

(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2008-45541

(P2008-45541A)

(43) 公開日 平成20年2月28日(2008.2.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F02C 7/00 (2006.01)	F02C 7/00 D	3G002
F01D 25/00 (2006.01)	F01D 25/00 X	4E081
F01D 5/28 (2006.01)	F01D 5/28	
B23K 31/00 (2006.01)	B23K 31/00 D	
B23K 9/00 (2006.01)	B23K 9/00 501D	
審査請求 未請求 請求項の数 19 OL (全 9 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-174692 (P2007-174692)	(71) 出願人	590005449
(22) 出願日	平成19年7月3日 (2007.7.3)		ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイション
(31) 優先権主張番号	11/503, 325		UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(32) 優先日	平成18年8月11日 (2006.8.11)		アメリカ合衆国, コネチカット 06101, ハートフォード, ユナイテッド テクノロジーズ ビルディング
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100096459
			弁理士 橋本 剛
		(74) 代理人	100092613
			弁理士 富岡 潔
		(72) 発明者	ティモシー エー. ミルヴィル
			アメリカ合衆国, コネチカット, ポートランド, サウス ロード 60
			最終頁に続く

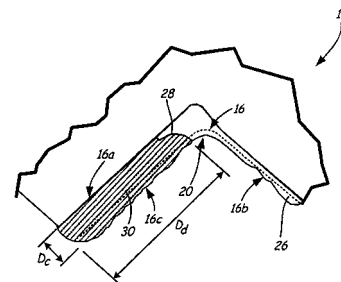
(54) 【発明の名称】 タービンプレードのシュラウド修復方法

(57) 【要約】

【課題】 シュラウド付きタービンプレードのノッチ隅肉部にてできる深さが約0.03インチ(約0.8ミリメートル)を超えるクラックを修復する方法を得る。

【解決手段】 タービンプレードのシュラウドの損傷したノッチ隅肉半径部をブレンダウトし、損傷したノッチ隅肉半径部の近傍に位置する硬質面構造体を除去する。硬質面ナゲット30は硬質面構造体とほぼ同一の形状を持ち、その高さ方向の寸法は少なくともDcであり、幅方向の寸法は少なくともDdである。硬質面ナゲット30は、新しい縁16aと補修溶接部26の成形された縁部28とにおいて、シュラウド12に溶接される。硬質面ナゲット30をシュラウド12に溶接することにより、新しい硬質面ナゲットの縁16cの残りの部分が少なくとも元来の縁16の位置まで延びる。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンブレードのシュラウドの損傷したノッチ隅肉半径部を修復する方法において、
前記損傷したノッチ隅肉半径部をブレンダアウトするステップと、
前記損傷したノッチ隅肉半径部の近傍に位置する硬質面構造体を除去するステップと、
溶接充填材料を使って補修用ノッチ隅肉半径部を形成するステップと、
前記補修用ノッチ隅肉半径部の少なくとも一部に硬質面ナゲットを溶接するステップと

を含む方法。

【請求項 2】

前記硬質面ナゲットの溶接が、ガスタングステンアーク溶接であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記硬質面ナゲットの溶接が、約 10 A から約 25 A の間の電流の電力で行う溶接であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

溶接充填材料を使って補修用ノッチ隅肉半径部を形成することが、ニッケル基合金の使用を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ニッケル基合金が、インコネル 625 からなることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記溶接ステップの前に、前記硬質面ナゲットに対して前記補修用ノッチ隅肉半径部を整えることを更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記硬質面ナゲットに対して前記補修用ノッチ隅肉半径部を整えることが、前記硬質面ナゲットを受け入れるように前記補修用ノッチ隅肉半径部を成形することからなることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

タービンブレードのシュラウドの外側ノッチ隅肉半径部に生じたクラックを修復する方法において、

前記外側ノッチ隅肉半径部の一部と前記クラックの近傍の前記外側ノッチ隅肉半径部の硬質面構造体とを除去するステップと、

充填材を使って前記外側ノッチ隅肉半径部に補修溶接部を形成するステップと、

硬質面ナゲットを受け入れるように前記補修溶接部を成形するステップと、

前記補修溶接部の少なくとも一部に前記硬質面ナゲットを溶接するステップと、

含む方法。

【請求項 9】

前記補修溶接部の形成が、ニッケル基合金の使用を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ニッケル基合金がインコネル 625 からなることを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記外側ノッチ隅肉半径部の縁からのクラックの深さが約 0.1 インチ（約 2.5 ミリメートル）以内であることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記外側ノッチ隅肉半径部の縁からのクラックの深さが約 0.03 インチ（約 0.8 ミリメートル）より大きいことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

前記外側ノッチ隅肉半径部の一部を除去することにより、前記外側ノッチ隅肉半径部の縁に溝が生じることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

補修溶接部の形成が、前記外側ノッチ隅肉半径部の少なくとも前記溝の中に前記補修溶接部を形成することを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

タービンプレードのシュラウドの損傷したノッチ隅肉半径部を修復する方法において、前記損傷したノッチ隅肉半径部の縁部を削り取るステップであって、前記損傷したノッチ隅肉半径部が第一の材料で形成されているステップと、

前記損傷したノッチ隅肉半径部の近傍に位置する構造体を除去するステップであって、前記構造体が第二の材料で形成されているステップと、

前記ノッチ隅肉半径部から延びる補修溶接部を構築するステップであって、前記補修溶接部が前記第一の材料で形成されているステップと、

硬質面材を受け入れるように前記補修溶接部を成形するステップであって、前記硬質面材が前記第二の材料で形成されているステップと、

少なくとも前記補修溶接部の一部に前記硬質面材を溶接するステップと、を含む方法。

【請求項 16】

前記第一の材料がニッケル基合金であることを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記第一の材料がインコネル 625 であることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記損傷したノッチ隅肉半径部の深さが約 0.1 インチ（約 2.5 ミリメートル）以内であることを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

【請求項 19】

前記損傷したノッチ隅肉半径部の深さが約 0.03 インチ（約 0.8 ミリメートル）より大きいことを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、シュラウド付きタービンプレードの修復の分野に関し、詳しくは、シュラウド付きタービンプレードのノッチ隅肉半径部を修復する方法に関する

【背景技術】

【0002】

シュラウド付きタービンプレードは、航空機エンジンの中で高温や激しい振動のような苛酷な環境に曝されることが多い。このような環境に耐えるために、通常シュラウド付きタービンプレードはニッケル基合金で形成される。また、シュラウド付きタービンプレードは通常、ノッチ隅肉半径部(notch fillet radius)内に、周囲の環境からの振動の力を散逸させる硬質面構造体(hardface structure)を含む。シュラウド付きタービンプレードは耐摩耗性があるかもしれないが、シュラウド付きタービンプレードおよびその部品に応力が加えられた場合は、シュラウド付きタービンプレードの弱い部分にクラックが生じる可能性がある。例えば、シュラウド付きタービンプレードにおけるノッチ隅肉半径部では、クラックがノッチの隅肉半径部の縁から半径方向内側に向かって生じやすい。これをそのまま放置すると、環境による熱および振動応力のために、クラックが内側に向かって延び、シュラウド付きタービンプレードの破損に至る可能性がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ノッチ隅肉半径部の外縁に生じるクラックの修復について問題の一つは、硬質面構造体が典型的にはコバルト基合金のような割れやすい材料から形成されることである。このコ

10

20

30

40

50

バルト基合金は、シュラウド付きタービンプレードを形成する、もっと軟らかいニッケル基合金と対照的である。よってこれまでの修復方法は、損傷部位を取り除くためのブレンディングという方法に限定されている。この現行の修復方法は、クラックの寸法がノッチ隅肉半径部の外縁から内側に深さ約0.03インチ（約0.8ミリメートル）以下の場合のみに、シュラウド付きタービンプレードのノッチ隅肉半径部を修復できるというものがほとんどである。クラックの深さが約0.03インチ（約0.8ミリメートル）より大きいと、通常はシュラウド付きタービンプレードの全体を交換しなければならない。この処置にはコストがかかり、特に、クラックが1本だけ、あるいはシュラウド付きタービンプレードのわずかな部分だけが損傷している場合には割高になる。従って、もっと広い範囲を残すことができるように、シュラウド付きタービンプレードのノッチ隅肉半径部内の深さが約0.03インチ（約0.8ミリメートル）を超えるクラックを修復する方法を得ることが望まれている。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

タービンプレードのシュラウドにおける損傷したノッチ隅肉半径部を修復する方法について述べる。損傷したノッチ隅肉半径部をブレンダウトし、損傷したノッチ隅肉半径部に近接する硬質面構造体を除去する。補修用ノッチ隅肉半径部を溶接材料で形成し、硬質面ナゲット(hardface nugget)を補修用ノッチ隅肉半径部の少なくとも一部分に溶接する。その後、従来の方
法で、タービンプレードを使用可能な状態に復元する。これらの方法により、深さが約0.1インチ（約2.5ミリメートル）までのクラックを修復することが
できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

ここで説明するタービンプレードの損傷したシュラウドを修復するための新しい方法では、深さ約0.1インチ（約2.5ミリメートル）までのクラックを修復することができる。クラックは、シュラウドのノッチ隅肉半径部に位置し、シュラウドの外縁から半径方向内側に延びる。クラックおよびクラック周囲の損傷部位は、最初に局所的にブレンダウトされる(blended out)。その後、シュラウドの硬質面構造体が切削加工される(machined)か、あるいは削り取られる(ground off)。ノッチの隅肉半径部のクラックを取り除いた箇所に補修溶接部を形成する。シュラウド上に補修溶接部を形成してから、表面を硬質面ナゲットを受け入れやすいように処理する。その後、硬質面構造体があった同じ領域で、シュラウドおよび補修溶接部上に硬質面ナゲットを溶接する。その後、従来の方
法で、タービンプレードを使用可能な状態に復元する。

30

【0006】

図1、図2はそれぞれ、タービンプレード10の斜視図と、タービンプレード10のシュラウド12の上面図であり、これらに関連して考察する。タービンプレード10は一般に、タービンプレード10の上端14に位置するシュラウド12を含む。シュラウド12は元来の縁16を有し、一般に空気シール18、ノッチの隅肉半径部20、および硬質面構造体22を含む。ノッチの隅肉半径部20は、シュラウド12の元来の縁16に形成される。硬質面構造体22は、ノッチの隅肉半径部20に隣接する元来の縁16に溶接され、硬質面構造体22が隣接するブレード硬質面部とこすれ合ったときに、振動エネルギーを散逸させるように機能する。運転時に、シュラウド12の各ノッチ隅肉半径部20が、シュラウド12のいずれの側でも隣接するシュラウドの硬質面構造体22と当接するように、隣接するタービンプレードのシュラウドが互いの隣に配置される。タービンプレード10は、ジェットタービンエンジン内に存在する高温および振動の応力に曝されるが、ここで荷重はシュラウド12の元来の縁16、特にノッチの隅肉半径部20に定常的にかかっている。そのため、ノッチの隅肉半径部20とノッチの隅肉半径部20に近接する部位には、概ね半径方向に向かって延びるクラックが生じる可能性がある。現行の修復方法は深さ約0.03インチ（約0.8ミリメートル）以下のクラックしか修復できないが、こ
こで説明する新しいクラック修復方法は深さが約0.1インチ（約2.5ミリメートル）

40

50

までのクラックを修復することができる。これにより、多くの部品を廃棄せずに修復することが可能になる。

【0007】

図3は、シュラウド12の元来の縁16、ノッチの隅肉半径部20、およびシュラウド12の硬質面構造体22の拡大図である。元来の縁16はシュラウド12の外周を形成する。ノッチ隅肉半径部20は、シュラウド12の元来の縁16から放射状に伸びるクラック24を持つ。クラック24は、シュラウド12が置かれた環境における高温および振動応力によって生じる。クラック24は高さ方向の寸法がDa、幅方向の寸法がDbである。クラックの寸法Daが縁12から測って約0.03インチ（約0.8ミリメートル）に達すると、シュラウド12は通常のブレンディングあるいは研磨による方法では十分に修復できない。下記の修復方法を用いると、寸法Daが約0.1インチ（約2.5ミリメートル）までのクラックを修復することができる。

10

【0008】

図4は、シュラウド12からクラック24（図3参照）を除去した後の、元来の縁16と硬質面構造体22の拡大図である。シュラウド12を使用可能な状態に修復するためには、シュラウド12からクラック24を完全に除去しなければならない。そのため、クラック24およびクラック24の近傍の部位を、高さ方向の寸法が少なくともDa、また幅方向の寸法が少なくともDbの範囲にわたってブレンドアウトし、ノッチの隅肉半径部20（図3参照）がシュラウド12からほぼ取り除かれるようにする。元来の縁16の部分はノッチ隅肉半径部20の近傍でシュラウド12から取り除かれ、ノッチの隅肉半径部20において新しい縁16aが形成されるようにする。クラック24およびクラック24の近傍の部位は、ブレンディング、研磨、切削その他既知の方法で取り除くことができる。元来の縁16は、シュラウド12の面に対して垂直に、あるいは補修部材を溶接できる表面積を大きくするためにシュラウド12に対して角度を付けて、シュラウド12からブレンドアウトすることができる。

20

【0009】

図5は、シュラウド12からノッチの隅肉半径部20と硬質面構造体22を除去した後の新しい縁16aの拡大図である。クラック24（図3参照）およびクラック24の近傍の部位がシュラウド12からブレンドアウトされた後で、硬質面構造体22（図4参照）もシュラウド12から取り除かれる。硬質面構造体22は、切削あるいは研磨のような種々の適切な方法により、シュラウド12から取り除くことができる。クラック24、クラック24の近傍の部位および硬質面構造体22を取り除くことにより、元来の縁16（図3参照）が基本的にすべて除去され、新しい縁16aがシュラウド12の新しい外周として形成される。

30

【0010】

図6は、補修溶接部26を取り付けた新しい縁16aとノッチの隅肉半径部20の拡大図である。クラック24と硬質面構造体22（図3参照）がシュラウド12から取り除かれると、新しい縁16aの部分に沿って補修溶接部26が溶接材料で形成される。補修溶接部26は、クラック24をブレンドアウトすることにより除去されたノッチの隅肉半径部の後を埋めるように形成され、高さ方向の寸法が少なくともDaであり、幅方向の寸法が少なくともDbである。従って補修溶接部26は、事前に除去されたノッチ隅肉半径部20の形状を持ち、新しい補修溶接部の縁16bを延ばしてノッチの隅肉半径部において少なくとも元来の縁16の位置まで戻す。種々の適切な溶接材料を使用できるが、一実施形態では、ニュージャージー州Saddle Brook所在のInternational Nickel Inc.社から調達可能なインコネル625が、適切な溶接材料として使用される。

40

【0011】

図7は、元来の縁16、新しい補修溶接部の縁16b、およびノッチ隅肉半径部20の拡大図であり、補修溶接部26の縁部28が、硬質面ナゲット（図8参照）を受け入れる形状に成形された状態を示す。硬質面ナゲット30をシュラウド12に溶接する前に、硬質面ナゲット30を受け入れる形状に補修溶接部26の縁部28を成形しなければならな

50

い。硬質面構造体 22 (図 4 参照) は高さ方向の寸法 D_c と幅方向の寸法 D_d を持っていたので、硬質面ナゲット 30 を受け入れるように縁部 28 と新しい縁 16a を準備するためには、補修溶接部 26 の縁部 28 と新しい補修溶接部の縁 16b を新しい縁 16a から高さ方向に少なくとも D_c 、幅方向に少なくとも D_d の寸法に成形しなければならない。補修溶接部 26 の縁部 28 は、切削加工その他の種々の適切な方法で、硬質面ナゲット 30 を受け入れる形状に形成できる。

【0012】

図 8 は、新しい補修溶接部の縁 16b、新しい硬質面ナゲットの縁 16c、およびノッチ隅肉半径部 20 の拡大図であり、シュラウド 12 と補修溶接部 26 とに硬質面ナゲット 30 が溶接された状態を示す。硬質面ナゲット 30 は硬質面構造体 22 (図 3 参照) とほぼ同一の形状を持ち、その高さ方向の寸法は少なくとも D_c であり、幅方向の寸法は少なくとも D_d である。硬質面ナゲット 30 は、新しい縁 16a と補修溶接部 26 の成形された縁部 28 とにおいて、シュラウド 12 に溶接される。硬質面ナゲット 30 をシュラウド 12 に溶接することにより、新しい硬質面ナゲットの縁 16c の残りの部分が、少なくとも元来の縁 16 の位置まで延びる。一実施形態では、電流値が約 10A から約 25A の間でのガスタングステン溶接により、硬質面ナゲット 30 をシュラウド 12 に溶接するが、他の種々の適切な溶接方法を採用してもよい。硬質面ナゲット 30 をシュラウド 12 に溶接してから、従来のノッチ修復方法を用いて、硬質面ナゲット 30 と周囲の部分 (すなわち補修溶接部 26) とを使用可能な状態に修復することができる。適切な従来のノッチ修復方法の例としては研磨 (grinding)、脱脂 (degreasing)、応力除去 (stress-relieving)、ショットピーニング (shot peening) などがあるが、これらに限定されない。

【0013】

図 9 は、ノッチの隅肉半径部 20 にクラック 24 が生じたシュラウド 12 を修復するための、例示的で非限定的な方法 100 のフローチャートである。従来の修復方法では、深さ約 0.03 インチ (約 0.8 ミリメートル) までのクラックしか修復できない。方法 100 は、深さ約 0.1 インチ (約 2.5 ミリメートル) までのクラックを修復することができる。始めに、クラック 24 とノッチ隅肉半径部 20 の周囲の損傷した部位とを局所的にブレンダウトする (ステップ 102)。次に、硬質面構造体 22 を切削や研磨加工によりシュラウド 12 から取り除く (ステップ 104)。新しい縁 16a およびノッチ隅肉半径部 20 において、ステップ 102 で除去された部位を溶接充填材で埋めて、補修溶接部 26 を形成する (ステップ 106)。補修溶接部 26 をシュラウド 12 上に形成してから、補修溶接部 26 の縁部 28 を切削加工することにより、シュラウドが、硬質面ナゲット 30 を受け入れる形状に整えられる (ステップ 108)。硬質面構造体 22 があった同じ領域で、硬質面ナゲット 30 をシュラウド 12 と補修溶接部 26 とに溶接する (ステップ 110)。硬質面ナゲット 30 をシュラウド 12 に溶接した後に、研磨、脱脂、応力除去、ショットピーニングなどを含む従来のノッチ修復方法を使用して、シュラウド 12 を使用可能な状態に修復する (ステップ 112)。

【0014】

本発明を好適な実施形態について説明してきたが、本発明の趣旨と範囲から逸脱せずに形態および詳細に対して変更が行えることが、当業者によって理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】タービンプレードの斜視図。

【図 2】タービンプレードのシュラウドの拡大した上面図。

【図 3】タービンプレードのノッチ隅肉半径部に生じたクラックの拡大図。

【図 4】クラックが除去された状態を示すノッチ隅肉半径部の拡大図。

【図 5】タービンプレードの硬質面構造体が除去された状態を示すノッチ隅肉半径部の拡大図。

【図 6】補修溶接部を取り付けた状態を示すノッチ隅肉半径部の拡大図、。

【図 7】補修溶接部が硬質面ナゲットを受け入れるように形成された状態を示すノッチの

隅肉半径部の拡大図。

【図 8】硬質面ナゲットを取り付けたノッチ隅肉半径部の拡大図。

【図 9】タービンブレードのノッチ隅肉半径部の損傷部位を修復する方法のフローチャート。

【符号の説明】

【 0 0 1 6 】

20…ノッチの隅肉半径部

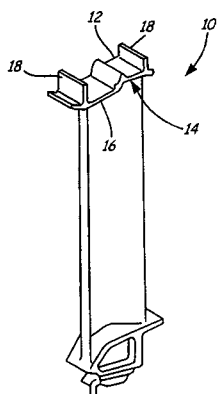
2 2 … 硬質面構造体

2 6 …補修溶接部

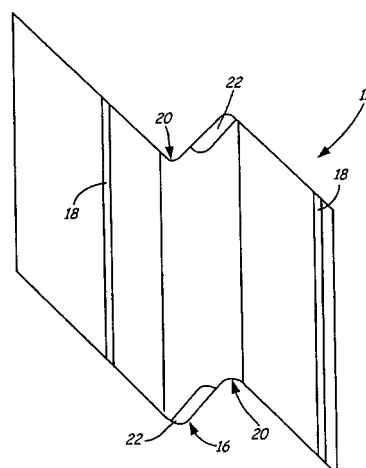
30…硬質面ナゲット

10

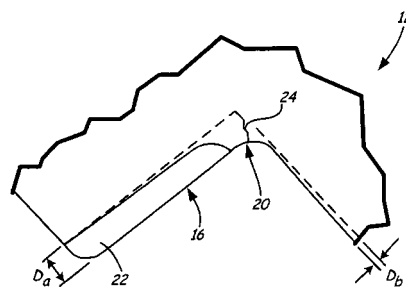
【 図 1 】



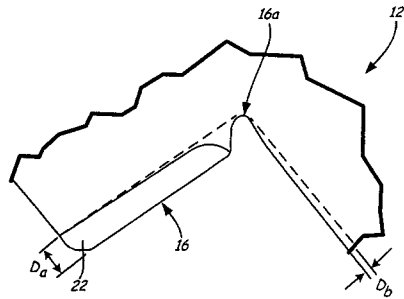
【図 2】



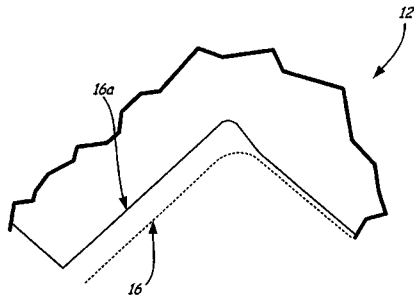
【図 3】



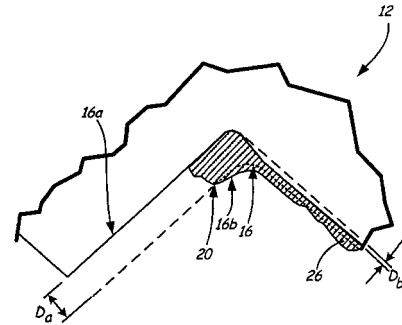
【図 4】



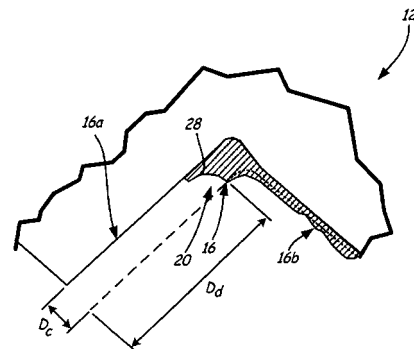
【図 5】



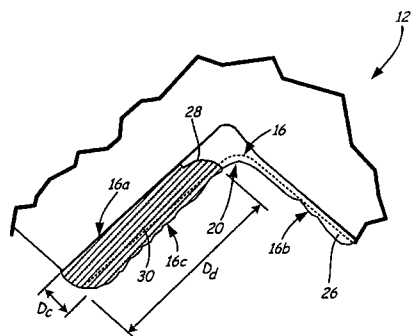
【図 6】



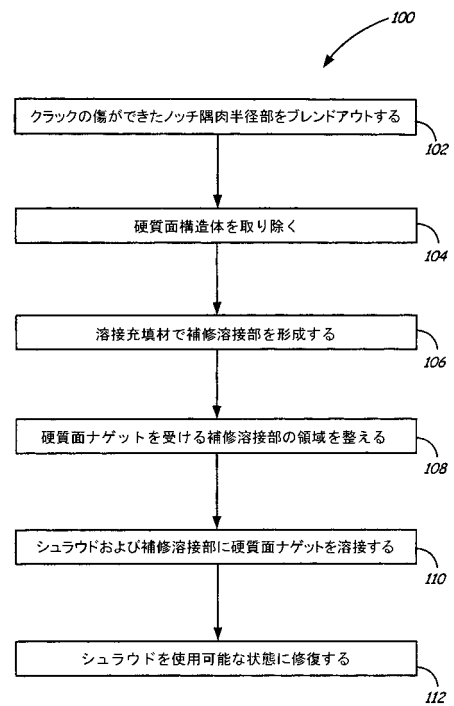
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	F O 1 D 25/00	L
F ターム (参考)	3G002 BA02 BA06 BA10 BB05 DA03 DA08 EA06	
	4E081 YD10 YX01 YX07 YX08 YX12	