

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3793536号

(P3793536)

(45) 発行日 平成18年7月5日(2006.7.5)

(24) 登録日 平成18年4月14日(2006.4.14)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 20/12 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 6 4
E O 4 B 1/684 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 3 O
B 6 4 C 1/00 (2006.01)	E O 4 B 1/68 K
	B 6 4 C 1/00 Z

請求項の数 50 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-16951 (P2004-16951)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成16年1月26日(2004.1.26)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2005-74519 (P2005-74519A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成17年3月24日(2005.3.24)		アメリカ合衆国、60606-1596
審査請求日	平成16年1月26日(2004.1.26)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ
(31) 優先権主張番号	10/657775		ド・プラザ、100
(32) 優先日	平成15年8月29日(2003.8.29)	(74) 代理人	100099623
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 奥山 尚一
早期審査対象出願		(74) 代理人	100096769
前置審査			弁理士 有原 幸一
		(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男
		(72) 発明者	ドン・マシングル
			アメリカ合衆国カンザス州67037, ダ
			ービー, ザカリー・ドライブ 401
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接接合部を形成する方法およびその接合部

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶接接合部を形成する方法であって、該方法は、
少なくとも1つの構造部材の第1及び第2接合面により画成された境界領域中にシーラントを配置するステップと、

該シーラントが前記接合面間の前記境界領域を少なくとも部分的に封止するように前記シーラントにおいて発熱反応を開始するステップと、

前記開始ステップ中の前記境界領域を封止する前または後に、前記封止された境界領域を貫いて延び、前記シーラントにより少なくとも部分的に封止された接合部を前記第1及び第2接合面間に形成するため前記少なくとも1つの構造部材を摩擦攪拌溶接するステッ

10

を含む方法。

【請求項 2】

アルミニウム、ニッケル及び酸素からなるグループのうちの少なくとも1つを備えるシーラントを供給するステップを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記開始するステップは、実質的に全境界領域を前記シーラントで満たすことを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記摩擦溶接するステップは、肩部から延びる摩擦攪拌溶接ピンを回転させると共に、

20

該ピンを前記境界領域に通すように推進し、それにより前記少なくとも1つの構造部材を摩擦攪拌溶接することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記摩擦溶接するステップは、摩擦溶接工具を前記境界領域に実質的に垂直な方向に推進して前記接合面に通すことを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記配置するステップは、前記接合面間にフォイルとして前記シーラントを配置することから構成される、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記シーラントを形成するステップを更に含み、該形成するステップは、前記シーラントの複数の積層シートを層状に積み重ねて多層フォイルを形成することから構成される、請求項6に記載の方法。 10

【請求項8】

前記配置するステップは、前記接合面の少なくとも一方の上に流体として前記シーラントを配置することから構成される、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記流体として前記シーラントを供給するステップを更に含み、該流体は可塑剤を含む、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

支持層上に前記シーラントを供給するステップを更に含み、前記配置するステップは、前記シーラント及び前記支持層を前記接合面の少なくとも一方の上に配置させることから構成される、請求項1に記載の方法。 20

【請求項11】

前記シーラントが前記接合面上に残るように、前記摩擦溶接するステップに先行して前記支持層を前記接合面から剥離するステップを更に含み、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記開始するステップは、前記シーラントの開始温度まで同シーラントを加熱し、それにより前記シーラントの発熱反応を開始することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

前記開始するステップは、前記シーラントの発熱反応を前記シーラントが摩擦溶接される前に実質的に終了するように、前記摩擦溶接するステップに先行して行われる、請求項1に記載の方法。 30

【請求項14】

前記開始するステップは前記摩擦溶接するステップに続いて行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項15】

前記少なくとも1つの構造部材を供給するステップを更に含み、該構造部材は、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、及び鋼からなるグループのうちの少なくとも1つから構成されている、請求項1に記載の方法。

【請求項16】

前記境界領域中にろう付け材を配置するステップを更に含み、該ろう付け材は、前記構造部材の融解温度よりも低い融解温度を有しており、該ろう付け材は、前記シーラントの発熱反応中に前記接合面に少なくとも部分的に接合される、請求項1に記載の方法。 40

【請求項17】

前記ろう付け材を供給するステップを更に含み、該ろう付け材は、青銅、銅、アルミニウム及びニッケルからなるグループのうちの少なくとも1つから構成されている、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記開始するステップは、前記シーラントの発熱反応を開始することから構成され、該発熱反応は少なくとも約648℃（約1200°F）の最高温度を有する、請求項1に記載 50

載の方法。

【請求項 19】

前記配置するステップは、約 0.0127mm (0.0005 インチ) ~ 0.508mm (0.020 インチ) の厚さを有するシーラントを配置することから構成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

前記開始するステップは、前記境界領域の少なくとも 1 つの縁部のところにすみ肉シーラントを形成するため前記境界領域の外側で前記シーラントの少なくとも幾分かを反応させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 21】

前記シーラントの一部が前記境界領域から絞り出され、続いて発熱を伴う反応をして前記境界領域の少なくとも 1 つの縁部にシーラントを形成するように、前記開始するステップの前に前記接合面を互いに押し合わせるステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 22】

少なくとも 1 つの構造部材間に接合部を形成する方法であって、該方法は、
前記少なくとも 1 つの構造部材の第 1 及び第 2 接合面により画成された境界領域中にシーラントを配置するステップと、

該シーラントが前記接合面間の前記境界領域を少なくとも部分的に封止するように前記シーラントにおいて発熱反応を開始するステップと、

前記開始ステップ中の前記境界領域を封止する前または後に、前記封止された境界領域を貫いて延び、前記シーラントにより少なくとも部分的に封止された接合部を前記第 1 及び第 2 接合面間に形成するため前記少なくとも 1 つの構造部材を連結するステップと、を含む方法。

【請求項 23】

前記シーラントを供給するステップを更に含み、該シーラントは、アルミニウム、ニッケル及び酸素からなるグループのうちの少なくとも 1 つを含む請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記開始するステップは、実質的に全境界領域を前記シーラントで満たすことを含む、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 25】

前記連結するステップは、前記構造部材間に溶接継手を形成するため前記境界領域のところで前記構造部材を溶接するステップから構成されている、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 26】

前記溶接するステップは、アーク溶接すること及びレーザ溶接することからなるグループのうちの少なくとも 1 つである、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記連結するステップは、前記構造部材を連結するため少なくとも 1 つのコネクタを前記境界領域に通し配置することを含む、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 28】

前記配置するステップは、前記接合面間に前記シーラントをフォイルとして配置することから構成される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 29】

前記シーラントを形成する形成ステップを更に含み、該形成ステップは、前記シーラントの複数の積層シートを層状に積み重ねて多層フォイルを形成することから構成される、請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】

前記配置するステップは、前記接合面の少なくとも一方の上に流体として前記シーラントを配置することから構成される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 31】

流体として前記シーラントを供給するステップを更に含み、該流体は可塑剤を含む、請

10

20

30

40

50

求項 30 に記載の方法。

【請求項 32】

支持層上に前記シーラントを供給するステップを更に含み、前記配置するステップは、前記シーラント及び前記支持層を前記接合面の少なくとも一方の上に配置させることから構成される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 33】

前記シーラントが前記接合面上に残るように、前記連結するステップに先行して前記支持層を前記接合面から剥離するステップを更に含む、請求項 32 に記載の方法。

【請求項 34】

前記開始するステップは、前記シーラントの開始温度まで同シーラントを加熱し、それにより前記シーラントの発熱反応を開始することを含む、請求項 22 に記載の方法。 10

【請求項 35】

前記開始するステップは前記連結するステップの前に行われる、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 36】

前記開始するステップは前記連結するステップの後に行われる、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 37】

前記少なくとも 1 つの構造部材を供給するステップを更に含み、該構造部材は、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、及び鋼からなるグループのうちの少なくとも 1 つから構成されている、請求項 22 に記載の方法。 20

【請求項 38】

前記境界領域中にろう付け材を配置するステップを更に含み、該ろう付け材は、前記構造部材の融解温度よりも低い融解温度を有しており、該ろう付け材は、前記シーラントの発熱反応中に前記接合面に少なくとも部分的に接合される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 39】

前記ろう付け材を供給するステップを更に含み、該ろう付け材は、青銅、銅、アルミニウム及びニッケルからなるグループのうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 38 に記載の方法。

【請求項 40】

前記開始するステップは、前記シーラントの発熱反応を開始することから構成され、該発熱反応は少なくとも約 648 °C (約 1200 °F) の最高温度を有する、請求項 22 に記載の方法。 30

【請求項 41】

前記配置するステップは、約 0.0127 mm (0.0005 インチ) ~ 0.508 mm (0.020 インチ) の厚さを有するシーラントを配置することから構成される、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 42】

前記開始するステップは、前記境界領域の少なくとも 1 つの縁部のところにすみ肉シーラントを形成するため前記境界領域の外側で前記シーラントの少なくとも幾分かを反応させることを含む、請求項 22 に記載の方法。 40

【請求項 43】

前記シーラントの一部が前記境界領域から絞り出され、続いて発熱を伴う反応をして前記境界領域の少なくとも 1 つの縁部にシーラントを形成するように、前記開始するステップの前に前記接合面を互いに押し合わせるステップを更に含む、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 44】

少なくとも 1 つの構造部材の第 1 及び第 2 接合面を接続しそれらの間に境界領域を画成する溶接接合部であって、該溶接接合部は、

前記接合面の境界領域のところで前記接合面を接続し、摩擦攪拌溶接により形成され且つ微細粒状組織により特徴付けられるナゲット領域を備えた摩擦溶接継手と、

前記接合面間の前記溶接接合部に近い境界領域中に配置されると共に、前記境界領域において前記摩擦溶接継手を少なくとも部分的に封止する、発熱を伴って反応するシーラントであって、該シーラントはアルミニウムとニッケルと酸素とからなるグループから選ばれる少なくとも1つの生成物であることを特徴とするシーラントと、
を備える接合部。

【請求項45】

前記シーラントは前記境界領域を実質的に満たしている、請求項44に記載の接合部。

【請求項46】

前記シーラントは、前記境界領域の外側で前記接合面を封止している、請求項44に記載の接合部。

【請求項47】

前記摩擦溶接継手は、前記境界領域に実質的に垂直な方向に前記少なくとも1つの構造部材を貫いて延びている、請求項44に記載の接合部。

【請求項48】

前記少なくとも1つの構造部材は、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、及び鋼からなるグループのうちの少なくとも1つから形成されている、請求項44に記載の接合部。

【請求項49】

前記摩擦溶接継手の直ぐ近くで前記接合面間にあるろう接継手を更に備えており、該ろう接継手は、前記境界領域を少なくとも部分的に封止する、請求項44に記載の接合部。

【請求項50】

前記ろう接継手は、青銅、銅、アルミニウム及びニッケルからなるグループのうちの少なくとも1つから形成されている、請求項49に記載の接合部。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、構造部材の連結に関し、特に、例えば構造部材の強度及び耐食性を向上させるための同構造部材間の接合部の封止（シーリング）に関する溶接接合部を形成する方法およびその接合部に関するものである。

【背景技術】

【0002】

構造部材の連結は、化学物質、湿分、或いはその他の流体及び粒子により侵入の影響を受けやすい境界領域をしばしば生じさせる結果になる。例えば、航空機産業の場合、構造部材間の接合部は、2枚以上の構造部材を重ね合わせ、該構造部材を貫通する穴を形成し、そしてリベット又はその他の締結具を穴に通し配置することにより、しばしば形成される。重ね合わされる構造部材は、それらの境界領域において互いにぴったりと一致しているかも知れないが、それにも拘わらず各境界領域は、一般的に、狭い空間もしくは割れ目状の隙間を画成し、それを通して湿分、化学物質、塵埃及びその他の異物が受け入れられ得るので、構造部材及び締結具の腐食が増す結果となる恐れがある。従って、コーキング材状の有機物質のようなシーラントを各境界領域に配置して、この境界領域を封止すると共に中に異物が入るのを防止することができる。

【0003】

シーラントは接合部が形成される前又は後に配置することができるが、構造部材の幾何学的形状が連結後に境界領域の一方又は双方の側にアクセスすることを妨げるので、場合によっては、連結前にシーラントを配置するのが好ましい。一部の例では、連結中にシーラントが境界領域から絞り出されることがあり、境界領域中に未充填の空間が残り、この空間は、特に連結後に接合部の一方又は双方の側にアクセスできなければ、同定し埋めることが困難である。更に、シーラントが境界領域を埋めたとしても、シーラントは、乾燥して劣化するか、或いはさもなければ、時間が経つと接合部から自由に動く。

【0004】

10

20

30

40

50

別の方法として、接合部は構造部材を溶接することにより形成することができる。例えば、構造部材同士を重ね合わせ、同構造部材の境界領域にほぼ垂直な方向に延びる摩擦攪拌用の溶接ピンを回し、そしてこのピンを境界領域に沿って構造部材を通るよう推進することにより、摩擦攪拌溶接継手を形成することができる。ピンは、構造部材との十分な摩擦を発生して構造部材の一部を可塑化し、そして可塑化された材料はピンにより混合される。可塑化された材料が冷えるときに、ナゲットと呼ばれる微細粒状組織を有する混合部分により特徴付けられる摩擦攪拌溶接継手が形成される。このナゲットは、重ね合わされる構造部材の境界領域ほど広くはないのが一般的であり、従って、構造部材は、上述したリベット接合部の直ぐ近くの空間と同様に、腐食が生じうる空間を境界領域に画成する。

【0005】

10

シーラントは該空間内に配置することができる。しかし、シーラントが溶接前に配置されていると、通常のシーラントは継手の強度及び耐食性にマイナスの影響を与えうるので、シーラントが継手のナゲット中に引き込まれるのを防止するよう注意が払われねばならない。例えば、ナゲットが形成されるであろう構造部材の領域上にマスキングテープを配置し、シーラントを構造部材上に配置し、次にこのマスキングテープを取り除いてナゲットを形成するためにクリーンな領域を実質的に残しておくことができる。これは、時間のかかるプロセスである。更に、このような予防策が講じられていてさえ、継手を形成するため構造部材が配置され強制されて一緒になるときに、シーラントの幾分かが絞られて境界領域の中に入り、継手の可塑化された材料と混合されることがあり、それにより溶接継手の品質が低下する。加えて、前述したように、空間が連結中の境界領域に結果として生じうるし、また、シーラントがその後に境界領域から解放される。

20

【0006】

従って、構造部材において耐食性のある接合部を形成するための改良方法の必要性が存在する。この方法は、摩擦溶接のような溶接方法と互換性がなければならず、また、過度に時間がかかってはならない。更に、この方法は、接合部の品質を過度に低下させることなく構造部材間に強い結合を結果としてもたらすべきである。

【特許文献1】 米国特許 5, 460, 317号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

30

本発明は、封止された接合部と、構造部材間に接合部を形成するための方法とを提供する。

発熱材料から形成されたシーラントは、構造部材の接合面間の境界領域中に配置されており、そして反応させられると境界領域中にシール及び／又は結合剤を形成する。該シーラントは、化学物質、湿分、塵埃及びその他の物質の進入を防止するため構造部材間の空間を満たすことができ、それにより境界領域における接合部又は構造部材の腐食の可能性を低減する。更に、シーラントは、構造部材間に摩擦攪拌溶接継手のような継手を形成する前に、間に又は後に反応させられることができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

本発明の一実施形態によると、接合部は、シーラントを境界領域中に配置させると共に、この境界領域中でシーラントを発熱反応させることにより形成される。アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、鋼等を含む種々の材料から形成できるこれらの構造部材は、摩擦溶接されて接合面間に継手を形成し、該継手はシーラントにより少なくとも部分的に封止される。

【0009】

アルミニウム、ニッケル、酸素又はその他の材料を含みうるシーラントは、多層フォイルのようなフォイルとして、或いは可塑剤を含みうる流体として配置されることができる。更に、シーラントは支持層上に設けることができ、この支持層が、次いでシーラントを接合面の一方又は双方上に配置させるために用いられる。シーラントは、約0.0127

50

mm(0.0005インチ)～0.508mm(0.020インチ)の厚さで配置させられることができ、そしてシーラントの一部は、境界領域の外側で反応させられて、境界領域の1つ以上の縁部にすみ肉シールを形成することができる。例えば、シーラントが反応させられる前に接合面が押し合わせられうるので、シーラントの一部は境界領域から絞り出され、その後、発熱を伴う反応をして、境界領域の少なくとも1つの縁部にシールを形成する。

【0010】

シーラントの発熱反応は、開始温度までシーラントを加熱することによって開始せしめることができ、また、構造部材の摩擦溶接の前に、間に、又は後に開始せしめることができる。例えば、構造部材の摩擦攪拌溶接は、同構造部材を開始温度まで加熱し、それにより発熱反応を開始させることができる。シーラントの発熱反応は、約648℃(約1200°F)に達するか超える最高温度を有することができる。

10

【0011】

その上、ろう付け材をシーラントと一緒に境界領域中に設けることができる。このろう付け材は構造部材の融解温度よりも実質的に低い融解温度を有しているので、ろう付け材は、シーラントの発熱反応中に結合面に接合される。このろう付け材としては、例えば、青銅、銅、アルミニウム、又はニッケルを含むことができる。

【0012】

本発明の別の実施形態によると、その他の結合部を構造部材間に形成し封止することができる。例えば、構造部材は、線形摩擦溶接のような他の形式の摩擦溶接や、レーザ溶接又はアーク溶接のような他の形式の溶接や、リベット又はボルト等のようなコネクタ或いは締結具により連結されることができる。

20

【0013】

また、本発明は、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、又は鋼のような材料から形成された1つ以上の構造部材の第1及び第2接合面を接続する溶接接合部も提供している。摩擦溶接継手は、境界領域のところで接合面を接続し、そして境界領域中で発熱を伴って反応するシーラントは、そこで摩擦溶接継手を少なくとも部分的に封止する。アルミニウム、ニッケル及び酸素のような材料を含むことができるシーラントは、境界領域を実質的に満たすことができる。更に、シーラントは、例えば境界領域の縁部に関するすみ肉シールとして、境界領域の外側で接合面を封止することができる。摩擦溶接継手は、微細粒状組織を特徴とするナゲット領域を有する摩擦攪拌溶接継手とすることができ、また、この摩擦溶接継手は、境界面に対してほぼ垂直な方向に構造部材を貫いて延びることができる。更に、青銅、銅、アルミニウム、ニッケル等から形成されたり接継手を摩擦溶接継手の直ぐ近くで接合面間に設けて、該ろう接継手により境界領域を少なくとも部分的に封止するようにすることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明について一般的な用語でこれまで説明してきたが、次に、必ずしも縮尺通りではない添付図面を参照することとする。

【0015】

本発明の全実施形態ではないが、その幾つかを示す添付図面を参照し、本発明について以下により詳しく説明する。実際に、本発明は、種々の異なる形態で実施可能であり、ここに示された実施形態に限定されるものと解釈されるべきではない。むしろ、これらの実施形態は、その開示内容が該当する法的必要条件を満たすように提示されている。同様の数字は、終始、同様の要素を指している。

40

【0016】

図面、特に図1を参照すると、第1及び第2構造部材20、22を結合する接合部10を形成するための装置が示されている。2つの構造部材が本発明の方法により連結されるのが典型的であるが、単一の構造部材、例えば、隣接する縁部を有する管状部材、或いはさもなければ湾曲部材を連結することができる。その代わりに、3つ以上の構造部材を連

50

結することができ、また、構造部材を種々の形態で配列することができる。

【0017】

図1に示すように、第1構造部材20は、その接合面24が第2構造部材22の接合面26と重なり合うと共に、2つの構造部材20、22がそれらの間に境界領域28を形成するように、配置されている。摩擦溶接工具は、構造部材20、22間に摩擦溶接継手12を形成するために用いられる。例えば、この摩擦溶接工具は、肩部54から延びる回転ピン52を含む摩擦攪拌型溶接工具50とすることができる。このピン52は、境界領域28に対してほぼ垂直に、例えば、境界領域28の法線から約3〜5°の角度で境界領域28に挿入されている。台座（図示せず）又はその他の支持体は、摩擦攪拌型溶接工具50に対向して第2構造部材22に当てて配置されることができる。次いで摩擦攪拌型溶接工具50は、ピン52が参照数字57により指示された方向に回転するときに、第1構造部材20に対向する方向55に推進されると共に、構造部材20、22の境界領域28に沿った方向56に進められる。ピン52の運動は摩擦熱を発生し、これが構造部材20、22から一部の材料を可塑化し、そして可塑化された材料はピン52により混合される。可塑化された材料が冷えて硬化されるときに、図2に示すように2つの構造部材を結合する接合部10の一部を構成する摩擦攪拌型溶接継手12が形成される。この摩擦溶接継手12は、微細粒状組織であることを特徴とするナゲット領域をピン52のパスの直ぐ近くに含んでいる。

10

【0018】

構造部材20、22を連結するための摩擦攪拌型の溶接プロセスは、技術的に既知であり、例えば、トーマス(Thomas)等に対する米国特許第5,460,317号に記載されており、その全体は参照によりこの明細書に組み込まれる。図1に示された構成により形成される溶接継手12は、重ね継手、即ち、重ね合わさっている部材の境界領域にほぼ垂直の継手と通常呼ばれている。

20

【0019】

本発明のその他の実施形態においては、他の溶接継手を摩擦攪拌型溶接により代案として形成することができる。また、摩擦溶接装置及び方法以外の缶溶接装置及び方法のように、線状摩擦溶接のような他の形式の摩擦溶接も構造部材20、22を連結するのに使用することができる。例えば、溶接継手12は、レーザ溶接及びアーク溶接のような任意の溶接技術、特に、ガスタングステンアーク溶接、タングステナイトガス溶接、プラズマアーク溶接等により形成されることができる。更に、構造部材20、22は、溶接することなく、例えば、半田継手又はろう接継手によっても連結されることができる。代案として、構造部材20、22は、例えば、リベット、ボルト、ねじ、クリップ、クリンプ等を含むコネクタもしくは締結具を使用して連結されることができる。本発明は、これらの形式又はその他の形式の継手に限定されることはなく、構造部材20、22を接続するために多種多様の継手と共に使用されることができる。

30

【0020】

構造部材20、22は、シート、プレート、ブロック等のような種々の形状のうちのいずれでも画成することができる。構造部材20、22は、アルミニウム、チタン、それらの合金、又は鋼のような金属から形成することができる。その代わりに、構造部材20、22は、ポリマー、複合材料等を含む非金属材料から形成することができる。更に、構造部材20、22は、同種又は異種材料から形成することができる。即ち、構造部材20、22の各々は、同一又は別個の材料から形成することができる。例えば、本発明の一実施形態によると、構造部材20、22の一方は、金属材料から形成されていて、これが非金属材料から形成された構造部材20、22の他方に連結されている。

40

【0021】

構造部材20、22は、航空機及び宇宙船のような航空宇宙構造用、船舶用、車両用等のフレーム、パネル、外板、翼等を含む種々の用途に用いられるアセンブリを形成するために連結されることができる。ある用途の場合、構造部材20、22は、接合部10を検査又は処理するため後からアクセスすることを難しくする、或いは阻止する幾何学的形状

50

に連結されることがある。例えば、構造部材 20, 22 は、チューブ又は航空機翼のように部分的又は全体的に閉じた本体を形成するように重なり合って連結されることができる。

【0022】

構造部材 20, 22 の接合面 24, 26 は、外形がぴったり一致してよく、また、該接合面 24, 26 は互いにしっかりとクランプすることができ、境界領域 (interface) 28 は、溶接継手 12 が形成されていない接合面 24, 26 の間にある、即ち、溶接継手 12 の各側にあるスペースもしくは空間 14 により特徴付けられる。本発明の一実施形態によると、シーラント 40 が構造部材 20, 22 間にその境界領域 28 のところで配置される。このシーラント 40 は、構造部材 20, 22 の接合面 24, 26 の一方又は双方の側に配置されることができ、また、摩擦攪拌型溶接継手 12 の領域を含む境界領域 28 の範囲の一部又は全部を覆って配置されることができ、このようにして、シーラント 40 は、構造部材 20, 22 の接合面 24, 26 間のスペース 14 を埋めることができる。シーラント 40 は、化学物質、湿分、塵埃及びその他の物質がスペース 14 に入るのを防止すると共に、そのためこれらの物質によって起こりうる腐食又はその他の損傷を防止する。

10

【0023】

シーラント 40 は、発熱を伴って化学的に反応しうる材料で形成されるのが好ましい。このような発熱を伴う反応性の材料は、ベリリウム、ニッケル、アルミニウム、ボロン、銅、マグネシウム、モリブデン、パラジウム、ロジウム、シリコン、チタン、ジルコニウム等を含むことができる。例えば、シーラント 40 は、チタンとボロン、アルミニウム、ニッケルと銅、ニッケルとアルミニウム、ジルコニウムとアルミニウム、ニッケルとシリコン、モリブデンとシリコン、パラジウムとアルミニウム、ロジウムとアルミニウム、並びに、チタンとアルミニウム等の化合物もしくは混合物から形成されることができ、特に、シーラント 40 は、 $ZrAl_3$ 、 $ZrAl_2$ 、 $TiAl$ 、チタンとボロンの混合物、或いはその他種々の発熱を伴って反応しうる化合物、混合物、上掲した諸元素を含む材料及び／又はその他とすることができ、また、シーラント 40 は、例えば、該シーラント 40 中の金属の酸化を防止もしくは減少するため、及び／又は、良好な金属結合を接合部 10 にもたらすように少なくとも一時的に構造部材 20, 22 を結合するため、種々の化学物質も含むことができる。

20

30

【0024】

発熱反応中に放出されたエネルギーは、反応を維持するのに十分であるので、一旦反応が開始されれば、境界領域 (interface) 28 における全て又は実質的に全てのシーラント 40 は反応することができる。また、シーラント 40 の発熱反応は、シーラント 40 の最高反応温度や構造部材 20, 22 の融解温度に左右されるが、シーラント 40 及び／又は構造部材 20, 22 の一部を融解するのにも十分でありうる。例えば、本発明の一実施形態において、構造部材 20, 22 は、アルミニウム又はアルミニウム合金から形成されると共に、発熱反応中に約 $648^{\circ}C \sim 1087^{\circ}C$ (約 $1200^{\circ}F \sim 2000^{\circ}F$) の最高温度に達するシーラント 40 によって封止されている。別の実施形態においては、チタン又はチタン合金から形成された構造部材 20, 22 は、発熱反応中に約 $1087^{\circ}C \sim 1926^{\circ}C$ (約 $2000^{\circ}F \sim 3500^{\circ}F$) の最高温度に達するシーラント 40 によって封止されている。非合金アルミニウム及びチタンは、それぞれ約 $659^{\circ}C$ (約 $1220^{\circ}F$) 及び約 $1798^{\circ}C$ (約 $3270^{\circ}F$) の温度で融解する。従って、場合によっては、シーラント 40 は、境界領域 (interface) 28 において構造部材 20, 22 を部分的に融解させると共に、それと拡散接合を形成する。代案として、反応温度が構造部材 20, 22 の融解温度よりも低ければ、シーラント 40 は、構造部材 20, 22 を融解することなく融解されて境界領域 (interface) 28 を埋めることができる。

40

【0025】

いずれにしても、シーラント 40 は、境界領域 28 を実質的に埋めることができ、それにより境界領域 28 を封止すると共に、塵埃、湿分等の進入を防止する。更に、シーラン

50

ト４０は、構造部材２０，２２に連結されてそれらとの間に継手を形成することができる。もしシーラント４０が構造部材２０，２２の摩擦溶接前に反応していれば、シーラント４０により形成された継手は、摩擦溶接が行われる間、構造部材２０，２２を所定位置に保持することができる。更に、シーラント４０がいつ反応するかに関係なく、シーラント４０により形成された継手は、構造部材２０，２２間の接合部１０全体の強度を増すことができる。即ち、シーラント４０は、摩擦溶接により連結されていない境界領域２８の部分にわたり構造部材２０，２２を接続することができ、それにより摩擦溶接継手１２の強度を補う。

【００２６】

シーラント４０は、フィルム、ペースト、粉体等として形成し配置させることができる。例えば、シーラント４０は、何拾、何百又は何千の層を有するフویلもしくはフィルムとして形成されることができる。代わりに、シーラント４０は、可塑剤の流体中に懸濁した粉体のようなペースト又はその他の流体として形成することができる。更に、シーラント４０は、フィルム、粉体、流体等として支持層４２の上又は中に配置することができ、この支持層４２がシーラント４０を接合面２４，２６の一方又は双方上に配置させるために後から使用される。

【００２７】

図３に示すように、支持層４２は、ポリマー又は紙材料から形成される薄い、可撓性の、テープ状シートとすることができる。代案として、支持層４２は、その中に少なくとも部分的にシーラント４０を吸収しうる多孔性もしくは網状の材料とすることができる。図３に示すように、シーラント４０は、均一な厚みを有する層として支持層４２に設けることができ、次に、支持層４２は、ロール４４を形成するためぐるぐるに巻くことができる。その後、支持層４２は、巻き戻すことができ、シーラント４０を構造部材２０，２２と支持層４２との間にして、構造部材２０，２２の一方又は双方に置くことができる。別の実施形態において、シーラント４０は、支持層４２をコイルから及び／又は給送装置により供給し、次いでこの支持層４２を構造部材２０，２２上に位置決めするときに、支持層４２上に配置することができる。図３に示すように、支持層４２は、シーラント４０を接合面２６上に残して、構造部材２２から矢印４３で示す方向に剥ぎ取ることができる。代案として、構造部材２０，２２は、それらの間の支持層４２と連結するために構成することができ、また、支持層４２は、シーラント４０の発熱反応及び／又は構造部材２０，２２の摩擦溶接中に燃焼されるか、或いはさもなければ消失させることができる。

【００２８】

接合面２４，２６に配置されるシーラント４０の量は変えることができるが、本発明の一実施形態においては、約０．０１２７mm(０．０００５インチ)～０．５０８mm(０．０２０インチ)の間の層が配置されている。シーラント４０は、接合部１０の摩擦溶接継手１２を形成するため溶接される境界領域２８の部分を含め、接合面２４，２６の全て又は一部にわたり配置されうるが、場合によっては、シーラント４０は、摩擦溶接継手１２のある機械的特性に良い影響又は悪い影響を及ぼしうる。

【００２９】

シーラント４０の発熱反応は、構造部材２０，２２が溶接継手１２を形成するため摩擦溶接される前でも、間でも、後でも開始することができる。例えば、本発明の一実施形態によると、シーラント４０が接合面２４，２６上に配置され、該接合面２４，２６が向き合ってそれらの間に境界領域２８を画成するように構造部材２０，２２が位置決めされ、その後に発熱反応が開始される。発熱反応の開始は、シーラント４０を加熱するか、化学触媒を与えるか等を行うことによって実現されうる。例えば、オープン、火炎、レーザ等を使用して、発熱反応が起こり始めるシーラント４０の開始温度までシーラント４０及び／又は構造部材２０，２２の全て又は一部を加熱することができる。上述したことから分かるように、幾つかの実施形態においては、発熱反応はその反応を持続するのに十分な熱エネルギーを放出し、従って、追加のエネルギーが供給される必要はない。しかし、他の実施形態においては、反応が発熱を伴っていても、自己持続するほど十分な熱エネルギー

10

20

30

40

50

を放出せず、従って、例えばオープン、火炎、レーザ等により追加のエネルギーを供給しなければならない。発熱反応が自己持続性であれば、反応は、一旦開始されれば迅速に起こるのが一般的である。その後、上述したように摩擦溶接を行うことができる。

【0030】

本発明の他の実施形態において、摩擦溶接は、発熱反応中に少なくとも部分的に行われることができる。特に、シーラント40を配置し、境界領域28を画成するように構造部材20, 22を位置決めし、次いで摩擦溶接を行って、摩擦溶接により発熱反応を開始するのに十分な熱エネルギーを供給することができる。発熱反応は、その後、摩擦溶接の速度と同じ又は異なる速度で生じうる。例えば、一旦開始されると、シーラント40の発熱反応は、2〜3秒以内に終了しうるが、摩擦溶接はもっと遅い速度で続いている。

10

【0031】

代案として、摩擦溶接がシーラント40の発熱反応を開始させるのに十分な熱エネルギーを供給しなければ、シーラント40は、摩擦溶接が始まった後或いは終わった後、反応することができる。例えば、本発明の一実施形態によると、シーラント40を接合面24, 26上に配置し、接合面24, 26を対峙させてそれらの間に境界領域28を形成するように構造部材20, 22を位置決めし、そして摩擦溶接継手12を形成する。摩擦溶接継手12の少なくとも一部を形成した後、シーラント40は発熱を伴って反応し、境界領域28にシールを形成する。

【0032】

好ましいのは、シーラント40が実質的に境界領域28を埋め、それにより境界領域28を封止して、湿分及び塵埃が境界領域28に入るのを防止することである。更に、図2に示すように、シーラント40は、構造部材20, 22に対する腐食又はその他の損傷から境界領域28を更に保護するため、例えば境界領域28の少なくとも一縁部のところで境界領域28の外側を延びるシール46を形成することができる。この点で、シーラント40は境界領域28の外側に配置しうるといえる。例えば、シーラント40がフォイル又はペースト状流体として配置されていれば、シーラント40は、接合面24, 26の領域を越えて延びる構造部材20, 22の諸部分に配置されることができる。

20

【0033】

本発明の一実施形態によると、シーラント40は、ペーストとして接合面24, 26上に配置されており、そして構造部材20, 22は、境界領域28を画成すべく接合面24, 26を対向配置にして、位置決めされる。その後、構造部材20, 22は、例えば構造部材20, 22を互いに締め付けることにより、押し合される。ペーストであるシーラント40は、境界領域28を実質的に埋め、そしてシーラント40の幾分かは、境界領域28の縁部のところで境界領域28から押し出される。過剰なペーストのシーラント40は境界領域28の縁部から除去できるが、若干のシーラント40は、境界領域28の外側に残る。ペーストであるシーラント40が反応するときに、境界領域28の縁部にあるシーラント40のビードは、すみ肉シール (fillet seal) 46を形成する。本発明の他の実施形態においては、代わりに、このようなすみ肉シール46は、コーキング材もしくは樹脂材のような通常のシーラントを使用して形成することができる。

30

【0034】

図4に示すように、ろう付け材48も、シーラント40が反応して構造部材20, 22間にろう接継手を形成する前に、シーラント40を有する境界領域28中に供給することができる。典型的には、ろう付け材48は、構造部材20, 22の融解温度よりも低い融解温度を特徴としている。従って、特定の接合部10のための特定ろう付け材48は、構造部材20, 22並びにシーラント40の材料に基づいて選択されることができる。例えば、ろう付け材48は、青銅、銅、アルミニウム及び／又はニッケルを含むことができる。ろう付け材48は、フォイル、粉体、又はその他のシーラント40の組成の一部として提供することができる。例えば、ろう付け材48の複数のシートをシーラント40のフォイル内に層状化するか、或いはろう付け材48の粒子を粉体又はペーストであるシーラント40と混合することができる。このようにして、ろう付け材48は、シーラント40と

40

50

一緒に接合面 24, 26 の一方又は双方上に配置させることができる。代案として、ろう付け材 48 は、例えば、フォイルであるシーラント 40 と共に層状に積み重ねられる別個のシートとして、シーラント 40 に対峙する接合面上に配置される粉体もしくはペーストとして、或いは別の仕方、境界領域 28 中に別々に設けることができる。いずれにしても、シーラント 40 は、ろう付け材 48 の融解温度よりも高い反応温度を有することができる、そしてシーラント 40 は、ろう付け材 48 が構造部材 20, 22 にろう付けその他の手段で接合され、それにより構造部材 20, 22 を連結するように、発熱反応中にろう付け材 48 を融解するのに十分な熱を放出する量で配置されることができる。シーラント 40 の発熱反応、従って、ろう付け材 48 による構造部材 20, 22 の連結の前、間又は後に、継手 12 は、例えば摩擦攪拌溶接により、前述したように形成することができる。このようにして、ろう付け材 48 は構造部材 20, 22 間の接合部 10 の強度を向上させる。

10

【0035】

図 5 は、本発明の一実施形態に従って継手を形成する諸工程を図解している。これらの工程の一部は方法から除外することができ、そして本発明の範囲から逸脱することなく、付加的な工程が遂行されうると理解されたい。ブロック 100 に示したように、シーラントは、少なくとも 1 つの構造部材の第 1 及び第 2 接合面により画成された境界領域中に配置される。該シーラントは、フォイル又は流体として配置することができ、また、支持層と一緒に配置されうる。該シーラントは、約 0.0127 mm (0.0005 インチ) ~ 0.508 mm (0.020 インチ) の厚さで配置されることができると共に、全境界領域を埋める、即ち実質的に埋めることができる。更に、シーラントの一部は、例えば、シーラントの配置後に構造部材を押すことにより、境界領域の外側に配置させることができるので、シーラントは境界領域の外側にすみ肉シールを形成する。

20

【0036】

本発明のある実施形態において、ろう付け材もまた、シーラントと一緒に境界領域中に配置される。ブロック 110 を参照のこと。シーラントの発熱反応は、シーラントが接合面間の境界領域を少なくとも部分的に封止するように開始される。ブロック 120 を参照のこと。例えば、発熱反応は、シーラントを開始温度まで加熱することによって開始させることができる。一実施形態において、発熱反応は少なくとも約 648 °C (約 1200 °F) の最高温度であることを特徴としている。少なくとも 1 つの構造部材は溶接又はその他の手段で接続されて第 1 及び第 2 接合面間に継手もしくは接合部を形成し、この継手はシーラントにより少なくとも部分的に封止される。ブロック 130 を参照のこと。例えば、構造部材 (単数又は複数) は摩擦攪拌溶接することができる。摩擦溶接はシーラントの発熱反応を開始させることができ、或いはシーラントは摩擦溶接の前又は後に反応することができる。代案として、構造部材 (単数又は複数) は、レーザ溶接又はアーク溶接のようなその他任意の溶接技術、特に、ガスタングステンアーク溶接、タングステンイナートガス溶接、プラズマアーク溶接等により溶接されることができる。更に、構造部材は、溶接することなく、例えば、半田付け、ろう付けにより、或いはリベット、ボルト、ねじ、又はクリップのようなコネクタもしくは締結具を構造部材間に配置することにより連結されることもできる。

30

40

【0037】

この明細書に記載された本発明についての多くの変形例及びその他の実施形態は、前述の説明及び添付の図面に提示された教示内容の利点を有して、本発明が関係する技術に習熟した者に想到されるであろう。従って、言うまでもなく、本発明は、開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、また、上述の変形例及びその他の実施形態は、特許請求の範囲に含まれるべきものと考えられる。この明細書では特定の用語が用いられているが、それらは、単に一般的且つ説明的意味であり、限定のために使用されているのではない。

【図面の簡単な説明】

【0038】

50

【図 1】 本発明の一実施形態に基づいて摩擦溶接継手により部分的に連結された 2 つの構造部材を例示する斜視図である。

【図 2】 図 1 の構造部材間の溶接継手の立断面図である。

【図 3】 本発明の別の実施形態に基づいて構造部材上に部分的に配置されるシーラントを例示する斜視図である。

【図 4】 本発明の別の実施形態に基づいて連結するように構成された 2 つの構造部材の立断面図である。

【図 5】 本発明の一実施形態に従って継手を形成するための諸工程を例示するブロック図である。

【符号の説明】

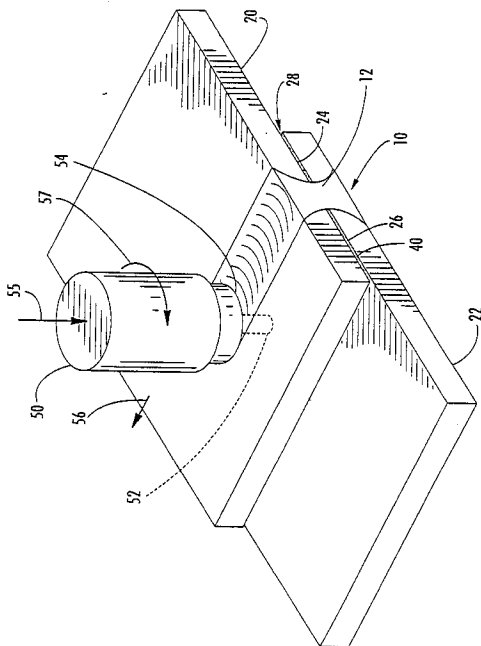
【0039】

- 10 接合部
- 12 摩擦溶接継
- 14 接合面間のスペース
- 20 第 1 構造部材
- 22 第 2 構造部材
- 24 接合面
- 26 接合面
- 28 境界領域
- 40 シーラント
- 42 支持層
- 46 シール
- 48 ろう付け材
- 50 摩擦攪拌型溶接工具（摩擦溶接工具）
- 52 回転ピン

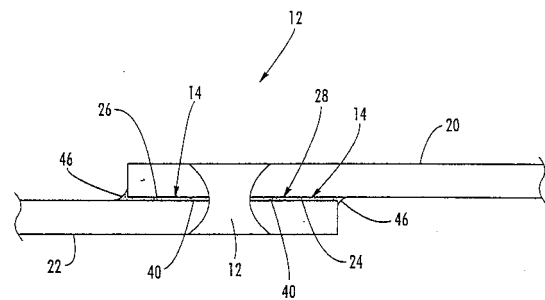
10

20

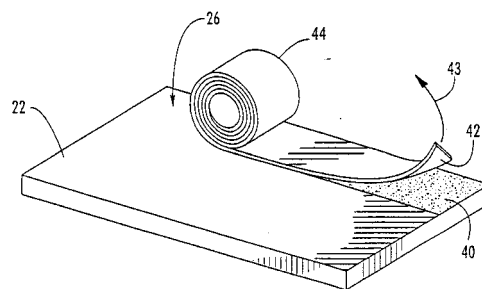
【図 1】



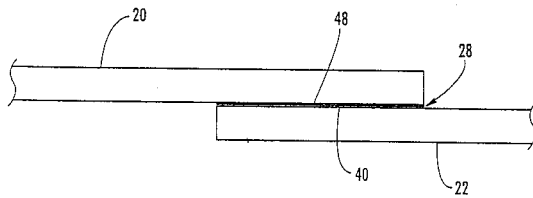
【図 2】



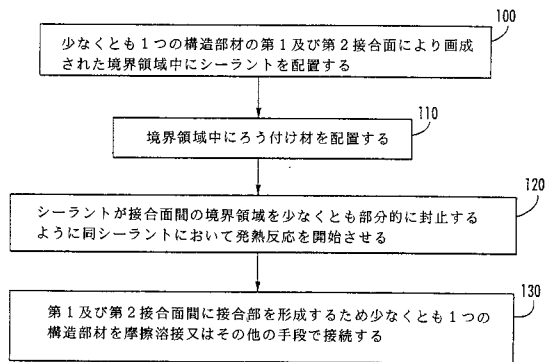
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

審査官 加藤 昌人

- (56)参考文献 特開2002-113583 (JP, A)
特開昭62-021479 (JP, A)
特開平04-157082 (JP, A)
米国特許第06045028 (US, A)
米国特許出願公開第2003/0042291 (US, A1)
特開2003-305586 (JP, A)
特開昭58-211087 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 20/12
B23K 26/18
B23K 33/00