

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3982630号
(P3982630)

(45) 発行日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007.7.13)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 31/00 (2006.01)	B 2 3 K 31/00 D
B 2 3 K 9/167 (2006.01)	B 2 3 K 9/167 A
B 2 3 K 33/00 (2006.01)	B 2 3 K 33/00 Z
B 2 3 K 26/34 (2006.01)	B 2 3 K 26/34

請求項の数 10 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2004-2619 (P2004-2619)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成16年1月8日(2004.1.8)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2004-216457 (P2004-216457A)		GENERAL ELECTRIC COMPANY
(43) 公開日	平成16年8月5日(2004.8.5)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
審査請求日	平成18年12月28日(2006.12.28)		
(31) 優先権主張番号	10/248, 323	(74) 代理人	100093908
(32) 優先日	平成15年1月9日(2003.1.9)		弁理士 松本 研一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
早期審査対象出願			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 部品の溶接補修法及び該方法で補修された部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一組の溶接パラメータについて溶融池の幅、深さ及び形状を時間と関連させるために、金属合金からなる塊体(20)の表面(24)における溶融池(26)の発達を経時的に測定する段階、

金属合金からなる部品(10)の表面(14)の欠陥を除去し、欠陥の除去によって、上記測定段階で時間と関連させた溶融池の幅、深さ及び形状と実質的に同一の幅、深さ及び形状を有する空洞(32)を表面(14)に形成する段階、

空洞(32)とほぼ同一の幅、深さ及び形状を有する溶加材インサート(30)を、その外表面(34)の空洞(32)の表面に対応する部分が空洞(32)の表面と近接して並ぶように、空洞(32)内に配置する段階、次いで

溶加材インサート(30)を溶融させて空洞(32)を充填した金属接合溶接補修部が形成するように、溶加材インサート(30)を上記溶接パラメータ組を用いて、上記測定段階で関連させた時間加熱する段階を含む、溶接補修法。

【請求項 2】

前記加熱段階において、溶融フロント(38)が、溶加材インサート(30)を通して溶加材インサート(30)の外表面(34)に向かって広がり、溶加材インサート(30)の外表面(34)全体にほぼ同時に到達する、請求項1記載の溶接補修法。

【請求項 3】

10

20

前記加熱段階において、部品(10)の空洞(32)表面下の部分(40)も溶融され、該部分(40)が実質的に均一な厚さを有する、請求項1又は請求項2記載の溶接補修法。

【請求項4】

前記測定段階及び加熱段階がアーク溶接機(23、43)又は高エネルギービームで実施される、請求項1記載の溶接補修法。

【請求項5】

部品(10)の金属合金が超合金である、請求項1記載の溶接補修法。

【請求項6】

前記測定段階が、前記溶接パラメータ組について複数の溶融池の幅、深さ及び形状を複数の時間と相関させる段階を含む、請求項1記載の溶接補修法。 10

【請求項7】

溶加材インサート(30)が、前記溶接パラメータ組に関する複数の溶融池の幅、深さ及び形状に略等しい幅、深さ及び形状をもつように形成された複数の溶加材インサート(30)のうちの1つであり、当該方法が、複数の溶加材インサート(30)から溶加材インサート(30)を選択する段階をさらに含む、請求項6記載の溶接補修法。

【請求項8】

溶加材インサート(30)が、部品(10)の金属合金よりも延性の高い及び/又は部品(10)の金属合金よりも溶融温度の低い第二の金属合金からなる、請求項1記載の溶接補修法。 20

【請求項9】

前記測定段階が、複数の金属合金に対して複数組の溶接パラメータに関する溶融池の幅、深さ及び形状を時間と相関させるために、複数の金属合金について溶融池(26)の発達を経時的に測定する段階を含む、請求項1記載の溶接補修法。

【請求項10】

部品(10)の金属合金が超合金ガスタービンエンジン部品であって鋳造品又は鍛造品である、請求項1記載の溶接補修法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】 30

本発明は、総括的には、金属合金の溶接補修法に関し、具体的には、ガスタービンエンジンの高温環境での使用に適した金属合金を溶接補修する方法に関する。さらに具体的には、本発明は、かかる合金からなる部品の欠陥の溶接補修を制御下に実施する方法であって、欠陥の補修に用いた溶加材による合金の溶融を最小限にする方法に関する。

【背景技術】

【0002】

動翼(バケット)、静翼(ノズル)及び燃焼器のようなガスタービンエンジンのホットセクション部品は、通例、タービン作動温度での望ましい機械的性質によって特徴付けられるニッケル基、コバルト基及び鉄基超合金で形成される。これらの部品は通例鋳造品の形態で用いられるので、例えばセラミック介在物や気孔等の点欠陥だけでなく、小さな線状欠陥を有する可能性があり、補修を要する。こうした欠陥を補修できる様々な溶接法が開発されており、タングステン不活性ガス(TIG)溶接法及びプラズマ移行型アーク(PTA)溶接法が挙げられるが、これらは妥当な溶接歩留まりを達成しかつ超合金の機械的性質が維持されるように注意深く実施しなければならない。溶加材を用いるTIGのような比較的簡単な手動補修法が特に活用されており、鋳造品製造業者でも容易に実施できる。 40

【0003】

当技術分野で公知の通り、溶接は局所的溶融と再凝固とを伴う。割れを防ぐため、溶接で補修する合金は、溶接時に発生する熱歪みに順応する十分な延性をもつものでなければならない。しかし、ガスタービンエンジンに用いられる種類の耐熱性材料は本質的に耐変 50

形性であるので、補修する部品と同じ合金でできた溶加材は室温での使用が困難である。その結果、母材よりも延性の高い合金が超合金部品の補修に用いられることが多い。延性溶加材を用いて超合金部品の補修する際にみられる問題は、TIGのような手動処理では溶加材と母材との比率を制御するのが難しいことである。溶接の困難な超合金と他の合金とのTIG溶接では、母材が溶加材の溶融池に過剰に融け込むため溶接のルート部で割れを起こすことが多々ある。

【特許文献1】米国特許4832252号明細書

【特許文献2】米国特許5071054号明細書

【特許文献3】米国特許6508000号明細書

【特許文献4】米国特許6568077号明細書

【特許文献5】イギリス特許2233923号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

以上の点から、耐熱金属合金の補修に利用でき、母材の過剰な溶融及び溶加材との混合を最小限にできる方法があれば望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、ガスタービンエンジンの超合金部品のような金属合金部品の補修法並びに当該方法で得られる補修部品を提供する。本方法では、周囲の金属合金部品の溶融を最小限に抑制しながらインサートが完全に溶融するように溶接作業を実施できるように、事前に寸法と形状を定めた溶加材インサートを用いる。従って、インサートと部品との混合が最小限となり、溶接作業後の割れのおそれが低減する。

【0006】

本発明の溶接補修法は、概して、塊体（例えば合金溶加材など）の表面における溶融池の発達を経時的に測定して、一組の溶接パラメータについて溶融池の幅、深さ及び形状を時間と関連させることによって評価を実施する段階を含む。次に、金属合金（評価した塊体と同一でも異なるものでもよい。）からなり表面に欠陥をもつ部品を機械加工して欠陥を除去し、評価時に時間と関連させた溶融池の幅、深さ及び形状と実質的に同一の幅、深さ及び形状を有する空洞を表面に形成する。次いで、空洞とほぼ同一の幅、深さ及び形状を有する溶加材インサートをその外表面が空洞の表面と近接して並ぶように空洞内に配置する。最後に、溶加材インサートを加熱するが、その際、評価時に関連させかつ空洞及びインサート双方の寸法決定の基準として用いたものと同じ時間及び基本的に同一の溶接パラメータ組を用いる。その結果、溶加材インサートが溶融して、空洞を充填した金属接合溶接補修部を形成する。

【0007】

本発明の好ましい態様では、上記評価を、所定の溶接条件及びパラメータの組について、溶融フロントが合金溶加材を通して広がる速度又は少なくとも種々の時間における溶融フロントの位置を測定又は推定するために用い、この情報を溶加材インサートの加熱時に利用して、溶融フロントが溶加材インサートを通してその外表面に向かって広がり、インサートの外表面全体にほぼ同時に到達するようにする。加熱をさらに継続することで、部品の空洞表面下の限られた部分を溶融し、その溶融部が、インサートと部品との混合が最小限となるように意図的に制限された実質的に均一な厚さをもつようにしてもよい。その結果、超合金のような溶接の比較的困難な金属合金を、高延性及び/又は低融点の合金からなるインサートで補修することができ、しかも溶接部の混合量の減少の結果溶接作業時の割れのおそれが低減する。

【0008】

以上から明らかな通り、本発明の方法では、手動アーク溶接機や電子ビームのような様々な溶接法を用いることができるが、溶接パラメータを用いて溶接補修作業時に生ずる溶融量を厳密に制御できるように評価時と溶接作業時の双方で同一の技術を用いる。さらに

10

20

30

40

50

、金属合金の評価は、1組以上の溶接パラメータに関して複数の溶融池の幅、深さ及び形状を複数の時間と相関させて実施することもできる。そこで、評価時に複数特定した幅、深さ及び形状をもつように複数の溶加材インサートを形成すれば、補修すべき欠陥の大きさに基づいて特定の溶加材インサートを選択できるようになる。従って、本発明の補修法は、金属合金部品に存在しかねない亀裂、気孔、傷その他の表面空隙又は損傷を充填するのに極めて適しており、補修すべき部品の組成を補うように溶加材インサートの組成を調整すれば、強固で割れない溶接補修部を得ることができる。

【0009】

本発明の他の目的及び利点は、以下の詳細な説明から一層良く理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0010】

図1～図5は、図2に示すような表面欠陥12を有する部品10の補修で実施される一連の段階を示す。部品10は、ガスタービンエンジンの鋳造又は鍛造部品の製造に用いられるニッケル基、コバルト基及び鉄基超合金のような溶接の比較的困難な金属合金を始めとして、様々な金属合金から形成し得る。部品10が鋳造品の場合、欠陥12はセラミック介在物や気孔などの点欠陥であるのが典型的であるが、欠陥12が線状欠陥であることもある。

【0011】

本発明の最初の段階を示すと、図1は、金属合金塊体20の表面24をTIG溶接機23のトーチ22で加熱しているところを示しており、溶融池26が発達している。予想されるように、溶融池26は時間経過とともに溶接溶融フロント28に沿って発達するが、溶融フロント28は、トーチ22に最も近い地点から塊体20内を半径方向外側かつ下方に向かって広がる。溶融池26の最終的な寸法及び形状は、トーチ22を消した時の溶融フロント28の外延に一致する。評価のため、こうした溶融フロント28の経時的な伝播、従って溶融池26の寸法（幅と深さ）及び形状を、用いた溶接パラメータと併せて記録する。溶接法の具体的種類にもよるが、かかるパラメータとして、溶接電流、フラックスの使用の有無、トーチ22と表面24との相対的な位置などが挙げられることは、当業者には自明であろう。

20

【0012】

塊体20は好ましくは補修すべき部品の合金と同一の合金からなるが、以降の説明から明らかなように、同様の溶接条件下で部品10を通して溶接溶融フロント88が広がる様子（図4）と同様に溶接溶融フロント28が塊体20を通して広がる限り、塊体20は異なる材料からなるものであってもよい。従って、本明細書で用いる「同一の金属合金」という用語には、組成及びマイクロ組織が同様の溶接特性を有するほど十分類似した合金が包含される。

30

【0013】

塊体20が等方性を有すると仮定すると、溶融池26及び溶融フロント28は塊体20の表面24で円形であろう。使用する溶接法によっては、溶融池26及び溶融フロント28は半球形であることもあるが、図2に示す欠陥12のような多くの表面欠陥の補修には、概してアスペクト比（深さ/幅）が高い方が好ましい。従って、本発明の実施に際しては様々な溶接法を用いることができるが、高いアスペクト比が必要とされる欠陥の補修には概して電子ビーム溶接法又はレーザ溶接法が好ましい。手動溶接作業を用いる場合、TIG溶接法及びPTA溶接法を使用し得る。各種有機フラックスの開発によって、TIGで形成される溶融池のアスペクト比（深さ/幅）は300%まで増大させることができ、TIGは多くの種類の欠陥に適した候補となる。図1に示すTIG技術では、アークは好ましくはパネルモードのTIG機械で開始され、その後アーク電流は一定に保たれる。

40

【0014】

溶融フロント28の伝播及び溶融池26の寸法の観察に適した技術は金属組織学的セクションングである。図1に示す評価では、使用した溶接法及びパラメータについて溶融池26の寸法及び形状を所望の数の溶接時間に対して記録したデータベースを確立すること

50

ができ、溶融池 26 の寸法と形状及びそれらと関連させた溶接時間を一覧表にする。この技術を用いれば、多種多様な合金、溶接法及びパラメータについて、溶接時間と関連させた溶融池の寸法及び形状を含むようにデータベースを拡張できる。

【0015】

図 2 には、部品 10 の欠陥 12 の周囲の表面領域 16 が示してある。欠陥 12 全体を囲むように、その境界 18 で表す表面領域 16 の寸法及び形状は、図 1 の溶接溶融フロント 28 の外延における溶融池 26 とほぼ同一である。表面領域 16 は除去のために示したものであり、除去によって欠陥 12 は部品 10 の表面 14 から取り除かれ、図 3 に示す空洞 32 を生じる。表面領域 16 の除去には様々な技術を用いることができ、例えば、超硬合金カッタを備えたエア工具を使用して空洞 32 を荒削りし、次いで精密カッタを用いて空洞 32 の寸法（幅と深さ）及び形状を表面領域 16 の寸法及び形状にほぼ対応させ、図 1 のその外延における溶融池 26 とほぼ同一となるようにする。図 3 に示す溶接作業の準備のため、部品 10 の表面 14 及び空洞 32 の表面は、溶接作業の妨げとなるおそれのある酸化物その他の表面不純物を除去するための表面処理に付すのが好ましい。

10

【0016】

図 3 は、部品 10 の表面 14 に形成された空洞 32 内での溶加材インサート 30 の配置を示す。図示した通り、インサート 30 は空洞 32 よりも僅かに寸法を小さくする。例えば、インサート 30 の寸法は、空洞 32 内へのインサート 30 の配置を容易にするため、インサート 30 の外表面 34 と空洞 32 との間にインサート 30 の直径の約 1 ~ 5 % に相とす直径方向隙間が形成されるようにしてもよい。本発明において、インサート 30 に適した材料には、部品 10 の材料（例えば部品 10 がニッケル基超合金からなる場合はニッケル基合金）と同等の機械的性質及び熱的性質を呈する合金がある。この意味で、同様の溶接条件を用いる限り、評価時に塊体 20 を通して伝播した溶接溶融フロント 28 と同様に溶接溶融フロント 38（図 4）がインサート 30 を通して広がるという点で、インサート 30 は部品 10 と同一の金属合金から形成されているとみなすことができる。好ましい実施形態では、インサート 30 は部品 10 の合金よりも高い延性と低い溶融温度を有するように改質する。当技術分野で公知の通り、この目的に適した合金成分には、ホウ素及びケイ素がある。

20

【0017】

図 4 は、図 1 に示す初期評価の実施に用いたパラメータと基本的に同一のパラメータで動作するトーチ 42 でインサート 30 を加熱することによって、インサート 30 を部品 10 に溶接するプロセスを示す。広範な条件下で部品表面 14 に対してトーチ 42 を一定の位置に配置できるように、TIG 溶接機 43 を固定支持体 44 に支持したものとして示してある。図 1 の塊体 20 の場合と同様に、トーチ 42 に最も近い点からインサート 30 を通して溶接溶融フロント 38 が外向きに広がり、その結果インサート 30 内に溶融池 36 が発達した。塊体 20 の評価時に得られたデータによって、溶接作業の開始からの経過時間に基づいて所定の時点での溶接溶融フロント 38 の寸法及び形状を正確に推定することができる。さらに、インサート 30 の寸法が知られているので、溶融フロント 38 がインサート 30 の外表面 34 に到達するのに要する時間も正確に予測することができる。加えて、インサート 30 の寸法・形状及びトーチ 42 の配置は図 1 の溶融池 26 の寸法・形状及びトーチの配置に一致しているので、溶融フロント 38 がほぼ同時にインサート 30 の外表面 34 全体に到達するように溶接作業を実施することができる。

30

40

【0018】

図 5 に示す本発明の好ましい態様では、空洞 32 の表面の実質的に均一な深さまで溶融フロント 38 を伝播させ、溶融池 36 がインサート 30 を溶融し尽くすだけでなく空洞表面下の部品 10 の限られた部分 40 にも前進して、インサート 30 と部品 10 が金属的に接合するようにする。この目的のため、図 1 の溶融池 26 の形成に要した時間よりもわずかに長くトーチ 42 を動作させ、部品 10 が最小限溶融して、部品 10 材料とインサート 30 材料の混合が最小限起こるようにする。混合を最小限に抑えることで、溶接後の冷却時の割れ及びその後の歪み経年割れのおそれが格段に低減する。

50

【 0 0 1 9 】

溶接作業後、溶接割れのおそれをさらに低減すべく、部品 1 0 を公知の慣行に従って冷却させる。従来の慣行では、部品 1 0 を、インサート 3 0 (この時点では溶接時に溶融した部品 1 0 の部分 4 0 を含む溶接物の形態となっている) に隣接する部品 1 0 に生じているおそれのある熱影響部 (H A Z) をテンパするための溶接後熱処理に付してもよい。最後に、必要に応じて、溶接作業で残った余分な溶加材及び表面不純物を除去するための適当な技術を用いて部品 1 0 の表面 1 4 をさらにコンディショニングしてもよい。

【 0 0 2 0 】

以上から明らかな通り、個々の合金を評価し、多数の溶融池の幅、深さ及び形状と複数の溶接時間との相関関係を適宜様々な溶接法及びパラメータについて求めることによって、様々な合金及び寸法の種々異なる欠陥を補修するためのインサートの大規模なカタログを本発明の補修法で作成できる。次に、このデータに基づいて、溶接時間と相関させかつ同定した幅、深さ及び形状とほぼ同一の幅、深さ形状をもつように溶加材インサートを形成することができ、補修すべき合金、合金の欠陥の寸法及び使用する溶接法に基づいて、一群のインサートから特定の溶加材インサートを選択できるようになる。本発明の溶接補修法ではインサートと部品の母材との混合が最小限となるので、混合の悪影響が低減し、補修すべき合金との適合性に比較的欠けると思われる合金を含めた多数の溶加材からインサートを形成できる可能性がある。

10

【 0 0 2 1 】

以上、好ましい実施形態に関して本発明を説明してきたが、その他の形態を当業者が採用できることは明らかである。従って、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によってのみ限定される。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 本発明の方法に従って溶融池の発達を経時的に測定する評価時に行われる段階を示す図。

【 図 2 】 部品の表面の点欠陥を示す図。

【 図 3 】 図 2 の欠陥を補修するために実施される、欠陥とその周囲の表面材料を除去して事前に決定しておいた寸法の空洞を形成する段階、対応する寸法の溶加材インサートを空洞内に配置する段階を示す図。

30

【 図 4 】 図 2 の欠陥を補修するために実施される、インサートが溶融するように制御された溶接作業を実施する段階を示す図。

【 図 5 】 図 2 の欠陥を補修するために実施される、インサートとそのごく近傍の部品の限られた部分が溶融するように制御された溶接作業を実施する段階を示す図。

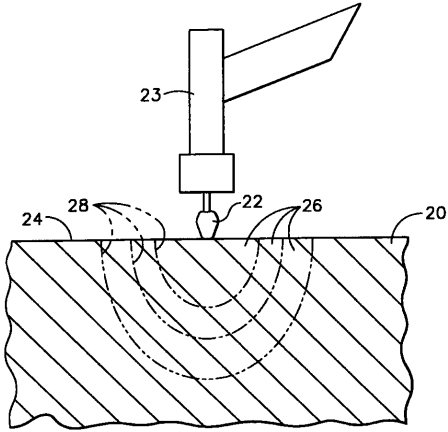
【 符号の説明 】

【 0 0 2 3 】

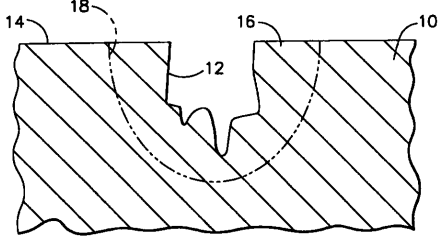
- 1 0 部品
- 1 2 表面欠陥
- 1 4 部品表面
- 2 0 塊体
- 2 3 , 4 3 アーク溶接機
- 2 4 塊体表面
- 2 6 , 3 6 溶融池
- 2 8 , 3 8 溶融フロント
- 3 0 溶加材インサート
- 3 2 空洞
- 4 0 部品の溶融部

40

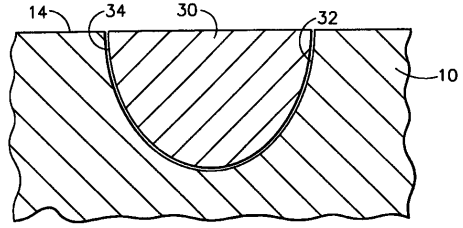
【 図 1 】



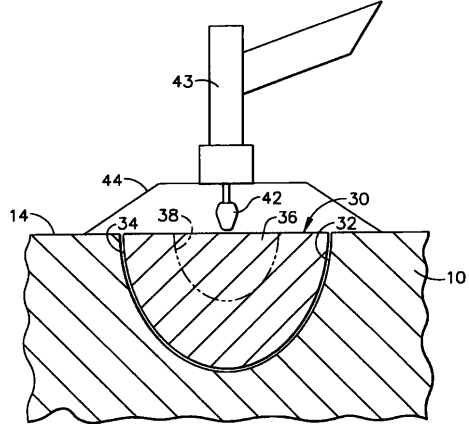
【 図 2 】



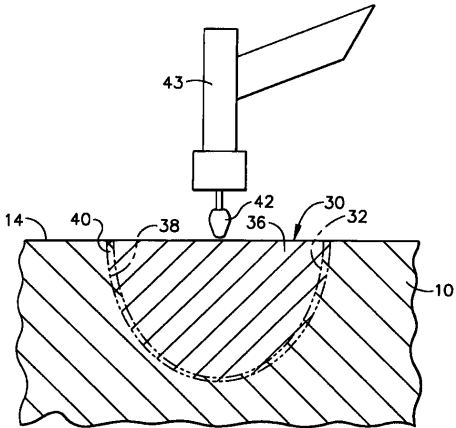
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・トマス・マーフィー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ストーリー・エーブイイー、2223番

審査官 松本 公一

(56)参考文献 特開平05-237655(JP,A)
特開平07-075893(JP,A)
特開平04-309452(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 9/00 - 10/02
B23K 26/00 - 26/42