

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5579525号
(P5579525)

(45) 発行日 平成26年8月27日 (2014. 8. 27)

(24) 登録日 平成26年7月18日 (2014. 7. 18)

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| F 0 2 C 7/00 (2006. 01) | F 0 2 C 7/00 C |
| C 2 2 C 19/05 (2006. 01) | C 2 2 C 19/05 L |
| B 2 3 K 1/19 (2006. 01) | C 2 2 C 19/05 B |
| B 2 3 K 35/30 (2006. 01) | B 2 3 K 1/19 J |
| B 2 3 K 35/22 (2006. 01) | B 2 3 K 35/30 3 1 0 D |
| 請求項の数 9 (全 19 頁) 最終頁に続く | |

| | | | |
|--------------|------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2010-168730 (P2010-168730) | (73) 特許権者 | 390041542 |
| (22) 出願日 | 平成22年7月28日 (2010. 7. 28) | | ゼネラル・エレクトリック・カンパニー |
| (65) 公開番号 | 特開2011-33028 (P2011-33028A) | | アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3 |
| (43) 公開日 | 平成23年2月17日 (2011. 2. 17) | | 4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1 |
| 審査請求日 | 平成25年7月26日 (2013. 7. 26) | | 番 |
| (31) 優先権主張番号 | 12/533, 101 | (74) 代理人 | 100137545 |
| (32) 優先日 | 平成21年7月31日 (2009. 7. 31) | | 弁理士 荒川 聡志 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (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 | ジア・エイ・ジョンソン |
| | | | アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グ |
| | | | リーンヴィル、ウォータース・エッジ・ド |
| | | | ライブ、2 0 0 番 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 部品を補修するためのろう付けプロセス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ニッケル基合金からなる部品を補修する方法であって、
 少なくとも第 1 のろう付けペーストを部品中の空隙に塗布し、第 1 及び第 2 の合金並びに
 有機バインダーからなる粉体を含むろう付けペーストパッチを形成する段階であって、第
 1 の合金が第 2 の合金よりも高い融解温度を有し、第 1 及び第 2 の合金の粉体が、3 0 :
 7 0 ~ 7 0 : 3 0 の重量比でろう付けパッチ中に存在し、第 1 の合金が、重量基準で、1
 5 . 0 ~ 1 7 . 0 % のモリブデン、1 4 . 5 ~ 1 6 . 5 % のクロム、4 . 0 ~ 7 . 0 % の
 鉄、3 . 0 ~ 4 . 5 % のタングステン、2 . 5 % 以下のコバルト、残部のニッケルと不可
 避不純物からなるニッケル基合金であるか、或いは重量基準で、9 ~ 1 1 % のコバルト、
 7 ~ 9 % のクロム、9 ~ 1 1 % のタングステン、2 . 5 ~ 3 . 5 % のタンタル、5 ~ 6 %
 のアルミニウム、0 . 5 ~ 1 . 5 % のチタン、0 . 6 ~ 0 . 8 % のモリブデン、1 . 3 ~
 1 . 7 % のハフニウム、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 8 % のジルコニウム、0 . 0 1 ~ 0 . 0 2 %
 のホウ素、0 . 1 3 ~ 0 . 1 7 % の炭素、残部のニッケルと不可避不純物からなる 強
 化ニッケル基合金のいずれかであり、第 2 の合金が、重量基準で、1 9 ~ 2 1 % のクロム
 、2 . 5 ~ 3 . 5 % のタンタル、2 . 5 ~ 3 . 5 % のホウ素、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 0 5 %
 のイットリウム、残部のニッケルと不可避不純物からなるニッケル合金である段階と、
 ろう付けペーストを加熱してバインダーを燃焼させて第 2 の合金の少なくとも粉体を融解
 させ、第 2 の合金により形成されたマトリクス中に分散させた第 1 の合金の粒子を含有す
 る空隙内にろう付けを形成する段階と

10

20

を含む方法。

【請求項 2】

前記空隙が部品の壁セクション中の厚み方向の亀裂であり、最大 2 . 5 m m の厚みを有することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 1 の合金粉体が、重量基準で、15 . 0 ~ 17 . 0 % のモリブデン、14 . 5 ~ 16 . 5 % のクロム、4 . 0 ~ 7 . 0 % の鉄、3 . 0 ~ 4 . 5 % のタングステン、2 . 5 % 以下のコバルト、残部のニッケルと不可避不純物からなることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

第 1 及び第 2 の合金の粉体が、40 : 60 ~ 50 : 50 の重量比でろう付けパッチ中に存在することを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

第 1 の合金粉体が、重量基準で、9 ~ 11 % のコバルト、7 ~ 9 % のクロム、9 ~ 11 % のタングステン、2 . 5 ~ 3 . 5 % のタンタル、5 ~ 6 % のアルミニウム、0 . 5 ~ 1 . 5 % のチタン、0 . 6 ~ 0 . 8 % のモリブデン、1 . 3 ~ 1 . 7 % のハフニウム、0 . 003 ~ 0 . 008 % のジルコニウム、0 . 01 ~ 0 . 02 % のホウ素、0 . 13 ~ 0 . 17 % の炭素、残部のニッケルと不可避不純物からなることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

第 1 及び第 2 の合金の粉体が、40 : 60 ~ 60 : 40 の重量比でろう付けパッチ中に存在することを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

第 1 及び第 2 の合金の粉体が、共に混合され且つバインダーと組み合わせられ、ろう付けペーストパッチを形成するための空隙に塗布される第 1 のろう付けペーストを形成することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記空隙が最大 1 m m の幅を有することを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

第 1 の合金の粉体を処理して第 1 のろう付けペーストを形成し、第 2 の合金の粉体を処理して第 2 のろう付けペーストを形成し、第 1 のろう付けペーストを空隙に塗布し、第 2 のろう付けペーストを第 1 のろう付けペーストを覆って塗布してろう付けペーストパッチを形成し、空隙が 1 m m を超える幅を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は全体的に、高温で作動する部品を補修するためのろう付けプロセス及び材料に関する。より詳細には、本発明は、ガスタービンエンジンのインピンジメントプレートなどの比較的薄い部品における厚み方向亀裂を含む、ガスタービンの高温ガス通路部品における亀裂及び他の欠陥を充填するプロセスに関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンの高温ガス通路部品は通常、タービン動作温度及び動作条件に対して望ましい機械的及び環境特性を備えたニッケル、コバルト、又は鉄基超合金から形成される。特定の実施例は、ノズル組立体が貫通してガスタービンエンジンの燃焼器に延びる燃焼ライナキャップ組立体の後端を保護するインピンジメントプレートである。インピンジメントプレートは、エフュージョン冷却孔を備え、キャップ組立体の輻射シールドとして機能するようにインピンジメントプレートの能力を向上させることができる。通常、インピンジメントプレートは薄肉であり、非限定的な 1 つの実施例は、約 0 . 092 インチ (約 2 . 3 m m) 厚みであり、その結果、燃焼器付近の熱的に過酷な環境において貫通亀裂が生じ

10

20

30

40

50

る可能性がある。ろう付け及び溶接技術を含む、様々な方法を用いてこれらの亀裂を充填することができる。

【0003】

当該技術分野で知られるように、ろう付け補修技術は、補修される部品のベース金属の融点よりも低い温度で実施される。超合金部品に対して実施されるろう付けは通常、本願出願人の米国特許第6187450号(Budinger他)、同第6530971号(Cohen他)及び同第7279229号(Budinger他)により明らかにされるように、ペースト、パテ、スラリー、及びテープなどの柔軟な形態のろう付け材料の使用を伴う。また、焼結プリフォームを用いたろう付け技術は、本願出願人の米国特許第7335427号(Sathian)で教示されるようなバケット表面に耐摩耗性材料を施工する目的で、及び本願出願人の米国公開特許出願第2007/0154338号(Sathian)で教示されるような表面肉盛り及び表面硬化の目的で提案されている。ろう付けペースト、パテ、スラリー、及びテープは一般に、バインダー中に金属粒子を含有し、該バインダーは、金属粒子を互いに且つろう付け表面に接着し、ろう付け中に焼き尽くされる。金属粒子は通常、2種以上の合金の混合物であり、その1つが、ろう付け材料の残りの金属成分よりも低い融点を得るために融点降下材(例えば、ホウ素又はシリコン)を含有する。ろう付け中、より低い融解粒子は、融解してより高い融解粒子間の空隙を埋める液体を形成し、凝固時には、高融解粒子を互いに且つ基材に結合する。このようなろう付け材料に付随する問題は、ろう付け材料の最適な量を一貫して使用すること、ろう付け材料を正確に位置付けること、並びにろう付けされる区域に対してろう付け材料を正確な形状及び大きさにすることに関する問題を含む。他の欠点は、低密度であること、並びにバインダー燃焼中に生成される孔及び空隙が過剰であり、結果として得られるろう付けの機械的特性が不十分なものになることである。

【0004】

エフュージョン冷却孔を備えたインピンジメントプレートの補修については、追加の欠点は、比較的薄い壁セクションにおける小さな貫通亀裂、並びに大きな貫通孔の充填が困難であることを含み、後者の場合、ろう付け材料は、ろう付け前及びろう付け中に材料がろう付け区域から流出しないように十分な粘性を有する必要があるが、これに加えて、種々の幅の亀裂に完全に浸潤させることができないかもしれない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7335427号明細書

【発明の概要】

【0006】

本発明は、ガスタービンエンジンの燃焼器のインピンジメントプレートのような高温部品の比較的薄肉セクションにおける亀裂を充填し閉鎖するのに好適な方法及び1以上のろう付けペーストを提供する。

【0007】

本方法は一般に、1種以上のろう付けペーストを亀裂に塗布し、第1及び第2の合金並びに有機バインダーからなる粉体を含むろう付けペーストパッチを形成する段階を含む。第1の合金は第2の合金よりも高い融解温度を有し、第1及び第2の合金の粉体は、約30:70~約70:30の重量比でろう付けペーストパッチ中に存在する。第1の合金は、重量基準で、15.0~17.0%のモリブデン、14.5~16.5%のクロム、4.0~7.0%の鉄、3.0~4.5%のタングステン、2.5%以下のコバルト、残部のニッケルと不可避不純物からなるニッケル基合金であるか、或いは重量基準で、9~11%のコバルト、7~9%のクロム、9~11%のタングステン、2.5~3.5%のタンタル、5~6%のアルミニウム、0.5~1.5%のチタン、0.6~0.8%のモリブデン、1.3~1.7%のハフニウム、0.003~0.08%のジルコニウム、0.01~0.02%のホウ素、0.13~0.17%の炭素、3~1.7%のハフニウム、

0.003～0.08%のジルコニウム、0.01～0.02%のホウ素、0.13～0.17%の炭素、残部のニッケルと不可避不純物からなる強化ニッケル基合金のいずれかである。第2の合金が、重量基準で、19～21%のクロム、2.5～3.5%のタンタル、2.5～3.5%のホウ素、0.003～0.005%のイットリウム、残部のニッケルと不可避不純物からなるニッケル合金である。次に、ろう付けペーストを加熱してバインダーを燃焼させて第2の合金の少なくとも粉体を融解させ、第2の合金により形成されたマトリクス中に分散させた第1の合金の粒子を含有する空隙内にろう付けを形成する。

【0008】

本発明の好ましい態様によれば、ろう付けペーストが、種々の幅の亀裂を完全に充填するのにろう付け温度において十分な流体になる結果として、ろう付けペーストは、幅狭及び幅ヒコの貫通亀裂、並びに隣接貫通孔の両方を補修できる高密度ろう付けを形成することができる。

【0009】

本発明の他の態様及び利点は、以下の詳細な説明からより理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ガスタービンエンジンの燃焼器ライナキャップ組立体用のインピンジメントプレートの表面領域における貫通亀裂を示すスキャン画像。

【図2】本発明をもたらす研究中に評価したろう付けペースト試料の配置の概略図。

【図3】図2で識別された試料の加熱中に利用されるろう付けサイクル温度分布を表すグラフ。

【図4】図3のろう付けサイクルの次に、図2の試料により形成されるろう付けの外観を示すスキャン画像。

【図5】図4の試料の一部の断面を示すスキャン画像。

【図6】図4の試料の一部の断面を示すスキャン画像。

【図7A】本発明をもたらす第2の研究中のインピンジメントプレートの狭い貫通亀裂上へのろう付けペースト試料の配置を示すスキャン画像。

【図7B】第2の研究中のインピンジメントプレートの広い貫通亀裂上へのろう付けペースト試料の配置を示すスキャン画像。

【図8A】図7Aに類似する狭い貫通亀裂の補修中に形成されるろう付けを示すスキャン画像。

【図8B】図7Aに類似する狭い貫通亀裂の補修中に形成されるろう付けを示すスキャン画像。

【図9A】図7Bの幅広貫通亀裂の補修中に形成されるろう付けを示すスキャン画像。

【図9B】図7Bの幅広貫通亀裂の補修中に形成されるろう付けを示すスキャン画像。

【図10】第2の研究中に補修されるインピンジメントプレートにおける幅狭の貫通亀裂の断面を示すスキャン画像。

【図11】第2の研究中に補修されるインピンジメントプレートにおける幅広の貫通亀裂の断面を示すスキャン画像。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、ガスタービンエンジンの燃焼ライナキャップ組立体用の輻射シールドとして機能するよう適合された形式のインピンジメントプレートの表面領域を示している。インピンジメントプレートは、ガスタービンエンジンの燃焼器により放出される熱輻射からキャップ組立体をシールドするインピンジメントプレートの能力を向上させる、多数のエフュージョン冷却孔を有するように形成されるものとして図示されている。インピンジメントプレートは、ガスタービン燃焼器の過酷な熱環境に耐えることができる材料から形成される。このような材料の注目すべき実施例は、H a s t e l l o y X、すなわち、組成式が重量%でNi - 0.1C - 22Cr - 9Mo - 0.5W - 1Co - 19Feとして文献

10

20

30

40

50

で報告されているニッケル基超合金である。

【 0 0 1 2 】

図 1 に示す形式のインピンジメントプレートは通常、例えば、最大で約 0 . 1 インチ (約 2 . 5 mm) 程度の薄さがあり、特定の実施例では、約 0 . 0 9 2 インチ (約 2 . 3 mm) であるが、より小さい又はより大きい厚みも予期できる。ガスタービンエンジンの過酷な熱環境内では、図 1 に示す形式のインピンジメントプレートは、貫通亀裂を生じ易く、その 1 つを図 1 で見ることができる。この亀裂は、応力亀裂の結果として形成されることになるタイプを表し、他のプロセスによって形成される貫通亀裂も良く知られている。図 1 に描かれた亀裂は、比較的狭く、一般的には幅が約 1 mm 程度である。亀裂の長さ内には孔も存在し、亀裂よりも少なくとも 1 0 倍広い。最後に、亀裂は、多数のエフュージョン冷却孔を含むインピンジメントプレートの領域内に存在し、その一部は亀裂と交差する。結果として、貫通亀裂並びにその隣接する貫通孔の補修には、亀裂を完全に充填するのろう付け温度にて十分に流体であり、更に孔を充填して完全に閉鎖することになるろう付けペーストを使用することが必要とされる。

10

【 0 0 1 3 】

幅狭及び幅広の亀裂の両方を閉鎖できることに加えて、ろう付けペーストの好ましい特性には、ろう付けされる合金との化学的及び冶金の適合性、疲労強度、亀裂傾向が少ないこと、耐酸化性、及び機械加工性が含まれる。本発明の好ましいろう付けペーストは、特性がろう付けされる合金のものと類似した 1 種以上の「高融点」合金成分と、高融点合金成分の融解温度を下回り、好ましくはろう付けプロセス中に部品の所望の微細構造を維持するのに十分低い融解温度を有する 1 種以上の「低融点」合金成分とを含有する。

20

【 0 0 1 4 】

本発明をもたらし研究において、ろう付けペースト試料は、幅狭及び幅広の厚み方向亀裂、並びに図 1 に示す形式の貫通孔の両方を補修できるろう付けペースト候補を評価するために 3 つの異なる合金からなる混合物から作った。3 つの評価合金のうちの 2 つは、ろう付けペーストの高融点成分として選択し、第 3 の評価合金は低融点成分として選択した。高融点成分は、Mar - M 2 4 7 及び合金 C - 2 7 6 であった。Mar - M 2 4 7 は、重量基準で、9 ~ 1 1 % のコバルト、7 ~ 9 % のクロム、9 ~ 1 1 % のタングステン、2 . 5 ~ 3 . 5 % のタンタル、5 ~ 6 % のアルミニウム、0 . 5 ~ 1 . 5 % のチタン、0 . 6 ~ 0 . 8 % のモリブデン、1 . 3 ~ 1 . 7 % のハフニウム、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 8 % のジルコニウム、0 . 0 1 ~ 0 . 0 2 % のホウ素、0 . 1 3 ~ 0 . 1 7 % の炭素、3 ~ 1 . 7 % のハフニウム、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 8 % のジルコニウム、0 . 0 1 ~ 0 . 0 2 % のホウ素、0 . 1 3 ~ 0 . 1 7 % の炭素、残部のニッケルと不可避不純物からなる報告成分を有する強化ニッケル基超合金である。本研究において使用される Mar - M 2 4 7 成分は、重量基準で、1 0 % のタングステン、1 0 % のコバルト、8 % のクロム、5 % のアルミニウム、3 % のタンタル、1 % のハフニウム、1 % のチタン、0 . 7 % のモリブデン、0 . 2 % の炭素、残部のニッケルと不可避不純物からなる組成式を有していた。合金 C - 2 7 6 は、重量基準で、1 5 . 0 ~ 1 7 . 0 % のモリブデン、1 4 . 5 ~ 1 6 . 5 % のクロム、4 . 0 ~ 7 . 0 % の鉄、3 . 0 ~ 4 . 5 % のタングステン、2 . 5 % 以下のコバルト、残部のニッケルと不可避不純物からなる報告成分を有するニッケル基合金である。本研究において使用される合金 C - 2 7 6 材料は、NI - 5 4 4 として Praxair Technology から商業的に入手可能な粉末であり、重量基準で、約 1 6 % のクロム、1 6 . 5 % のモリブデン、4 % のタングステン、5 . 5 % の鉄、1 % のコバルト、残部のニッケルと不可避不純物からなる組成式を有していた。Mar - M 2 4 7 は、優れた機械強度を示すことで知られており、合金 C - 2 7 6 は、亀裂伝播に優れた耐性を示すことで知られている。

30

40

【 0 0 1 5 】

ろう付けペースト試料の低融解成分は、Amdry (アムドライ) DF - 6 A であり、重量基準で、1 9 ~ 2 1 % のクロム、2 . 5 ~ 3 . 5 % のタンタル、2 . 5 ~ 3 . 5 % のホウ素、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 0 5 % のイットリウム、残部のニッケルと不可避不純物か

50

らなる報告成分を有するニッケル基合金である。本研究において使用される D F - 6 A 成分は、重量基準で、約 19.7% のクロム、3.1% のタンタル、3.1% のホウ素、及び 0.001% のイットリウム、残部のニッケルと不可避不純物からなる組成式を有していた。

【0016】

最初の研究では、低融解成分として D F - 6 A、高融解成分として M a r - M 2 4 7 又は合金 C - 2 7 6 のいずれかからなる種々の組み合わせを含有する 8 つのろう付けペーストを調製した。これらの合金成分は、- 100 + 325 メッシュの粒子サイズを有する粉体形態で提供される。高融解から低融解成分の重量比は、約 30 : 70 ~ 約 60 : 40 ま

10

で様々であった。低融解及び高融解成分は、有機バインダーと組み合わせて、重力を受けて流動に抗する十分な粘性を有するペーストを形成した。有機バインダーは、V i t t a C o r p o r a t i o n から V i t t a P i n k の名称で入手可能なポリマージェルであった。各ペースト試料は、H a s t e l l o y X から形成されるプレート状に堆積された。ペーストの組成及びこれらの配置は、図 2 に概略的に示される。

【0017】

次に、プレート及びペースト組成は、真空炉中でろう付けサイクルを受けた。ろう付けサイクルは図 3 に示される。部分的変形を防ぐために、840 ° F (約 450) 及び 1900 ° F (約 1040) 保持が実施され、完全ろう付け液相線を確認するために、2155 ° F (約 1180) 保持が実施された。変形なしの完全ろう付け液相線を確認する目的で、1975 ° F (約 1080) 保持、2050 ° F (約 1120) 保持、及び 2150 ° F (約 1175) 保持が実施された。ろう付けサイクルの結果として、D F - 6 A 粉体粒子が融解され、高融解成分 (M a r - M 2 4 7 又は合金 C - 2 7 6) の粒子が、D F - 6 A により形成されるマトリクス状に分散され、ろう付けを形成する。

20

【0018】

ろう付けサイクル後、結果として得られる各ろう付けは、目視検査され、光学顕微鏡により空隙百分率についての評価を行った。H a s t e l l o y X プレート上に現れるろう付けが図 4 に示され、8 つのろう付け全ての断面が図 5 及び 6 に示されている。高融解成分の最大含量は、ろう付けの高温機能全体を促進させるので、ペースト組成は、M a r - M 2 4 7 又は合金 C - 2 7 6 のいずれかを含有するペースト組成の 2 つのセットの各々について、最大含量の高融解成分及び 10% 以下の空隙率を有することに基づいて選択した。60 / 40 M a r - M 2 4 7 / D F - 6 A 試料に明確な空隙度に起因して、50 / 50 M a r - M 2 4 7 / D F - 6 A 試料は、最初に、M a r - M 2 4 7 が高融解成分として使用されるときにより最適なペースト組成として選択された。同様に、50 / 50 合金 C - 2 7 6 / D F - 6 A 試料は、高融解成分として合金 C - 2 7 6 を用いてペースト組成を更に試験するための 40 / 60 合金 C - 2 7 6 / D F - 6 A 試料の初期選択を促進した。

30

【0019】

次いで、ろう付けペースト組成で形成されたろう付けは、50 / 50 M a r - M 2 4 7 / D F - 6 A 及び 40 / 60 合金 C - 2 7 6 / D F - 6 A 組成を用いた H a s t e l l o y X のロールシート試料 (厚みが 0.060 ~ 0.066 インチ (約 1.5 ~ 約 1.7 mm)) に対し A S T M E 466 に従って実施される高サイクル疲労試験で評価された。試験条件は、約 16 ~ 約 52 k s i (約 110 ~ 約 360 M P a) の範囲の応力レベル、及び約 1300 ° F (約 700) の試験温度で完全に反転され (R = - 1 : A = 無限)、典型的なプレート疲労モードをシミュレートする。インピンジメントプレートに存在するエフュージョン冷却孔をシミュレートするために、一部の H C F 試料を孔開けし、試料の平面に対し約 30 度の軸線を有する約 0.030 インチ (約 0.76 mm) の孔を有するようにした。比較のために、ろう付けなしで且つ穿孔有りと無しの試料を試験した。試験結果は、50 / 50 M a r - M 2 4 7 / D F - 6 A 及び 40 / 60 合金 C - 2 7 6 / D F - 6 A 試料は、少なくともベースライン試料程度に良好な H C F 寿命を示し、一部の例では、ベースライン試料よりも遙かに良好であることを明らかにした。

40

【0020】

第2の一連の研究は、H a s t e l l o y Xから形成されたインピンジメントプレートに対して実施した。インピンジメントプレートは、供用から取り除かれ、これらの表面は、プレートのほぼ0.092インチ(約2.3mm)厚みを貫通して延びた亀裂を位置特定し特徴付けるために着色剤で処理した。次に、酸素を除去するために、原子状水素による洗浄(AHC)又はマイクログリットブラストのいずれかによってプレートを清浄にした。AHC及びマイクログリットブラストは共に、比較的低温で酸素及び他の汚染物質を除去するために良く知られた技術である。AHCでは、原子状水素照射を用いて、酸化物をより多くの揮発性酸化物に転化させる。この研究では、AHC技術は、約2150°F(約1180℃)の温度で実施し、原子状水素照射は、各々が約1~2ミリ秒の持続時間を有する6つの離散パルスとして伝送した。

10

【0021】

図7Aは、Mar-M247:DF-6Aの重量比が30:70を有するように、最初の研究に従って調製されたMar-M247/DF-6Aろう付けペーストを表している。ろう付けペーストをインピンジメントプレート内の幅狭の厚み方向亀裂に塗布した。ペーストは一般に、液体分散媒中に懸濁された微細な酸化物粒子を含有する液体ろう付けブロック(「停止」)組成により囲まれたパッチの形態で図示されている。図7Bは、同様に停止部により囲まれた第2のインピンジメントプレートにおいて比較的幅広の厚み方向亀裂に塗布されたMar-M247/DF-6Aペーストを示している。図7Aの亀裂は、幅が約1mmを超えない程であったが、図7Bの亀裂は、幅が1mmよりも大きいものであった。図7Bのより大きな亀裂を充填する目的において、2つの異なるペースト組成を用いて2段階でペーストを塗布した。第1のペーストは、約85重量%のMar-M247と残部のバインダーを含有し、亀裂を充填するよう塗布し、その後、約85重量%のDF-6A粉体と残部のバインダーを含有する第2のペーストを塗布して第1のペーストを封入するようにし、約1:1の重量比のMar-M247及びDF-6Aろう付けペーストを含有するろう付けパッチをもたらす。次に、インピンジメントプレートが真空炉中に置かれ、図3に示すのと同じろう付けサイクルを受ける。

20

【0022】

ろう付けサイクル後、結果として得られるろう付けを目視検査し、光学顕微鏡により評価した。幅狭の亀裂を補修するのに使用されるろう付けの1つの上面及び下面が図8A及び図8Bにそれぞれ示されており、図7Bの幅広亀裂を補修したろう付けの1つの上面及び下面が、図9A及び9Bにそれぞれ示される。本研究において補修された幅狭の亀裂の1つ及び幅広の亀裂の1つの断面が、図10及び11にそれぞれ示される。図10及び11の両方の図は、H a s t e l l o y Xから形成された薄肉のインピンジメントプレート内の厚み方向亀裂を補修するためにMar-M247/DF-6Aペースト組成の可能性を明らかにしている。これらの図から明らかなように、DF-6A粉体粒子は、ろう付けサイクル中に融解し、超低空隙度(10%未満)により特徴付けられるろう付けを形成して、高融解Mar-M247粉体粒子の分散を含んでいた。

30

【0023】

次いで、前の研究において原子状水素による洗浄で清浄化したインピンジメントプレートは、AHC技術の有効性を査定するために更に評価した。水素イオンの単パルス及び複数パルスで処理したインピンジメントプレートを比較すると、一般に、ろう付けされることになる表面から酸化物を除去するには単パルスでは不十分であり、補修部品のベース金属へのろう付けの結合が不十分なものになる可能性があることが明らかになった。

40

【0024】

上述の研究から、インピンジメントプレートを調製しろう付けする特に好ましい非限定的なプロセスは、以下の段階を必要とすると思われる。補修されることになる亀裂を囲むあらゆる欠陥全体を冷間加工して直線状にした後、亀裂を識別するために好適な染料でインピンジメントプレートを処理する。次に、プレートに蒸気浴、水浴、蒸気圧、その他のなどの清浄化を行った後にマイクログリットブラストをし、次いで、6パルス印加により約2150°F(約1175℃)で原子状水素清浄化をし、各持続時間は約1~2ミリ秒で

50

ある。好ましくはDF - 6AとMar - M247又は合金C - 276のいずれかとの混合物として、或いは、大きな亀裂補修の別個のペーストの場合には、一方がDF - 6Aを含み、他方がMar - M247又は合金C - 276のいずれかを含むものとしてろう付けペーストを調整する。上記で報告される結果に照らして、ろう付けペーストがMar - M247及びDF - 6A合金粉体である場合、Mar - M247粉体は、約 - 100 + 325メッシュの粒子サイズを有することができ、ろう付けペースト内の合金粉体混合物の30 ~ 70重量%、より好ましくは約40 ~ 60重量%未満、例えば、約50重量%を構成することができ、合金粉体混合物の残りは、同様に約 - 100 + 325メッシュの粒子サイズを有することができるDF - 6A粉体である。ろう付けペーストが合金C - 276及びDF - 6A合金粉体の混合物である場合、合金C - 276粉体は、約 - 100 + 325メッシュの粒子サイズを有することができ、ろう付けペースト内の合金粉体混合物の30 ~ 70重量%、より好ましくは約40 ~ 50重量%未満、例えば、約45重量%を構成することができ、合金粉体混合物の残りは、同様に約 - 100 + 325メッシュの粒子サイズを有することができるDF - 6A粉体である。1mmを超える幅を有する大きな亀裂補修の場合には、別個のろう付け合金ペーストは、DF - 6A及びMar - M247又は合金C - 276のいずれかの合金粉体から調製することができる。各ペーストは、前述のVitta Pinkバインダーなどの好適な有機バインダーの約15重量%を含有することができるが、より少ない及びより多いバインダー含量が予期され、用いることができる。Mar - M247、合金C - 276、及びDF - 6Aの好適な組成は、これらの合金として上記で報告された組成と考えられるが、これらの範囲外の僅かな修正又は変形も予期できる。

10

20

【0025】

次いで、1種以上のろう付けペーストを塗布し、必要に応じて、ろう付けサイクル中に液化ろう付け材料の流れを制限する停止部で覆う。ろう付けペーストは、DF - 6Aと、Mar - M247又は合金C - 276のいずれかとの合金粉体の混合物を含有する場合、ペーストを部品の亀裂及び直近の表面区域のみに選択的に塗布することができる。より大きな亀裂補修の場合、Mar - M247又は合金C - 276ろう付けペーストは、好ましくは最初に塗布されて亀裂を充填し、次いで、DF - 6Aろう付けペーストで封入し、Mar - M247又は合金C - 276ろう付けペーストの30 ~ 70重量%、より好ましくは約40 ~ 約60重量%（例えば、Mar - M247又は合金C - 276ろう付けペーストの約50重量%）を含有し、残部がDF - 6Aろう付けペーストであるろう付けペーストパッチをもたらす。ろう付けサイクルは、好ましくは、図3に図示されるが、他のろう付けサイクルを適合させ使用できることは予期できる。ろう付け後、ろう付けにより補修される表面は仕上げ加工を受け、周囲の表面にろう付けをブレンドして輪郭付ける。冷却孔を有するインピンジメントプレートの場合、ろう付けプロセスにより閉鎖されるあらゆる孔は、例えば、放電加工（EDM）、又は水ジェットもしくはレーザーにより再度穿孔するのが好ましい。

30

【0026】

種々の特定の実施形態について本発明を説明してきたが、当業者であれば他の形態を適合させることができる点は理解される。例えば、補修部品がガスタービンエンジンの燃焼器用のインピンジメントプレートである実施例に関して説明したが、ろう付けペースト及びプロセスは、他の部品、特に、ニッケル基合金から形成され、比較的薄壁のセクションにおいて1以上の厚み方向亀裂を有する特定の部品にも適用可能であると考えられる。従って、本発明の範囲は、添付の請求項によってのみ限定されるものとする。

40

【図 1】

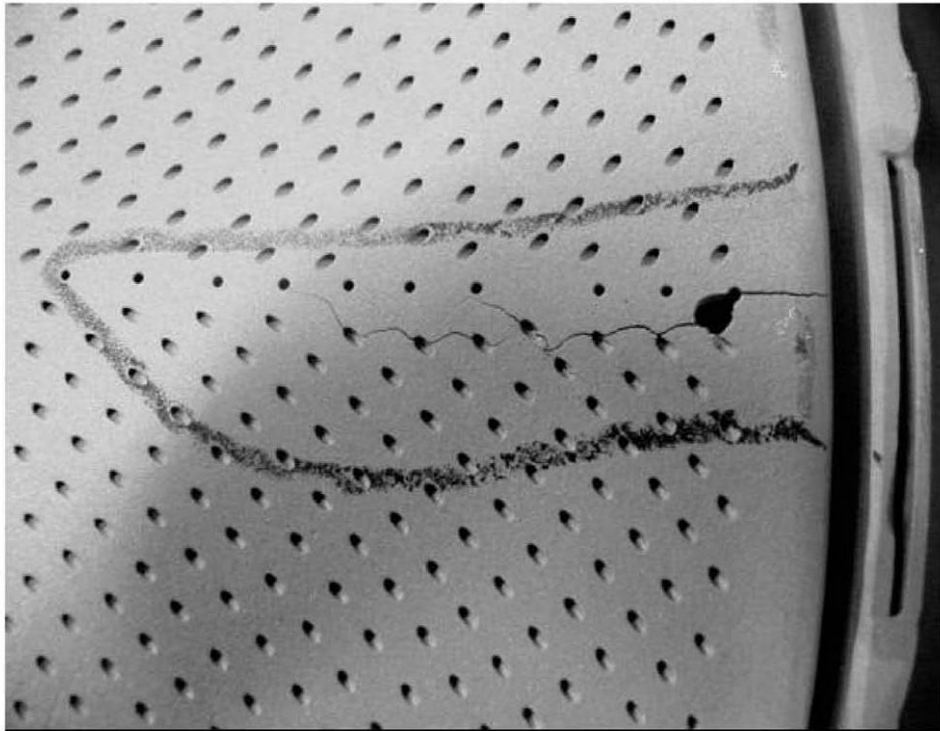


FIG. 1

【図 2】

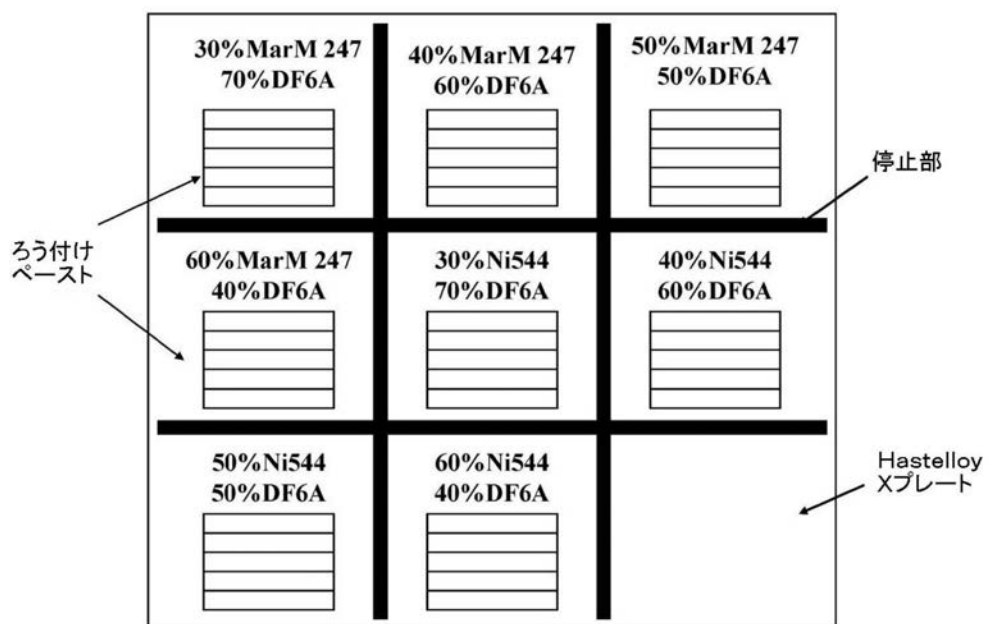


FIG. 2

【 図 3 】

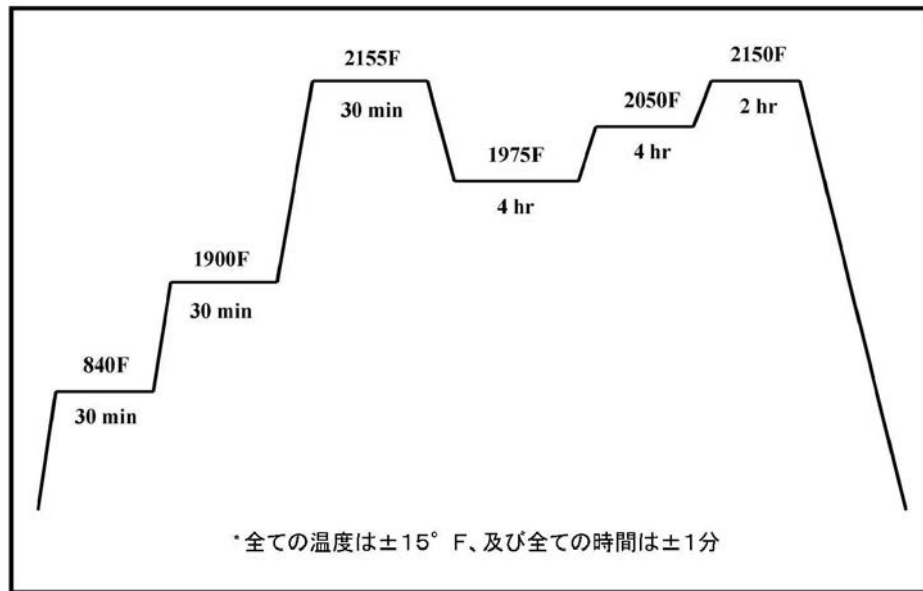


FIG. 3

【 図 4 】

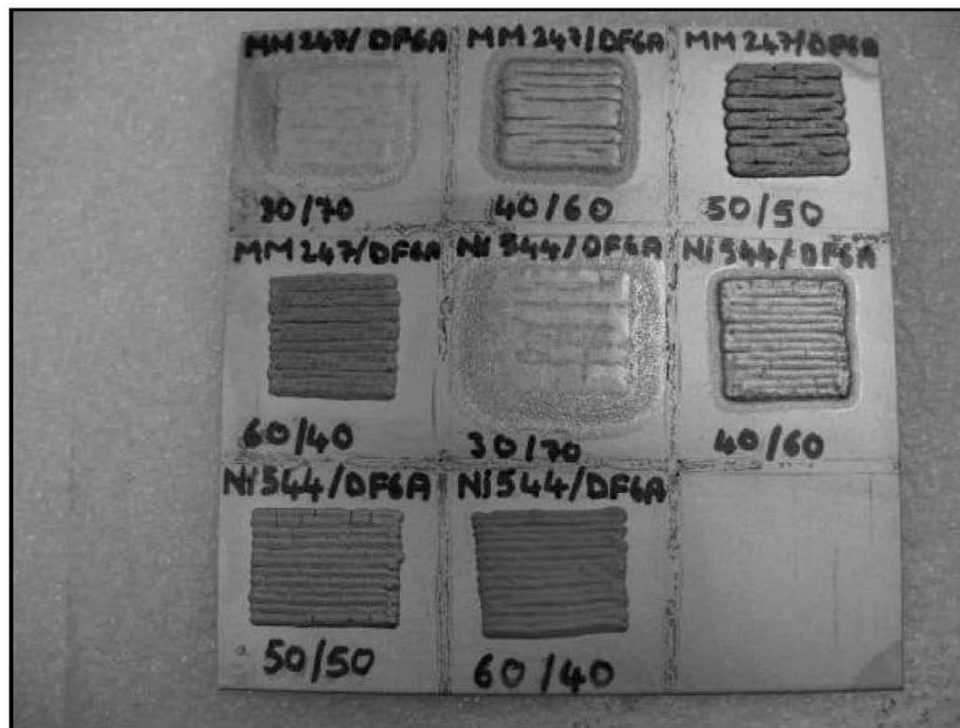


FIG. 4

【図 5】

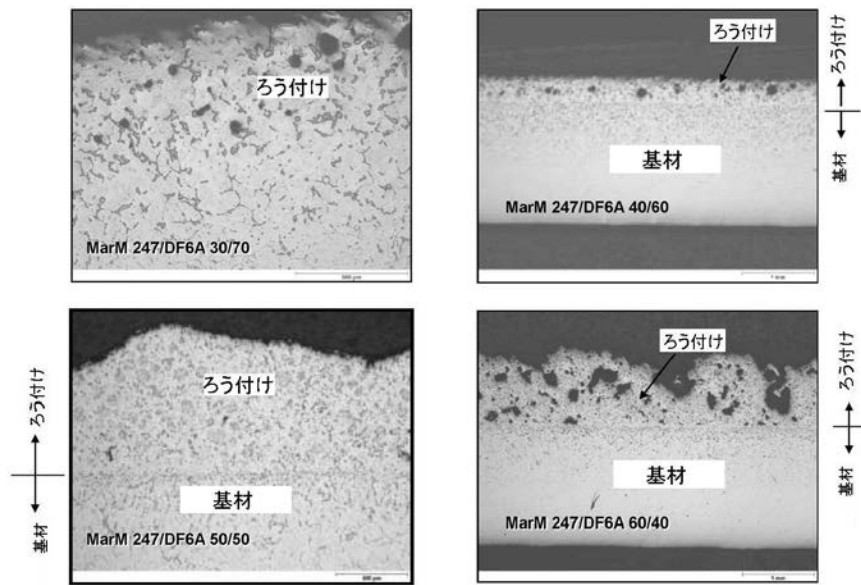


FIG. 5

【図 6】

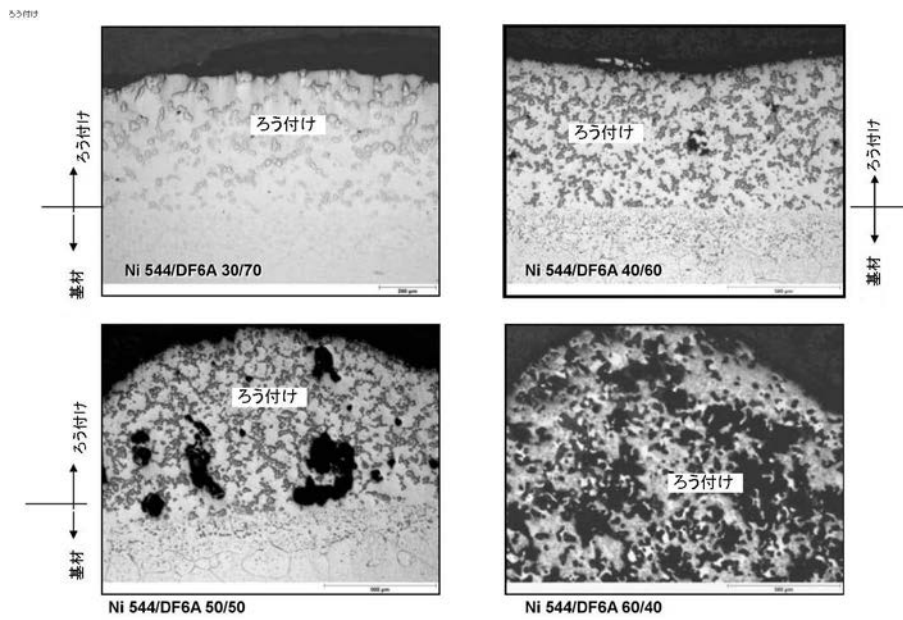
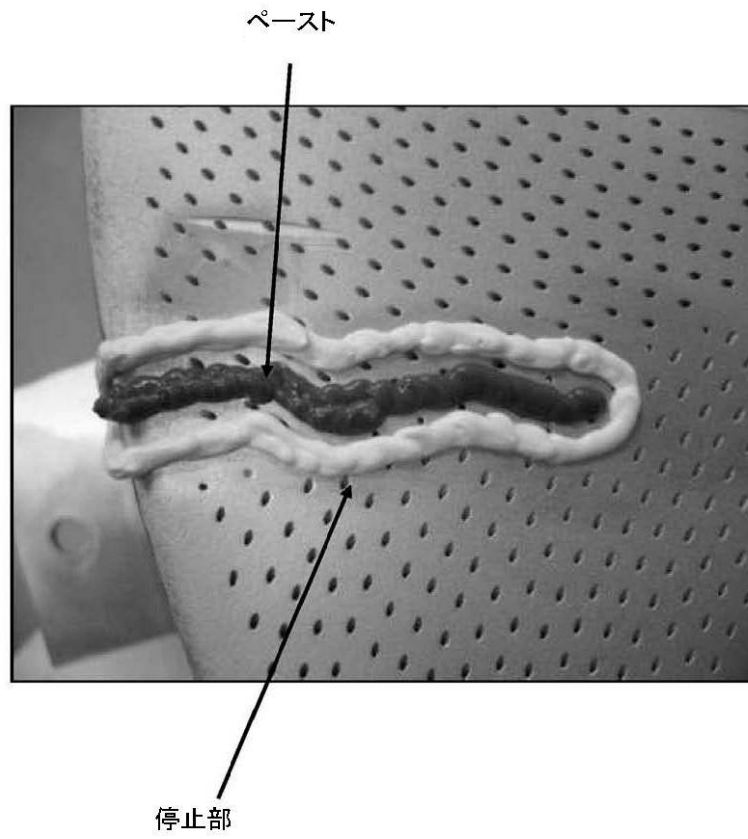


FIG. 6

【図 7 A】

FIG. 7A



【図 7 B】

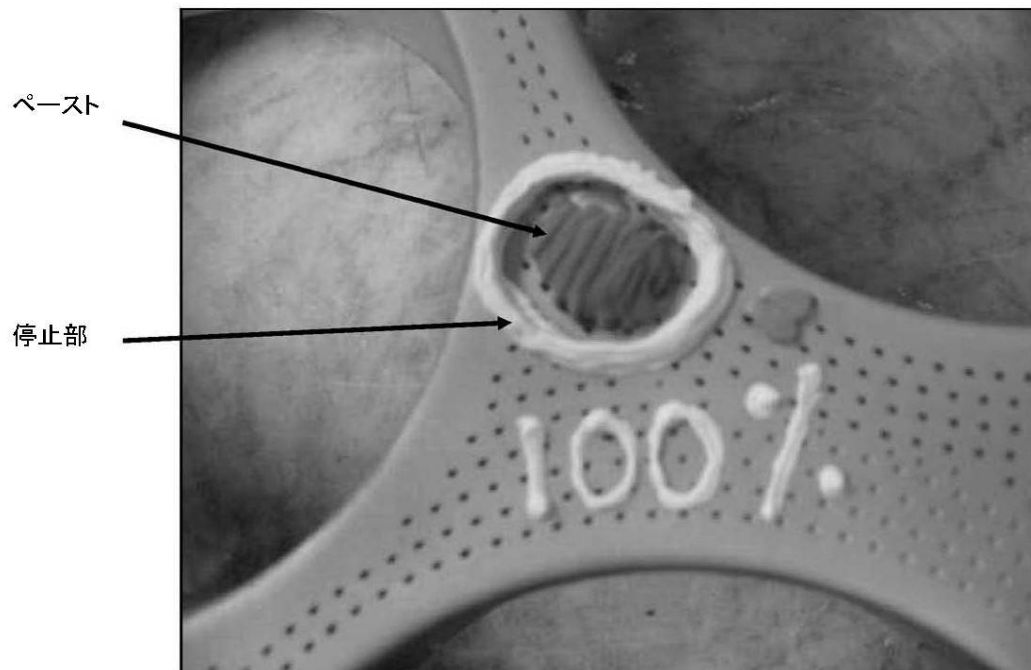


FIG. 7B

【図 8 A】

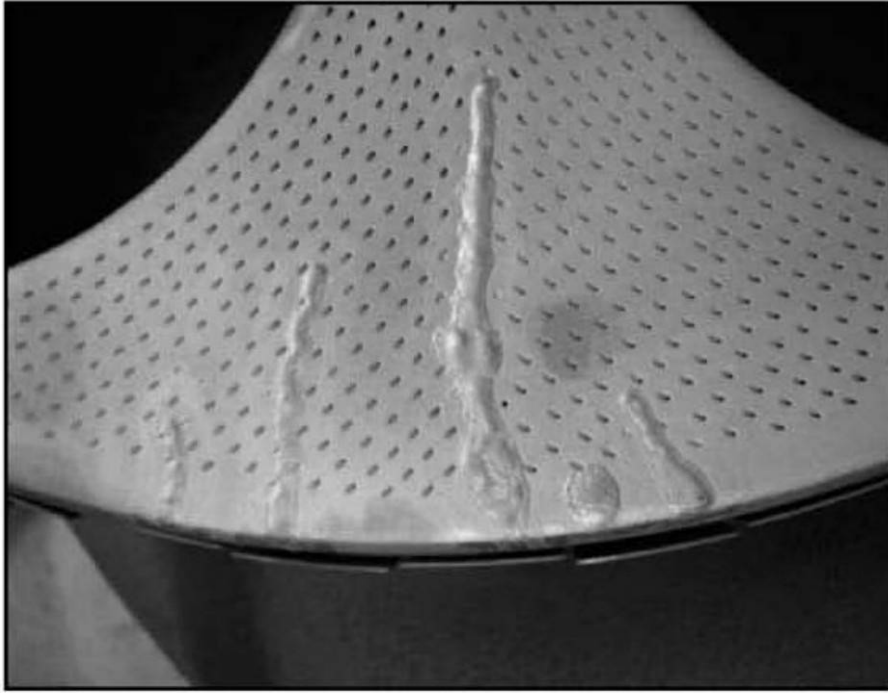


FIG. 8A

【図 8 B】

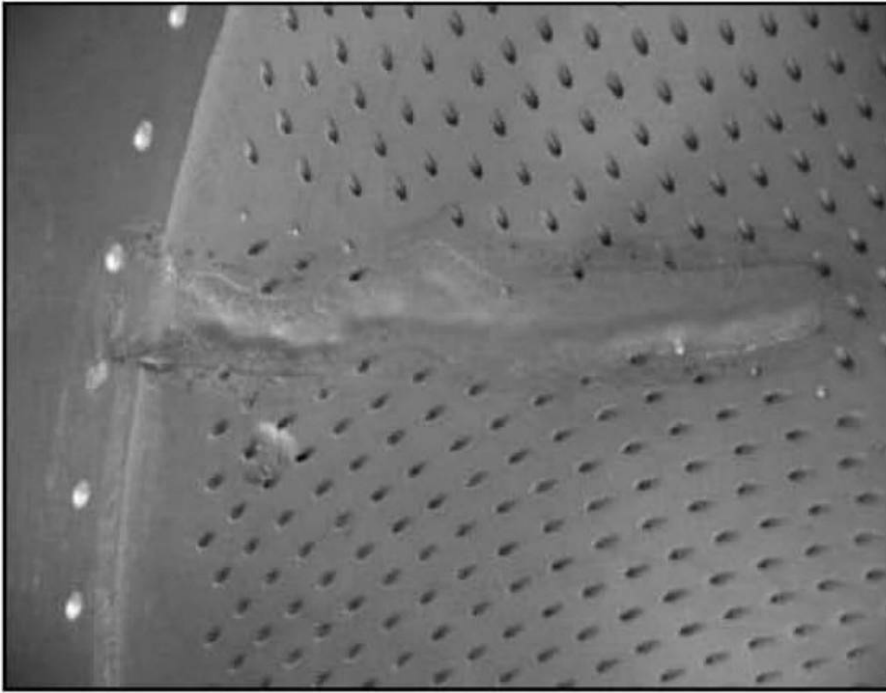


FIG. 8B

【図 9 A】



FIG. 9A

【図 9 B】



FIG. 9B

【図 10】

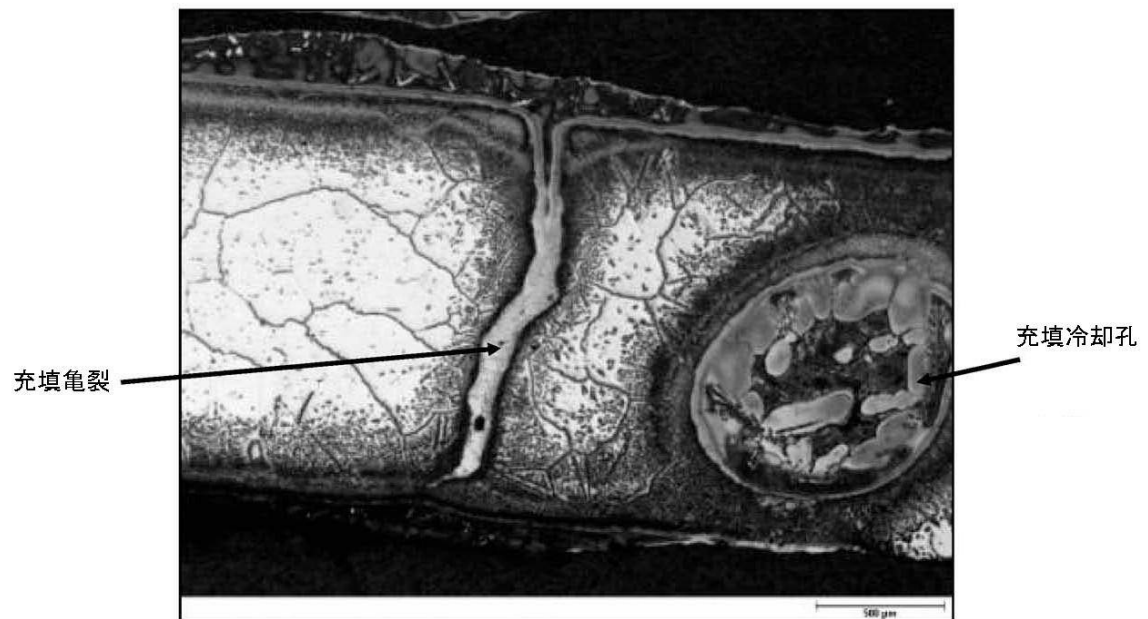


FIG. 10

【図 11】

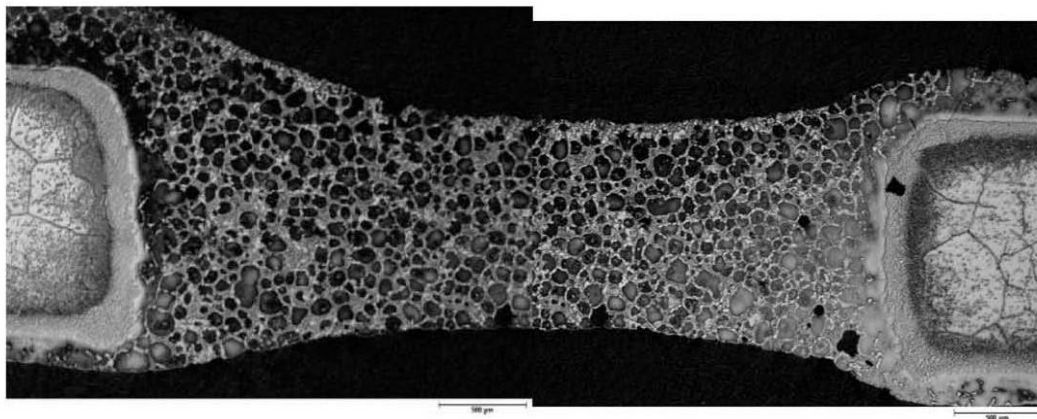


FIG. 11

フロントページの続き

| | | |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| (51)Int.Cl. | | F I |
| F 0 1 D 5/28 (2006.01) | | B 2 3 K 35/22 3 1 0 A |
| F 0 1 D 25/00 (2006.01) | | F 0 1 D 5/28 |
| B 2 3 K 103/08 (2006.01) | | F 0 1 D 25/00 L |
| | | F 0 1 D 25/00 X |
| | | B 2 3 K 103:08 |

(72)発明者 ティモシー・チャネル
 アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、ニーリー・ファーム・ドライブ、31
 2番

審査官 岡本 健太郎

(56)参考文献 特表2003-527480(JP,A)
 特表2004-530789(JP,A)
 特開2009-144717(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|---------|-------------|
| F 0 2 C | 7 / 0 0 |
| B 2 3 K | 1 / 1 9 |
| B 2 3 K | 3 5 / 2 2 |
| B 2 3 K | 3 5 / 3 0 |
| C 2 2 C | 1 9 / 0 5 |
| F 0 1 D | 5 / 2 8 |
| F 0 1 D | 2 5 / 0 0 |
| B 2 3 K | 1 0 3 / 0 8 |