

(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2005-3003

(P2005-3003A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.⁷

F02C 7/00
B23K 1/00
B23K 31/00
B23K 31/02
F01D 25/00

F I

F02C 7/00 D
B23K 1/00 33OP
B23K 31/00 D
B23K 31/02 31OB
B23K 31/02 31OC

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-175051 (P2004-175051)
(22) 出願日 平成16年6月14日 (2004.6.14)
(31) 優先権主張番号 10/459,805
(32) 優先日 平成15年6月13日 (2003.6.13)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、リバーロード、1番
(74) 代理人 100093908
弁理士 松本 研一
(74) 代理人 100105588
弁理士 小倉 博
(74) 代理人 100106541
弁理士 伊藤 信和
(74) 代理人 100129779
弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

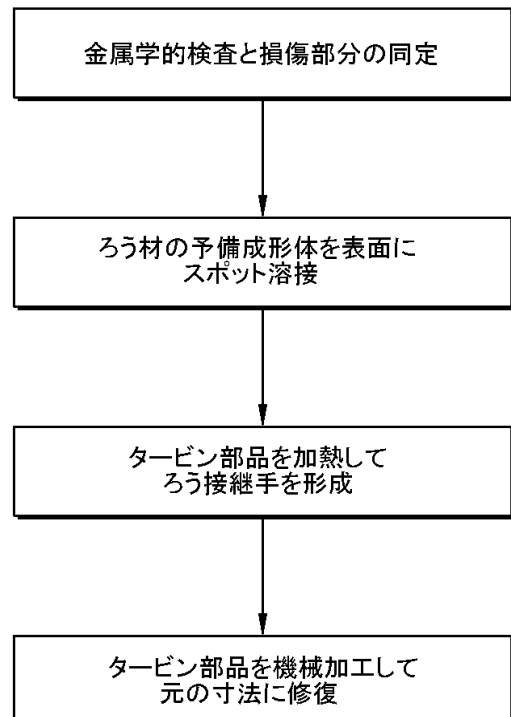
(54) 【発明の名称】 タービン部品の補修法

(57) 【要約】

【課題】 タービン部品の補修する方法を提供する。

【解決手段】 本方法は、損傷部分を含むタービン部品の表面にろう材の予備成形体をかぶせる段階と、ろう材の予備成形体を表面に固定する段階と、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階とを含む。本方法によって補修された補修タービン部品もまた、開示されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

タービン部品を補修する方法であって、

損傷部分を含むタービン部品の表面にろう材の予備成形体をかぶせる段階と、

ろう材の予備成形体を表面に固定する段階と、

ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階と、

を含む方法。

【請求項 2】

タービン部品を機械加工して該タービン部品をその元の寸法に戻す段階をさらに含む、請求項 1 記載の方法。 10

【請求項 3】

予備成形体をタービン部品の表面にスポット溶接する前に、該タービン部品を不活性ガスで保護する段階をさらに含む、請求項 1 又は請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

予備成形体をタービン部品の表面にスポット溶接する前に、該タービン部品を還元性ガスで保護する段階をさらに含む、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

還元性ガスが水素ガスである、請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

タービン部品を加熱する段階が、ろう材の融点よりも高くかつタービン部品の融点よりも低い温度まで段階的に加熱する段階を含む、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項記載の方法。 20

【請求項 7】

ろう材が、2 種以上の金属の合金又は超合金を含む、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 8】

タービン部品を加熱する段階が、真空及び不活性雰囲気を含む、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 9】

予備成形体を表面に固定する段階が、スポット溶接する段階を含む、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項記載の方法。 30

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載の方法によって補修したタービン部品。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、金属部品の損傷部分の補修法並びに補修した金属部品に関する。さらに具体的には、本発明は、タービン部品の補修法並びに補修タービン部品に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えばタービンエンジンのような発電装置のある種の部品は、装置の高温ガス通路内で作動する。ガスタービンエンジンのタービンセクションでは、部品は極度の高温と燃焼ガス中に存在する夾雑物質に暴露され、熱膨張による周期的負荷及び高温ガス流による摩耗を生じる。かかる環境での作動の結果、タービン部品の露出部分は劣化を受ける。種々の劣化の形態には、特に限定されないが、例えば翼形部及びタービン部品の側壁表面での酸化作用、割れの発生及び/又は腐食及び摩耗が挙げられる。この種の劣化は、タービン作動効率の低下を招き、また劣化部分の離脱及びそれとの接触により下流に位置する部品に損傷を与えるおそれがある。

【0003】

航空宇宙産業及び発電産業では、エンジン部品の交換よりもそれらの部品を費用をかけて補修する方がはるかに経済的である。損傷部分の補修及び修復によって、壊滅的な故障が回避され、ガスタービン全体の効率が改善され、運転コストが低減される。十分な補修及び修復を行うためには、その方法は、構造上健全な構造体を得ると同時に、表面を元の寸法に修復できるものでなくてはならない。さらに補修の期間は最小限であるべきである。補修及び修復を行うためには、一般に、相容性の充填材を溶着又は被覆させることができるように、例えばフライス加工、切削、機械加工、ガウジング、レーザ切断その他の加工によって損傷部分全体を除去する。次に、充填材を溶着させて、除去部分と置換える。充填材と母材又は基材金属との適切な接着は、補修における重要な検討事項である。理想的には、充填材は、母材金属と類似した物理的性質及び機械的性質を備えるべきである。さらに、充填材及びタービン部品が暴露される過酷な作動条件のため、充填材は十分な耐食性及び耐環境性を示すことが望ましい。さらに、タービン部品の補修プロセスは補修部分の周囲とその他の部分に損傷を与えないことが望ましい。

10

【0004】

一般に現行の補修方法には、視認できる個々の割れを溶接補修すること又は損傷部分の除去により形成された陥凹部内に新規材料片を溶接することによって損傷部分を置換えることが含まれる。一般に、溶接は、割れを補修するか、又は新規材料片と親部品とを溶融し互いに融合させることによって新規材料片を親部品に接合する。金属を融合させるため、集中熱源を接合部に直接適用する。この熱源は、母材金属と充填金属（接合される金属）とを溶融させるため高温である。溶接熱が強いため、溶接熱を広い領域全体に均一に加えることは非現実的である。

20

【0005】

不都合なことに、不均一な集中加熱と使用する高温のため、溶接プロセスは、不均一な集中加熱に起因するタービン部品内部の多大な熱勾配により、補修するタービン部品に大きな変形を発生させ、内部応力を有害な状態に閉じ込め、2次的な割れの発生をもたらし、タービン部品（例えばノズルなど）内の冷却孔に近接する損傷部分を該冷却孔自体に影響を与えずに補修するのを困難にし、また補修を行うのに多大な時間と労力とを必要とする可能性がある。

【0006】

溶接によって惹き起こされる可能性があるこれらの問題に加えて、良好な溶接の実施の一部として、一定の環境下では予熱段階を必要とする場合がある。予熱段階の目的は、水素による割れを防止することであり、この種の割れは、溶接部の冷却後に発生し、通常は溶接部の先端その他の溶接欠陥から延びる。このような割れは検出が困難であり、特に溶接部が高い応力部に位置するときはタービン部品の有効寿命に有害となりかねない。予熱による高温は、水素の拡散を増大させて溶接部から水素を焼除する。予熱は、溶接部の冷却速度を緩和することができ、母材金属の溶接部及び熱影響部内での過度の延性の喪失を防止する。勿論、予熱によってタービン部品の補修費用及び時間は著しく増える。

30

【0007】

また、溶接プロセスによって変形が生じるようなこれらのケースでは、タービン部品は、変形によって生じた応力を排除するために機械的力を加える及び/又は熱処理を施す必要がある場合がある。タービン部品は厳密な仕様になっており、元の形状及び元の仕様が、補修及び修復を終えた後にも維持されることが重要である。

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

従って、損傷したタービン部品の補修及び修復方法を改善する必要性が依然として存在している。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明はタービン部品を補修する方法であり、本方法は、損傷部分を含むタービン部品

50

の表面にろう材の予備成形体をかぶせる段階と、ろう材の予備成形体を表面に固定する段階と、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階とを含む。

【0010】

別の実施形態では、タービン部品を補修する方法は、タービン部品の表面から損傷部分を除去して該表面内に陥凹部分を形成する段階と、陥凹部分の側面寸法と略等しい外側面寸法を有する1以上のろう材の予備成形体を該陥凹部分に固定する段階と、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階とを含む。

【0011】

上記の及び他の特徴を、以下の詳細な説明及び図によって例示的に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、タービン部品の損傷部分を補修するろう付け方法に関する。本方法は一般に、損傷部分を含むタービン部品の表面にろう材の予備成形体をかぶせる段階と、ろう材の予備成形体を表面にスポット溶接する段階と、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階とを含む。本補修方法は、好ましくはスポット溶接したろう材を機械加工してタービン部品を元の寸法に戻す段階をさらに含む。

【0013】

別の実施形態では、本ろう付け方法は、タービン部品の表面から損傷部分を除去して該表面内に陥凹部分を形成する段階と、陥凹部分の側面寸法と等しい外側面寸法を有する1以上のろう材の予備成形体を該陥凹部分内に挿入する段階と、該1以上の予備成形体を陥凹部分にスポット溶接する段階と、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成するのに有効な温度まで該タービン部品を加熱する段階とを含む。同時に処理されるか又は個々に形成される状態で付加的な予備成形体を加えて、陥凹部分を完全に充填するのに十分な厚さを与えることができる。好ましくは、陥凹部分内への予備成形体の充填が若干過剰になるようにし、次いで機械加工して、タービン部品を元の寸法へ修復する。

【0014】

ここで図1を参考にすると、この図は、例示的な方法のフローを示している。この方法のフローには、損傷部分を特定するためのタービン部品の金属学的分析が含まれる。一旦損傷部分が特定されると、相容性のろう材の予備成形体が、損傷部分を完全に覆うのに十分な面積を有するように区分して切断される。タービン部品は、タービンの機能及び作動条件に応じて種々の材料で製作できる。ガスタービンが製作される典型的な材料は、ニッケル基超合金である。ろう材は、タービン部品を形成する金属と相容性であるように選定される。

【0015】

予備成形体は、毎回正確な所要量を使用されることを保障するろう合金の量だけ計量される。正確な合金量により損傷部が充填されるので、このことは、通常廃棄部品の減少をもたらす。予備成形体は、好ましくは、ろう材粉体を各施工の要求に最も良く適合するような所望の形状に焼結することによって製作される。本方法は、特定の合金からなる予備成形体に限定することを意図するものではない。適当な予備成形体は、Aerospac International Materials社から市販されている。

【0016】

予備成形体を製作するのに適当なろう材は、2種以上の純金属で作られた合金である。ろう材の物理的性質は、金属学的組成に基づく。この組成は、ろう材が補修される金属と相容性であるかどうか、すなわち有害な金属学的化合物を形成せずに両者間に濡れ性があり、継手部及び/又は割れ全体にわたって完全に流動できるかどうかを決定する。溶融特性もまた、金属学的組成に基づく。殆どのろう材は合金であるので、通常それらろう材は、該ろう材が溶融時に共融温度を形成する類の金属合金組成物である場合を除き、1つ

10

20

30

40

50

の温度で固体状態から液体状態に変化する純金属と同様には溶融しない。金属学用語では、共融合金ろう材は同一の融点（固相線）及び流動点（液相線）を有する。

【0017】

次に、ろう材予備成形体は、損傷部分の補修を行うためにタービン部品をさらに取扱うことができるように、表面にスポット溶接される。ろう材予備成形体を表面にスポット溶接するのに抵抗溶接又は類似の溶接を使用することができる。スポット溶接量は、好ましくはタービン部品への変形損傷を回避するために最小限に保たれる。

【0018】

次に、スポット溶接された予備成形体を含むタービン部品には、ろう付けプロセスが施されて損傷部分内にろう接継手を形成する。好ましい実施形態では、ろう付けプロセスは加熱炉内で行われる。加熱炉は、好ましくは真空及びガス機能を備える。真空ろう付けは、好ましくは約 10^{-3} ～約 10^{-6} ミリバールの圧力及び600°F以上の温度で実施され、この条件によって金属部品の酸化の防止が助長される。さらに好ましくは約 10^{-4} ミリバールの圧力である。これらの条件下では、一般に融剤は使用されない。

【0019】

ろう付けプロセス中の温度は、好ましくは所定時間で段階的に昇温され、その後段階的に冷却されてろう接継手を形成する。なお、溶接とは異なり、ろう付けはタービン部品の基材又は母材金属を溶融しない。従ってろう付け温度は、常に基材金属の融点よりも低い。しかし、ろう材すなわち合金組成物は、タービン部品の基材材料よりも低い温度で溶融するように選定される。ろう材は、好ましくは約25、さらに好ましくは約50、さらに一段と好ましくは約100、最も好ましくは約200低い融点を有する。溶融時に、ろう材は、好ましくは、基材材料の表面を濡らしかつ損傷部分内のあらゆる空隙及び間隙を満たし、同時に予備成形体とタービン部品との間に形成された接合面内に流動する。さらに処理し冷却すると、ろう材とタービン部品の基材金属との間にろう接継手が形成される。

【0020】

ろう付けプロセスの完了に続いて、好ましくは表面をそれらの適切な輪郭に機械加工する。表面は、好ましくはタービン部品として仕様を定められた元の寸法に機械加工する。任意段階ではあるが、表面内の段高さの差異がタービン部品に対する欠陥になると考えられる場所に機械加工が必要となる場合がある。好ましくは、機械加工プロセスではタービン部品の温度を過度に上昇させない。

【0021】

別の実施形態では、損傷部分はタービン部品から除去されて該タービン部品内に陥凹部を形成する。好ましくは、損傷部分のみを除去する。損傷部分の除去は、多数の異なる方法を使用することにより行うことができ、例えばタービン部品の一部分が損傷しているとの金属学的分析及び決定に基づいて、フライス加工法を使用してタービン部品から損傷部分を除去することができる。次に、1以上のろう材の予備成形体を、除去部分の外側面寸法に合わせて切断し、陥凹部内にスポット溶接する。スポット溶接した予備成形体とタービン部品との間に形成された継ぎ目は、必要に応じて、融剤で覆うことができる。次に、例えばタービン部品を図2にその一例を示す加熱プロセスに付するろう付けサイクルを開始して、ろう材とタービン部品との間にろう接継手を形成する。

【0022】

必要に応じて、タービン部品は、最初に洗浄プロセスを受ける。洗浄プロセスは、使用したろう付けプロセスの種類に応じて多くの形態又は組合せ、例えばアルカリ洗浄、酸洗浄、ガス洗浄、脱脂洗浄、前述の洗浄法の1以上を含む組合せ又は類似の形態をとることができる。使用する洗浄プロセスの選択は、補修する部品とろう接継手を形成するのに望ましいろう付けプロセスの種類とにより決まることになる。洗浄プロセスはまた、該洗浄プロセスにより生じた汚れ等をさらに除去するためにライトグリットブラストを含んでいてもよい。洗浄プロセスは、好ましくは、それぞれの洗浄プロセスに關与する化学反応の進行を促進するように高温で実施される。

10

20

30

40

50

【0023】

さらに必要に応じて、金属酸化物の形成を防止するために、ろう付けプロセスに先立って保護ガスを使用することができる。例えば、高温真空加熱炉でのろう付けでは、不活性ガスを使用して露出表面への金属酸化物の形成の低減を促すのが好ましい。不活性ガスは還元作用をもつ必要はなく、単に金属酸化物の形成を妨げるだけで十分である。しかし、不活性ガスに代えて、例えば水素のような還元性があるように選択したガスを使用するのが好ましいことがある。還元性ガスを使用する場合、存在するあらゆる金属酸化物が不活性ガスの還元性成分との化学反応によって除去される。反応の程度は一般に、金属酸化物の結合エンタルピーと不活性ガスの乾き度に応じて決まる。

【0024】

以下の実施例は、本発明のいくつかの実施形態を説明するために示す。これらの実施例は、いかなる観点においても本発明を限定することを意図するものではない。

【0025】

実施例 1

この実施例では、予備焼結したろう材の予備成形体と金属合金基板とを使用して、タービン部品の補修をシミュレーションした。Howmet Castings社からFSX 414という商品名で市販の合金基板内に1インチ×1インチの空洞をフライス加工した。予備焼結した予備成形体は、Aerospace International Materials社からX40/D15という商品名で市販の合金ろう材であった。合金ろう材は、4インチ×4インチ×60ミルの寸法を有する予備成形体として入手した。図1は、予備成形体をFSX 414基板にろう付けする方法のフローを示す。処理に先立ち、FSX 414基板は、2100°Fで約2時間水素ガスに暴露された。さらに、スポット溶接した予備成形体と基板との間に形成された継ぎ目にペーストを塗布した。次に、基体と予備成形体とを、室温近辺から約2100°Fまで段階的に加熱し、また段階的に冷却して室温に戻した。Praxair社から入手した、塗布したろう付け金属ペーストは、金属対バインダ比率90:10でバインダ内に配置したろう合金組成を含む。ろう付け温度又は該ろう付け温度の近傍で、バインダは燃え尽きて、溶融しさらにろう付け予備成形体と基板と間の継ぎ目をシールした状態で合金ろう材が残った。冷却した後、補修した基体を検査した。図2は、ろう付けプロセス後の基板を示す顕微鏡写真と研磨してその元の寸法に基板を修復した後の該基板の顕微鏡写真とを示す。基板は、研磨後に1800°Fの加熱炉内での500サイクルに暴露された。比較のためにその証拠の基板を示す。

【0026】

実施例 2

この実施例では、ノズルの一分部を除去して、実施例1におけると同様のろう付けプロセスを施した。ろう付け後に、表面を元の寸法に機械加工した。図3は、置換え部分の位置を特定したノズル部分の平面図を示す。顕微鏡写真は、開口部がろう付けプロセスによって実質的に影響を受けていないことを明瞭に示している。

【0027】

実施例 3

この実施例では、引張強度を、室温と1500°Fとにおいて測定した。テスト構造体の寸法を図4に示す。FSX 414合金が基材金属として使用された。合金ろう材は、X40/D15合金であった。ろう接継手は、実施例1のろう付けプロセスによって定められたように形成された。ろう接継手が有る状態のテスト構造体とろう接継手がない状態でのテスト構造体(母材そのものであり、その形状をテスト構造体の寸法に構成した)との比較を行った。引張強度の測定は、Instron Model 番号1125ネジ駆動フレーム上で0.02インチ/分で行った。結果を表1に示し、この表は、ろう付け材料の引張強度、降伏応力及び伸びパーセントが、母材そのものと略同じであるか又は該母材そのものよりも強いことを明瞭に示している。この結果は、ろう接継手が、親構造体と同等又は該親構造体よりも良好な、構造体に対する構造上の健全性もたらすことを明瞭に示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

【 表 1 】

表 1

材料	温度 (°F)	0.2%降伏応力 (ksi)	極限引張強度 (ksi)	破断までの伸び (%)
FSX414	RT	61.3	90	----
FSX414	RT	58.9	87.8	15
FSX414	1,500	28	50.6	29
FSX414	1,500	27.7	49.6	31
FSX414	1,500	27.8	52.2	28
ろう付け	室温	66.4	79.3	1
ろう付け	室温	66.3	74.5	1
ろう付け	室温	69.5	77.4	1
ろう付け	1,500	33.5	55.1	13
ろう付け	1,500	30.3	54.7	10
ろう付け	1,500	30.4	49.9	13

10

20

【 0 0 2 9 】

本明細書に記載した本方法は、予備成形体を容易に任意の寸法及び形状に適合させることができるので、極めて用途が広く、種々のタービン部品部分の補修に使用可能であるという利点がある。例えば、ノズル補修などの場合に冷却孔の健全性を損なわずに冷却孔近くの損傷部分の局所的補修を行うことができる。一般に、本ろう付け方法は、従来の人手によるウイッシュボーン取換え法に比べると、比較的大幅でない補修方法を提供する。本ろう付け方法は、補修するタービン部品に対して均一な熱暴露をもたらす、従来技術の溶接プロセスに関連する二次的な割れの形成を最小にする。さらに、本ろう付け方法では、部品全体に対して均一な熱暴露を加えるので、取換え部を囲む領域に対する損傷が防止される。本ろう付け予備成形体は、任意の寸法及び形状に容易に製作することができる。本ろう付け方法を使用して、元の形状寸法を得ることができ、あらゆるガスタービンペーンの翼形部前縁及び後縁の修復に有効である。

30

【 0 0 3 0 】

例示的な実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明の技術的範囲から逸脱することなく種々の変更を加えることができまた均等物で本発明の要素を置き換えることができることは、当業者には明らかであろう。さらに、本発明の本質的な技術的範囲から逸脱することなく特定の状況及び材料を本発明の教示に適合させるために多くの変更を加えることができる。従って、本発明は、本発明を実施するために考えられる最良の形態として開示した特定の実施形態に限定されるものではなく、本発明が特許請求の範囲の技術的範囲内に属する全ての実施形態を含むことになることを意図している。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】タービン部品を補修する方法のフローチャート。

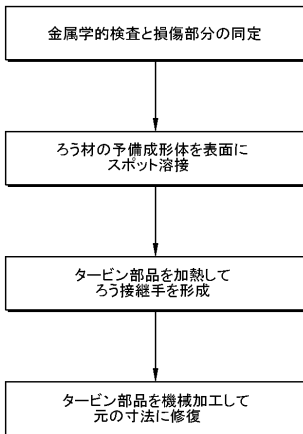
50

【図2】ろう付け後の基板、研磨後の基板及び証拠の基板を示す写真。

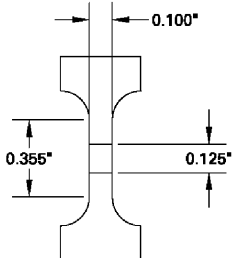
【図3】ノズル部品のろう付け補修を示す写真。

【図4】種々のろう接継手の引張強度を測定するためのテスト構造体の平面図。

【図1】

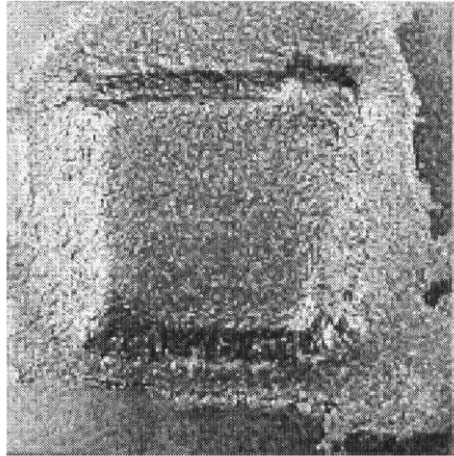


【図4】

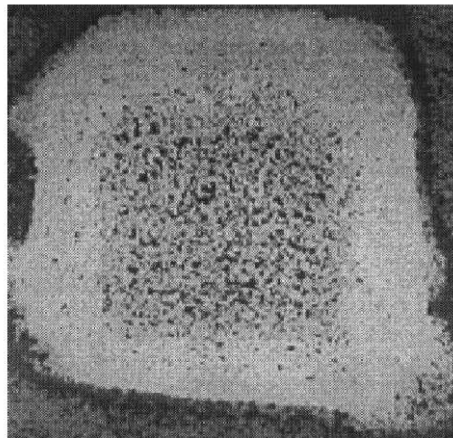


【 図 2 】

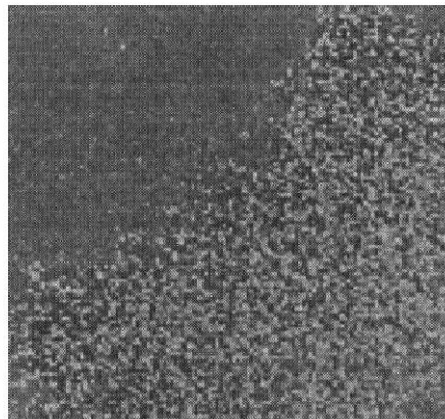
ろう付け後



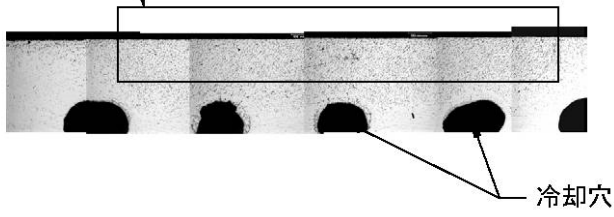
研削及び1800° Fで
500サイクル後



1800° Fで500サイクル
後のFSX414の証拠



【図3】
元の機械加工した
空洞の位置



ろう付け補修後のFSX414の
ノズル後縁の断面図

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
// B 2 3 K 11/00	F 0 1 D 25/00 X B 2 3 K 11/00 5 1 0	

- (72)発明者 パジャヤヌル・ラマナサン・サブ라마ニアン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ヘザー・レーン、909番
- (72)発明者 ジェームズ・アンソニー・ルード
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、デルマー、ブルックビュー・アベニュー、17番
- (72)発明者 ローレント・クレテグニー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、セファロニア・ドライブ、6番