

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6552411号
(P6552411)

(45) 発行日 令和1年7月31日 (2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日 (2019.7.12)

(51) Int. Cl.	F I
F O 2 C 7/00 (2006.01)	F O 2 C 7/00 D
F O 1 D 5/12 (2006.01)	F O 1 D 5/12
F O 1 D 9/04 (2006.01)	F O 1 D 9/04
B 2 3 P 6/00 (2006.01)	B 2 3 P 6/00 Z
F O 1 D 25/00 (2006.01)	F O 1 D 25/00 X

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-520492 (P2015-520492)	(73) 特許権者	516074816
(86) (22) 出願日	平成25年6月27日 (2013.6.27)		アンサルド エネルギア スウィッツァー
(65) 公表番号	特表2015-527524 (P2015-527524A)		ランド アクチエンゲゼルシャフト
(43) 公表日	平成27年9月17日 (2015.9.17)		Ansaldo Energia Swi
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/048135		tzerland AG
(87) 国際公開番号	W02014/008088		スイス国 バーデン レーマーシュトラ
(87) 国際公開日	平成26年1月9日 (2014.1.9)		セ 36
審査請求日	平成28年6月10日 (2016.6.10)		Roemerstrasse 36, 5
(31) 優先権主張番号	13/917, 876		400 Baden, Switzerl
(32) 優先日	平成25年6月14日 (2013.6.14)		and
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100114890
(31) 優先権主張番号	61/667, 090		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
(32) 優先日	平成24年7月2日 (2012.7.2)		ンハルト
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100098501
			弁理士 森田 拓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シュラウド付き翼の修復

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジンのシュラウド付き翼を修復する方法であって、
シュラウド付き翼の寸法を測定するための基準面を決定し、
翼に対するシュラウドの複数の硬化表面の空間的な位置を決定し、該硬化表面は平行で
あり、且つ前記シュラウドの概ね平らな内側表面と、概ね平らな外側表面との間に延在し
ており、

1 セットのシュラウド付き翼の前記硬化表面の位置の平均値、モード又はメジアンを利用
して、シュラウド付き翼における各シュラウドの硬化表面の補正值を決定し、

シュラウド付き翼の横方向のシュラウド寸法を、シュラウドの概ね平行な前記硬化表面
間の間隔として測定し、

シュラウド付き翼の 1 つ以上の硬化表面から材料を除去し、

シュラウド付き翼の 1 つ以上の硬化表面に材料を追加し、

第 1 の側の硬化表面を、前記硬化表面の補正值に基づく所望の寸法に機械加工し、

全体的なシュラウド位置を、最初に製造された位置に戻すことなく、第 2 の側の硬化表
面を機械加工して、前記第 1 の側の硬化表面と、前記第 2 の側の硬化表面との間の間隔を
、前記横方向のシュラウド寸法にほぼ一致させる

ことを特徴とする、ガスタービンエンジンのシュラウド付き翼を修復する方法。

【請求項 2】

前記基準面を、前記翼のダブテールに隣接して配置する、請求項 1 記載の方法。

10

20

【請求項 3】

前記基準面を、前記翼のシュラウドと翼部分との間の境界面の近くに配置する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記シュラウドの前記硬化表面の位置は、表面座標系の測定により決定する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

前記硬化表面の補正值は、前記翼の翼部分の撓み及びねじれに基づく前記シュラウドの移動を考慮したものである、請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記硬化表面のあらゆる摩耗又はその他の運転による変形を、前記硬化表面の位置を決定する際に考慮する、請求項 4 記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の側の硬化表面及び前記第 2 の側の硬化表面の機械加工は、前記硬化表面の角度の機械加工を含む、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 8】

前記横方向のシュラウド寸法は、新しく製造された同一サイズ及び形状の翼の横方向のシュラウド寸法とほぼ等しい、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 9】

前記シュラウドの硬化表面に追加される前記材料は、前記翼の材料に対して適合性を有している、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は全般的に、シュラウド付き翼の修復方法に関する。より詳細には、本発明は、エンジンの運転に基づく翼部分の移動量を、翼シュラウドに施される修復に組み込むことによって、シュラウド付き翼のセットを一新する過程に関する。

【0002】

背景技術

典型的なガスタービンエンジンにおいて、回転翼と静翼とが交互に配置された複数の段を有する圧縮機はタービンに連結されており、タービンもまた、回転翼と静翼とが交互に配置された複数の段を有している。圧縮機の段は、通過する空気を圧縮するように、サイズが縮小していく。圧縮された空気は、次いで 1 つ以上の燃焼器に供給され、燃焼器は、空気を燃料と混合して、この混合物に点火する。高温の燃焼ガスの膨張によりタービン段を駆動し、タービンは、圧縮機に連結されて、圧縮機を駆動する。この場合、排ガスは、推進源として使用され得るか、又は発電所の運転において、電気を発生させる発電機に結合された軸を回転させるために使用され得る。

【0003】

圧縮機及びタービンで使用される翼は、運転条件に応じて種々様々な形状及びサイズを有してよい。大型の翼に一般に見られる 1 つの特徴が、シュラウドである。シュラウドは本質的には、翼部分に沿って、又は翼部分の先端部において、翼部分から外側に向かって所定の間隔をおいて延在するプラットホームである。シュラウドは、運転中に翼部分のサイズに基づき少なくとも部分的に生じる、翼部分の如何なる振動をも減衰することに役立つ。

【0004】

運転中に、翼のシュラウドは、シュラウド同士の摩擦及び機械負荷に基づいて、様々な程度に摩耗することが知られている。更に、翼は、軸方向及び接線方向に撓むと共に、ねじれもする。つまり、翼部分と、取り付けられたシュラウドとを含む翼は、エンジン運転中に、最初に製造された状態から塑性変形している。

【0005】

翼は、しばしば1つのエンジンの全ての部品として、又は1セットとして修復されて再利用されることが多くある。従来の修復技術では、最初に製造された寸法にシュラウドを修復しようとして、運転中に翼が被る変形が考慮されることはなく、その結果、より広範な翼の修復が生じ、且つ翼部分に対する接合面の寸法関係が変化する可能性が生じる。

【0006】

発明の概要

本発明は、ガスタービン運転後にシュラウド付き翼を修復する、新規な改良された方法を提供するものである。本発明による方法では、過去に運転された翼セットを測定して、該翼セットの運転後の幾何学的な特徴を決定し、エンジンによる変形に基づいた、翼のシュラウド部分の硬化表面のオフセットを決定する。次いで、シュラウドの硬化表面を第1の寸法に機械加工して、シュラウドの硬化表面に、翼適合性の材料を追加する。次に、シュラウドの第1の側の硬化表面を、所望のオフセット寸法に機械加工した後に、第2の側の硬化表面を機械加工して、両硬化表面間の間隔が、最初に製造された翼と同様に、横方向のシュラウド寸法を満たすようにする。このような修復過程は、シュラウドの移動量及びシュラウド硬化表面の摩耗を考慮することにより、翼部分に対するシュラウド硬化表面の設計通りの寸法関係の変化は最小限で、タービン翼の再利用を可能にする。

【0007】

択一的な実施形態において開示する再調整されたガスタービン翼では、翼は、ダブテールと、ダブテールから半径方向外側に向かって延在するシャンクと、シャンクから接線方向に且つ軸方向外側に向かって延在するプラットホームと、プラットホームから半径方向外側に向かって延在する翼部分と、翼部分から接線方向に且つ軸方向外側に向かって延在するシュラウドとを含んでいる。シュラウドは、概ね平らな内側表面と、概ね平らな外側表面とを有しており、これらの表面の外縁部は部分的に、一对の平行な硬化表面によって画定されている。平行な硬化表面对は、翼セットの硬化表面の測定した位置に基づく所望のオフセット間隔に機械加工されると同時に、新しい翼の横方向のシュラウド寸法に本質的に等しい、横方向のシュラウド寸法だけ、間隔をあけられる。所望のオフセットは通常、翼同士の差を最小限にするためのデータの算術平均、モード又はメジアンである。

【0008】

本発明の更に別の実施形態において開示する、過去に運転されたシュラウド付き翼セットを所定の運転条件に戻す方法では、シュラウド硬化表面の変位量を決定し、シュラウド硬化表面に対して除去及び追加すべき材料量を決定し、仕上げ機械加工を実施して、シュラウド硬化表面を所望の寸法にもたらし。

【0009】

本発明の付加的な利点及び特徴は、一部が以下の説明に記載されており、一部は以下のことを検討することにより当業者に明らかになるか、又は本発明の実施から学ばれるであろう。本発明は、特に添付の図面を参照して説明される。

【0010】

以下に、本発明を添付図面につき詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の1つの実施形態による、新しいガスタービン翼の斜視図である。

【図2】本発明の1つの実施形態による、図1に示した翼のシュラウドを上から見た図である。

【図3】本発明の1つの実施形態による、隣合う、図1に示した翼を上から見た図である。

【図4】新しいタービン翼のシュラウドを上から見た図に、翼運転中に生じる典型的な変形を示す、過去に運転されたタービン翼のシュラウドを重ねて示した図である。

【図5】新しいタービン翼のシュラウドを上から見た図に、従来技術の修復方法により再調整されたタービン翼のシュラウドを重ねて示した図である。

【図6】新しいタービン翼のシュラウドを上から見た図に、本発明の1つの実施形態に基

10

20

30

40

50

づき再調整され且つ硬化表面が新しいタービン翼に重なるように位置調整されたタービン翼のシュラウドを重ねて示した図である。

【図 7】本発明の 1 つの実施形態によりシュラウド付き翼を再調整する過程を示したフロー図である。

【0012】

発明の詳細な説明

本発明の主題を、法的要件を満たすように詳細に説明する。しかし、この説明自体は、本特許明細書の範囲を限定するものではない。むしろ発明者は、現在又は未来の技術に関連して、本明細書で説明したものに類似の種々様々な構成要素、構成要素の組み合わせ、ステップ、ステップの組み合わせを含むように、請求する主題が別の形態で実施される可能性も想定している。

10

【0013】

本発明は、図 1～図 7 に詳細に示されており、エンジンの運転により生じる撓み又は変形を示す、種々様々なシュラウド付き翼に適用され得る。本発明が提供する、再調整された翼及び過程により、通常はエンジンの使用により生ぜしめられる撓み及び／又は変位を示す翼のシュラウドを一新することができると共に、初めに製造された翼の、シュラウド対翼部分の関係は、十分に維持される。

【0014】

図 1 及び図 2 には、本発明による翼 100 が示されている。翼 100 は、本実施形態ではタービン翼であり、ダブテール 102 と、ダブテール 102 から半径方向外側に向かって延在するシャンク 103 と、シャンク 103 から接線方向に且つ軸方向外側に向かって延在するプラットホーム 104 と、プラットホーム 104 から半径方向外側に向かって延在する翼部分 106 とを含んでいる。本発明は、タービン翼への適用に限定されるものではなく、圧縮機翼のような他の翼にも適用され得る。翼部分 106 から接線方向に且つ軸方向外側に向かって、シュラウド 108 が延在している。シュラウド部分は一般に、長い翼長を有する翼の振動を防止又は低減するために、翼において使用される。当業者が理解しているように、シュラウドを備える翼のセットは、回転ディスクの溝に向かって方向付けられていて、翼部分は、溝から半径方向外側に向かって延びており、隣合う翼のシュラウドは、図 3 に示したように、互いに接触している。シュラウド 108 は、硬化表面領域 110、すなわち硬化表面 110A 及び 110B を有している。隣接するシュラウド 108 間の前記接触は、一般には図 3 に示すような、シュラウド 108 の 2 つの接合硬化表面 110A 及び 110B において生じる。硬化表面 110A 及び 110B は、図 1 の A-A 線に対してほぼ垂直な、翼の回転軸線に対して、所定の角度 α (図 2 に図示) で方向付けられている。運転中、硬化表面 110A 及び 110B は、互いにこすれて摩耗する傾向にある。

20

30

【0015】

タービン翼 100 の寿命を延ばすために修復が必要な領域の一つがシュラウド 108、特に硬化表面領域 110 である。翼の耐用年数を延ばすための事前修復の結果として、典型的には、硬化表面領域 110 において利用するための、より硬く且つ／又はより耐摩耗性の、翼適合性の材料がもたらされる。

40

【0016】

上述したように、上昇された温度で運転される翼は、運転中に翼に加えられる熱負荷や機械負荷に基づいて、軸方向及び接線方向の永久的な変位に加え、ねじれをも被ることが知られている。いくつかの翼は、基準から 0.060 インチ以上の変位を測定した。以前は、オペレータ及び修復工場が、最初の青写真寸法にシュラウドの形状を修復しようと試みていた。しかしながら、翼部分が軸方向及び／又は接線方向に変位するのに加えて、翼部分のねじれも生じることから、シュラウドにはかなりの量の修復が必要になる。但し、シュラウドはその新規製造位置からは移動している。図 2～図 5 を参照すると、図示のシュラウドオーバーレイはそれぞれ、翼ダブテールで保持された翼に取り付けられている。図 4 を参照すると、2 つのシュラウドのイメージが示されている。図示の両イメージは、

50

翼が、ダブルテールにおいて翼ディスク（図示せず）内に保持されている場合に、シュラウドを上から見たところを示している。過去に運転されたシュラウドの形状120は、破線で描かれているのに対して、新規に製造されたシュラウドの形状108は、実線で描かれている。相違点は、運転により生じる接線方向及び軸方向の撓み及びねじれの表出にある。

【0017】

翼部分106の変位及び回転に基づき、及びシュラウドを最初に製造された寸法に修復するために、修復される形状120は、図4に2つの表面110A間の間隔Bとして示す、第1の硬化表面に沿ったかなりの量の材料追加と、図4に2つの表面110B間の間隔Aとして示す、反対側の第2の硬化表面に沿った、かなりの材料除去とを必要とする。従来の修復技術では、翼の修復サイクル毎に、シュラウド108は翼部分に対して複数方向に移動し続ける。つまり、シュラウドの硬化表面を、図1にA-A線で示した根元部に対して最初に製造された寸法に修復することが可能である一方で、継続される翼部分の変位及びねじれに基づいて、シュラウド対翼部分の位置は、翼の修復サイクル毎に変化し続けることになる。更に、シュラウドを最初に製造された仕様に戻すために必要とされる、かなりの量の材料追加及び材料除去は、シュラウドの重量やバランスといった設計面を変化させ、これにより、かなりの修復コストや翼セットの再調整時間の追加、或いは最悪のシナリオでは翼のスクラップといった問題の加速又は新たな問題を生ぜしめる可能性がある。

【0018】

本発明は、改良された修復過程を提供するものであって、この修復過程では、シュラウド硬化表面のオフセットを決定することにより、翼部分及びシュラウドの軸方向及び接線方向の変位が考慮される。通常、翼セットの算術平均、モード又はメジアンが、オフセットを割り出すために決定される。このオフセットは、翼セット用のシュラウドの接合面に対して追加又は除去されるべき材料量を決定するために用いられ、このようにして翼部分対シュラウドの重要な関係が、全般的に維持される。シュラウド硬化表面のオフセットに依存して、シュラウド硬化表面の角度と、硬化表面間の間隔とを、新規製造要件を満たすように再度機械加工するだけで、過去に運転された結果としてシュラウドに生じた設計の変化は最小化される。

【0019】

図5にはシュラウドの2つのイメージが示されており、一方は、従来技術の過程に基づいて修復されたものである。形状125は、過去に運転された、修復されたシュラウドのものであり、破線で示されているのに対して、新規に製造されたシュラウドの形状108は、実線で示されている。従来の修復では、シュラウド表面に対してかなりの量の材料を除去又は追加せねばならない。

【0020】

図6にはシュラウドの2つのイメージが示されており、一方は、本発明に基づいて修復されたものである。過去に運転されたシュラウドの修復された形状130が破線で示されているのに対して、新規に製造されたシュラウドの形状108は実線で示されている。図6に示したこれら2つの形状は、硬化表面110において位置合わせされている。図5と図6の比較から判るように、シュラウドと翼の接線方向及び軸方向の撓みを考慮して、シュラウドを修復する場合の方が、シュラウドの寸法のひずみははるかに少なく済む。つまり、翼セットにおける各シュラウドの移動量を決定することにより、これらのデータの算術平均、モード又はメジアンが、翼を修復するための開始点として用いられる。

【0021】

翼に対する摩耗が修復点を越えたとしても、本明細書に記載の修復手順に基づき、タービン翼セットは、過去に運転されたタービン翼の大多数を用いて、未だ修復可能である。タービン翼が修復の域を越えると、このタービン翼は新しいタービン翼と交換され、次いで本明細書に記載の修復過程を経ることにより、本発明により修復され、概ね過去に運転された翼の幾何学形状を取る、新しいタービン翼が生ぜしめられる。

【0022】

図7を参照すると、シュラウド108を修復するプロセス700が記載されている。ステップ702では、シュラウドの寸法を測定するために用いられる基準面を決定する。伝統的に、全てではなくとも大抵は、シュラウドの機械加工は、翼のダブテール部分102に対して公知の間隔をあけて配置された、翼ダブテール基準面A-Aに対して相対的に行われる。この第1の基準面A-Aは、図1に図示されている。択一的に、シュラウドの寸法を測定する第2の基準面を用いることができる。第2の基準面B-Bは、翼のシュラウドと翼部分との間の境界面のすぐ近くに配置されており、やはり図1に図示されている。

【0023】

ステップ704では、図2に示すようなシュラウド108の硬化表面110A及び110Bの、ステップ702で選択した基準面に対して相対的な位置を測定する。硬化表面110A及び110Bの位置は、選択された基準面に対して間隔をあけられた硬化表面110A及び110Bの物理的な位置を測定することのできる座標測定器（CMM）の一種といった、種々様々な手段により測定可能である。次いでステップ706では、修復が完了した硬化表面110A及び110Bの所望のオフセットを決定する。このオフセットは上述したように、通常、翼セットに対する硬化表面の位置の算術平均、モード又はメジアンである。所望のオフセットは、新規に製造される翼シュラウドのための、それぞれの基準位置の青写真と比較した、各シュラウド硬化表面の位置を考慮したものである。

【0024】

ステップ708では、基準となる青写真の条件に基づいて、シュラウド付き翼の横方向のシュラウド寸法112を決定する。図2に示したように、横方向のシュラウド寸法112は、平行な硬化表面110Aと110Bとの間の間隔である。図1～図6に示す本発明の実施形態にとって好ましい横方向のシュラウド寸法は、約1.475インチである。所望の横方向のシュラウド寸法112は、シュラウド108のサイズ及び形状に応じて変わる。本明細書に含まれる全ての記載は、図2に示すような硬化表面角度に関するものである、という点に留意されたい。図1と同様に、但し硬化表面が下になるように回転させて見た硬化表面110A及び110Bの角度は、常に基準となる青写真の条件に基づいて決定される。

【0025】

ステップ710では、上記ステップ706で定義した、修復の完了した表面位置に関して予め決定された量の、硬化表面110A及び110Bの材料を、許容可能な表面を提供するために必要な深さまで除去し、次いで該表面に、硬化表面を形成する目的で、材料を追加することができる。これは、平坦でないあらゆる領域を除去して、硬化表面の修復に備えるために必要である。材料は、研削といった許容可能な様々な手段によって、手動又は機械で除去され得る。いくつかのケースでは、同様に材料を除去する必要がある翼をひとまとめにして、このグループについて1つの除去深さを規定することが、より実用的である。これにより、1セットの翼に、複数グループの深さ除去ターゲットが生ぜしめられる。

【0026】

次いでステップ712では、シュラウドの硬化表面に適しており且つ翼の材料に対して適合性を有する材料が、溶接、ろう接、プラズマ溶射、又は他の形態の許容可能な材料永久結合といった手段により、硬化表面110A及び110Bに追加される。材料が硬化表面110A及び110Bに追加されると、図4に図示したような第1の接合表面110Aが、ステップ714において、ステップ706で規定したような所望のオフセット寸法に機械加工される。この機械加工は、ステップ710における硬化表面110A及び110Bの荒加工と同様に、研削といった手段により達成され得る。第1の接合面が、所望のオフセット寸法に機械加工されると、図4に示すような第2の接合表面110Bが、ステップ716において機械加工される。表面は、第1の接合表面110Aと第2の接合表面110Bとの間に生じる間隔が、機械加工の許容差のばらつきを与えられた、最初に製造された翼の横方向のシュラウド寸法112と同一になるように、機械加工される。よって、

10

20

30

40

50

シュラウド硬化表面 110A 及び 110B は、図 3 に示すような運転位置に合った、角度と間隔とに関する互いの相対的な関係に戻される。このことは、最初に製造された翼シュラウドの寸法と比較したときに、減衰目的のための十分な結合及び接触を保証する。

【0027】

また、本発明による修復過程は、シュラウド全体を、最初に製造された位置に戻そうとすることにより生じるシュラウドの不均衡を、最小限にしようとするものである。つまり、過酷な初期運転又は追加運転サイクルによって、翼部分は更に撓んでねじれ続け、これにより、シュラウド位置は最初に製造された状態から更に離れることになる。シュラウド硬化表面が、機械加工及び新しい材料の追加により移動され得るのに対して、翼部分の位置は不変のままである。よって、後続の各修復サイクルを通じて、シュラウドを最初に製造された位置に戻そうとすることにより、シュラウドの一方の側には多量の材料が追加され、且つシュラウドの反対の側からは多量の材料が除去されることになる。その結果、翼部分の先端部に沿って、シュラウドの位置が再調整される。このシュラウドの位置の再調整は、翼における不均衡を生ぜしめ、（シュラウドの重量不均衡に基づき、）翼先端部にかかる応力を、より一層高める。本明細書で概略的に説明した、本発明による過程に基づいてシュラウド硬化表面を機械加工することにより、所要の材料増大量と、後続の機械加工とが削減される。なぜならば、全体的なシュラウド位置を、最初に製造された位置に戻すのではなく、硬化表面の角度と、硬化表面間の間隔とを、最初に製造された状態に戻すからである。

10

【0028】

本発明を、全ての点において限定的ではなく、例示することを意図した特定の実施形態に関して説明してきた。択一的な実施形態及び硬化表面以外のシュラウドの表面の機械加工や、作業により生ぜしめる硬化表面の磨滅といった所要作業は、本発明が属する分野の当業者にとって、その範囲から逸脱することなく明らかである。

20

【0029】

上記のことから、本発明は、システム及び方法に固有の明らかな別の利点と共に、前記の全ての目的を達成するために良く適したものであるということが判るであろう。特定の特徴及び副次的な組み合わせは有用なものであり、他の特徴及び副次的な組み合わせを参照せずに採用され得る。このことは、請求項の範囲により、該範囲内で想定されている。

【図 1】

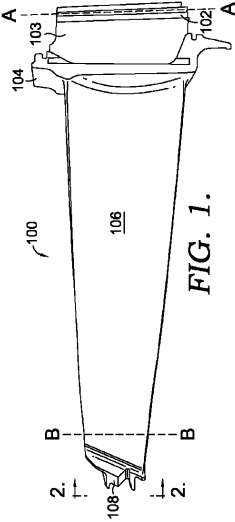


FIG. 1.

【図 2】

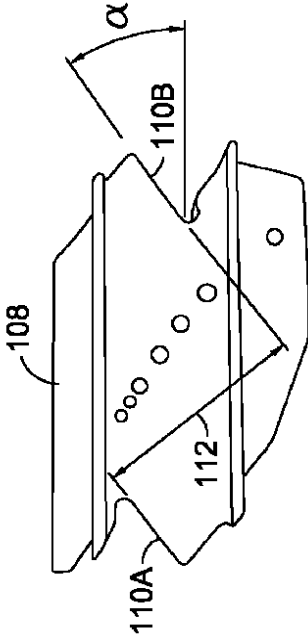


FIG. 2.

【図 3】

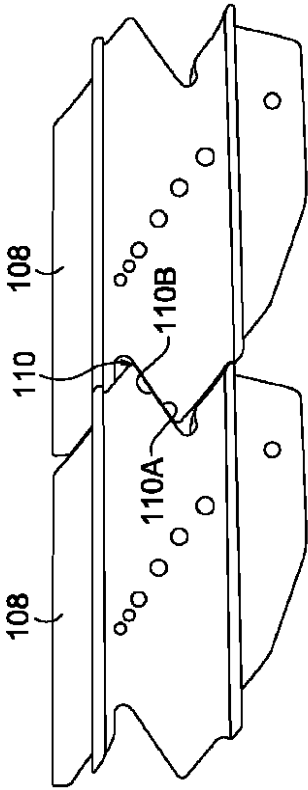
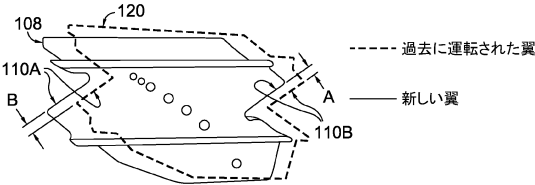
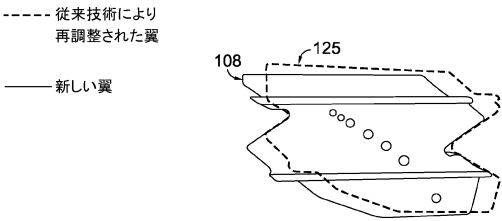


FIG. 3.

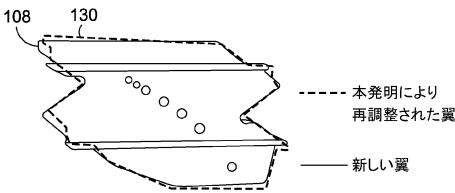
【図 4】



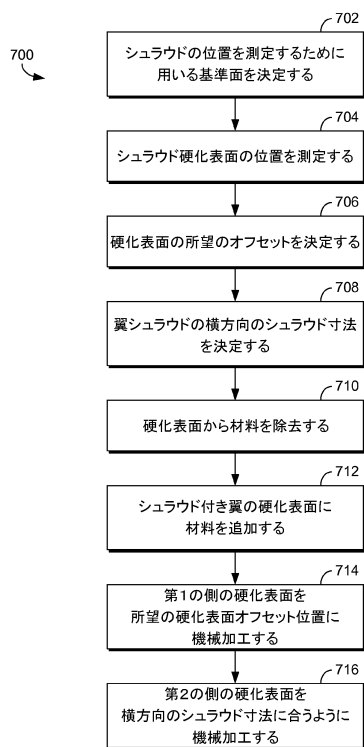
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100116403

弁理士 前川 純一

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 グレゴリー アラン ダブズ

アメリカ合衆国 フロリダ パーム・ビーチ・ガーデンズ パンプキン ドライブ 439

(72)発明者 トマス ホレス ミリダントリ

アメリカ合衆国 フロリダ ジェンセン・ビーチ ノースイースト タウン テラス 741

審査官 倉橋 紀夫

(56)参考文献 特開2004-144091 (JP, A)

特開昭54-093657 (JP, A)

特開2009-151770 (JP, A)

特開2004-066317 (JP, A)

米国特許出願公開第2005/0106998 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00

B23P 6/00

F01D 5/12

F01D 9/04

F01D 25/00

B23P 15/02 - 15/04