 4 8 の境界に沿った 6 つの対向グループに配置された 1 2 の例示した検知点 P 1 から P 1 2 を示す。

【 0 0 5 4 】

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。1 2 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

【 0 0 5 5 】

したがって、図 5 に示すブレード 1 2 b 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 4 8 b を得ることになる。機械加工された調和部 4 8 b 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

【 0 0 5 6 】

図 4 に示す例示した半径方向に延出する溶接補修物 4 8 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 1 2 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。1 2 をはるかに超える検知点も評価されたが、更により適合がなら得られなかったもので、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。1 2 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

【 0 0 5 7 】

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。

【 0 0 5 8 】

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、プリスクの支持ディスク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変のままであるが、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において回転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プリスク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受けた領域は、切り離され、溶接補修物が公称の形状よりも大きい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ト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】

テストパーツは、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の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。

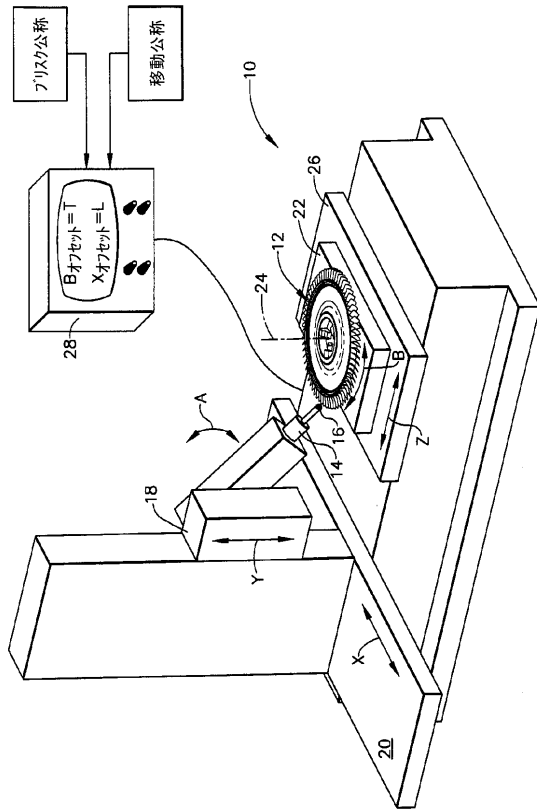
【図5】 図4に示す検知されたブレードの概略及び本発明の例示した実施例によるブレードの検知を表わすフローチャートを示す図。

【符号の説明】

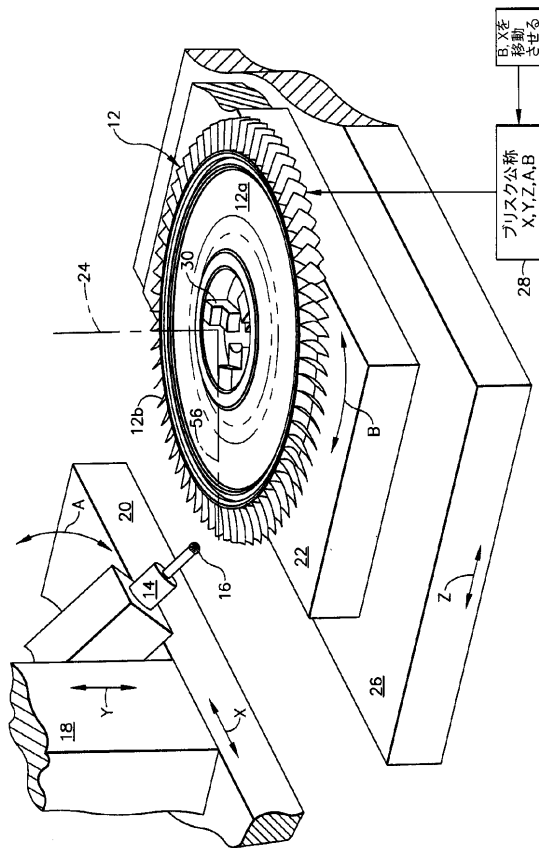
10...多軸数値制御工作機械、12b...工作物ピース、54...公称の形状、T、L...オフセット

50

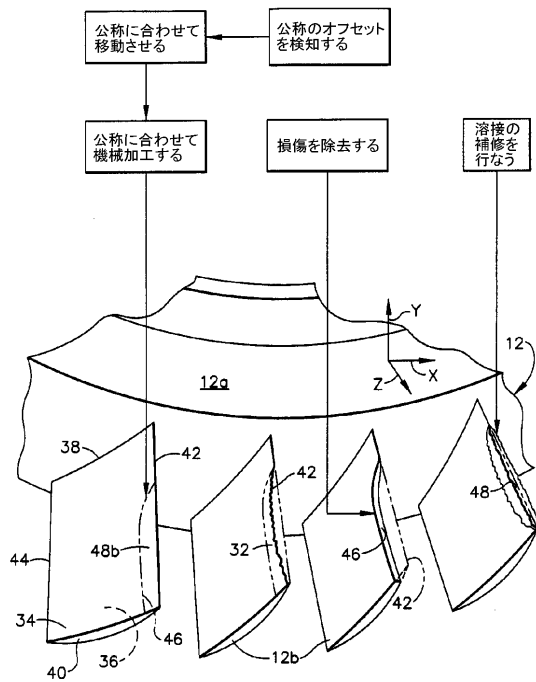
【図 1】



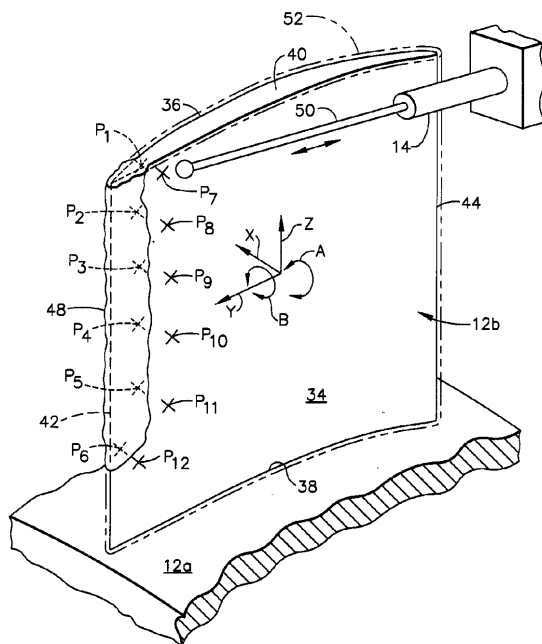
【図 2】



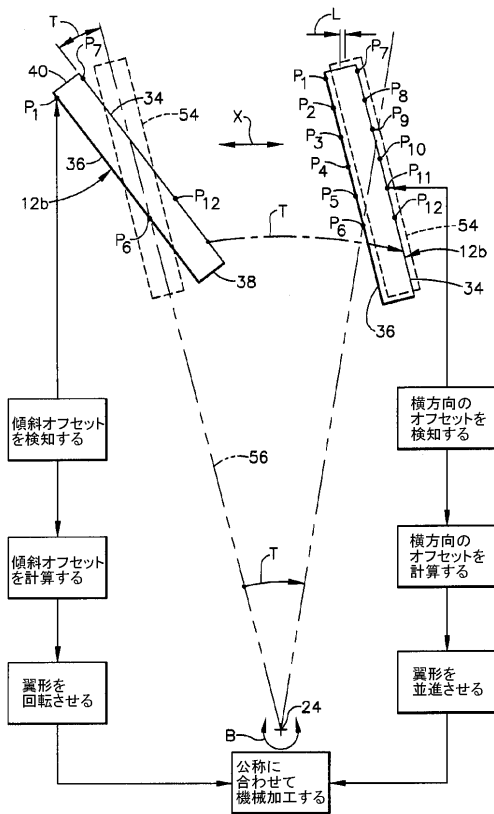
【図 3】



【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