

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3920286号

(P3920286)

(45) 発行日 平成19年5月30日(2007.5.30)

(24) 登録日 平成19年2月23日(2007.2.23)

(51) Int. Cl.		F I	
B 2 3 K 20/12	(2006.01)	B 2 3 K 20/12	3 6 4
B 2 3 K 103/10	(2006.01)	B 2 3 K 103:10	
B 2 3 K 103/14	(2006.01)	B 2 3 K 103:14	

請求項の数 26 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-501116 (P2004-501116)	(73) 特許権者	591009037
(86) (22) 出願日	平成15年4月8日(2003.4.8)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2005-523165 (P2005-523165A)		THE BOEING COMPANY
(43) 公表日	平成17年8月4日(2005.8.4)		アメリカ合衆国、98124-2207
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/011836		ワシントン州、シアトル、マイル・ストッ
(87) 国際公開番号	W02003/092950		プ・13-08 ピィ・オウ・ボックス・
(87) 国際公開日	平成15年11月13日(2003.11.13)		3707 (番地なし)
審査請求日	平成16年10月19日(2004.10.19)	(74) 代理人	100099623
(31) 優先権主張番号	10/134, 932		弁理士 奥山 尚一
(32) 優先日	平成14年4月29日(2002.4.29)	(74) 代理人	100096769
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 有原 幸一
早期審査対象出願		(74) 代理人	100107319
			弁理士 松島 鉄男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造アセンブリを製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

構造アセンブリを製造する方法であって、

第1の構造部材を、少なくとも部分的に第2の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップと、

前記第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも一方に、プラグを受けるように構成された開口を穿孔するステップと、

回転するプラグを前記境界面のところで前記第1及び第2の構造部材中に挿入し、それにより前記第1の構造部材を前記第2の構造部材と結合するステップと、

しかる後、前記境界面により画成される通路に沿って前記第1及び第2の構造部材を通過するように回転摩擦攪拌溶接プローブを動かすことにより、前記境界面に沿って前記第1及び第2の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成するステップと、

を含む方法。

【請求項2】

前記挿入するステップの前に前記プラグを所定寸法まで機械切削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】

前記プラグの端部が、対応する構造部材の外側表面と面一になるように、前記挿入するステップに続いて前記プラグの少なくとも1つの端部を機械切削するステップを更に含む

10

20

、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記境界面に沿った種々の位置で前記挿入するステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記繰り返すステップは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で前記回転するプラグを挿入することを含んでいる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

宇宙航行体の外装を形成するために、前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けるステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 7】

構造アセンブリを製造する方法であって、
第 1 の構造部材を、少なくとも部分的に第 2 の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップと、

前記第 1 及び第 2 の構造部材のうちの少なくとも一方に、プラグを受けるように構成された開口を穿孔するステップと、

前記プラグを前記第 1 の構造部材の外側表面に隣接して位置決めするステップと、

前記プラグを回転させるステップと、

前記回転させるステップと同時に、前記境界面のところで前記第 1 及び第 2 の構造部材中に前記プラグを挿入し、それにより前記第 1 の構造部材を前記第 2 の構造部材に結合する
ステップと、

20

しかる後、前記境界面により画成される通路に沿って前記第 1 及び第 2 の構造部材を通過するように回転摩擦攪拌溶接プローブを動かすことにより、前記境界面に沿って前記第 1 及び第 2 の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成するステップと、
を含む方法。

【請求項 8】

前記第 2 の位置決めするステップの前に前記プラグを所定寸法まで機械切削するステップを更に含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プラグの端部が、対応する構造部材の外側表面と面一になるように、前記挿入するステップに続いて前記プラグの少なくとも 1 つの端部を機械切削するステップを更に含む、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 10】

前記境界面に沿った種々の位置で、前記挿入するステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記繰り返すステップは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で前記回転するプラグを挿入することを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

宇宙航行体の外装を形成するために、前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けるステップを更に含む、請求項 7 に記載の方法。

40

【請求項 13】

構造アセンブリを製造する方法であって、
第 1 の構造部材を、少なくとも部分的に第 2 の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップと、

回転するプラグを前記境界面のところで前記第 1 及び第 2 の構造部材中に挿入し、それにより前記第 1 の構造部材を前記第 2 の構造部材と結合するステップと、

しかる後、前記境界面により画成される通路に沿って前記第 1 及び第 2 の構造部材を通過するように回転摩擦攪拌溶接プローブを動かすことにより、前記境界面に沿って前記第

50

1 及び第 2 の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成するステップと、
を含む方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 及び第 2 の構造部材のうちの少なくとも一方に、前記プラグを受けるように構成された開口を穿孔するステップを更に含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記挿入するステップの前に前記プラグを所定寸法まで機械切削するステップを更に含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記プラグの端部が、対応する構造部材の外側表面と面一になるように、前記挿入するステップに続いて前記プラグの少なくとも 1 つの端部を機械切削するステップを更に含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記境界面に沿った種々の位置で、前記挿入するステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記繰り返すステップは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で前記回転するプラグを挿入することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

宇宙航行体の外装を形成するために、前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けるステップを更に含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 2 0】

構造アセンブリを製造する方法であって、
第 1 の構造部材を、少なくとも部分的に第 2 の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップと、
プラグを前記第 1 の構造部材の外側表面に隣接して位置決めするステップと、
前記プラグを回転させるステップと、
前記回転させるステップと同時に、前記境界面のところで前記第 1 及び第 2 の構造部材中に前記プラグを挿入し、それにより前記第 1 の構造部材を前記第 2 の構造部材に結合する
ステップと、

しかる後、前記境界面により画成される通路に沿って前記第 1 及び第 2 の構造部材を通過するように回転摩擦攪拌溶接プローブを動かすことにより、前記境界面に沿って前記第 1 及び第 2 の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成するステップと、
を含む方法。

【請求項 2 1】

前記第 1 及び第 2 の構造部材のうちの少なくとも一方に、前記プラグを受けるように構成された開口を穿孔するステップを更に含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記第 2 の位置決めするステップの前に前記プラグを所定寸法まで機械切削するステップを更に含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記プラグの端部が、対応する構造部材の外側表面と面一になるように、前記挿入するステップに続いて前記プラグの少なくとも 1 つの端部を機械切削するステップを更に含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記境界面に沿った種々の位置で、前記挿入するステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 5】

10

20

30

40

50

前記繰り返すステップは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で前記回転するプラグを挿入することを含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

宇宙航行体の外装を形成するために、前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けるステップを更に含む、請求項 2 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摩擦溶接に関し、特に、摩擦プラグ溶接による構造部材の結合に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

航空宇宙産業における構造アセンブリのようなものは、構造部材を互いに結合することによりしばしば構成されている。構造部材は、当該部材間の結合境界面に沿った溶接により、或いはリベット、ねじ又はボルトのような締結具を使用することにより、互いに結合することが可能である。多くの場合、結合過程を面倒にする複雑な幾何学的形状もしくは構成をもつ構造部材を結合することが必要である。例えば、曲線形状をもつ構造部材を結合する場合、間隙ができるのを防止すると共に結合境界面の邪魔にならないようにしながら、構造部材を互いに対して位置決めし固定することが難しい可能性がある。同様に、構造部材の中には、構造部材間の結合境界面に接近するのを制限する形状を有するものがある。例えば、タンク、或いはロケット又はミサイルのような宇宙航行体の外装を形成するためにドーム状のものを円筒体に結合する場合、ドーム状のもの及び円筒体の内側と外側の双方を同時に支持し固定することは難しい可能性がある。

20

【0003】

従来、接近が難しい複雑な形状及び/又は結合境界面を有する構造部材を結合するときに、構造部材間に組立構造物又は設備一式を架設して、構造部材が結合される間、それらを位置決めした状態で固定することを支援している。例えば、ドーム状のものを円筒体に結合する場合、1つ以上の裏板或いはその他の支持部材(「設備一式もしくはツーリング」)を円筒体及びドーム状のものに取り付けて、構造部材を結合する際、円筒体上へのドーム状のものの位置決めを容易にすると共に、構造部材間の結合境界面を支持することが可能である。そして、設備一式は、構造部材が結合された後に除去することが可能となっている。しかしながら、設備一式を架設するには労力、時間及び材料が必要であり、従って、構造アセンブリの製造コストが上昇することになる。同様に、設備一式の除去は、更なる労力と加工時間が必要であり、これは製造コストを更に上昇させることになる。ある場合には、構造部材が結合されてしまった後に設備一式に接近して取り除くことは困難であるか又は不可能となることがあり、これは、結果として得られた構造アセンブリの総重量に悪影響を与える。重量及び強度は、航空宇宙産業において重大な関心事である。

30

【0004】

製造コストを減少しようと努める中で、複雑な形状をもつ構造部材を結合する他の方法が提案されてきた。このような方法の1つでは、構造部材を互いに結合するために、リベットのような締結具を用いるものがある。しかしながら、リベットは予め穿設された孔を一般に必要とするので、リベットを使用して構造部材を結合することは、労働集約且つ時間浪費になることがある。その上、リベットは、構造部材が結合境界面でオーバーラップしていること或いは支持部材又は裏板が構造部材の各々とオーバーラップしていることを必要としているので、リベットを使用して結合できる結合構造の形式は制限されている。リベットはまた、構造部材間の結合境界面に沿って補助溶接結合部を形成するプロセスと干渉する可能性がある。具体的に言うと、リベットは溶接結合部中に完全に消滅されないかも知れず、これは、完成構造アセンブリにおける応力集中という結果を招く可能性があり、構造アセンブリの疲労強度を低下させることになる。

40

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、構造アセンブリを形成するため、構造部材を結合する改良方法の必要性が残っている。その方法は、費用対効果が高くなければならず、また、接近するのが難しい複雑な形状又は結合境界面をもつ構造部材を含め、種々の形状をもつ構造部材の結合を容易にしなければならない。その方法は、構造部材がオーバーラップしているかどうかに関係なく効果的でなければならない。更に、この方法は、融接技術及び摩擦攪拌溶接法のようなその他の結合方法と両立されなければならない。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、構造アセンブリを製造するための方法を提供している。本発明の第1の実施の形態によると、この方法は、第1の構造部材を、少なくとも部分的に第2の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップを含んでいる。次いで、回転するプラグを前記境界面のところで前記第1及び第2の構造部材中に挿入し、それにより前記第1の構造部材を前記第2の構造部材と結合する。一実施形態において、この製造方法は、前記第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも一方に開口を穿孔することを含んでいる。この開口は、前記プラグを受けるとともに構成されている。別の実施形態において、プラグは、それが第1及び第2の構造部材に挿入される前に所定寸法まで機械切削されている。別の実施形態において、前記プラグの少なくとも1つの端部は、前記プラグの端部が対応の構造部材の外側表面と面一になるように前記プラグの挿入に続いて機械切削されている。別の実施形態において、この方法は、前記境界面に沿って前記第1及び第2の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成することを含んでいる。細長い溶接結合部は、回転する摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面のところで前記第1及び第2の構造部材中に挿入すること、及び前記回転摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面により画成される通路に沿って前記第1及び第2の構造部材を通して移動させることにより、形成される。更に別の実施形態において、この方法は、前記境界面に沿った種々の位置で前記挿入するステップを繰り返すことを含んでいる。例えば、一実施形態によると、回転するプラグは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で挿入される。更に別の実施形態において、この方法は、宇宙航行体の外装を形成するために前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けることを含んでいる。

【0007】

本発明のもう1つの実施形態によると、構造アセンブリを製造する方法は、第1の構造部材を、少なくとも部分的に第2の構造部材に隣接させて、両者間に境界面を画成するように位置決めするステップを含んでいる。プラグは、前記第1及び第2の構造部材の外側表面に隣接して位置決めされる。該プラグは、回転させられると共に、この回転させるステップと同時に、前記第1及び第2の構造部材中に挿入される。一実施形態において、製造する方法は、前記第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも一方に、開口を穿孔することを含んでいる。この開口は、前記プラグを受けるとともに構成されている。もう1つの実施形態において、該プラグは、前記第1及び第2の構造部材中に挿入される前に所定寸法まで機械切削される。もう1つの実施形態において、前記プラグの少なくとも1つの端部は、前記プラグの端部が対応の構造部材の外側表面と面一になるように前記プラグの挿入に続いて機械切削される。もう1つの実施形態において、この方法は、前記境界面に沿って前記第1及び第2の構造部材の間に、少なくとも部分的に前記プラグが使い果たされる細長い溶接結合部を形成することを含んでいる。細長い溶接結合部は、回転する摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面のところで前記第1及び第2の構造部材中に挿入すること、及び前記回転摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面により

10

20

30

40

50

画成される通路に沿って前記第1及び第2の構造部材を通り移動させることによって形成される。更に別の実施形態において、この方法は、前記境界面に沿った種々の位置で前記挿入するステップを繰り返すことを含んでいる。例えば、一実施形態によると、回転するプラグは、既存のプラグに少なくとも部分的にオーバーラップする位置で挿入される。更に別の実施形態において、この方法は、宇宙航行体の外装を形成するために前記構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けることを含んでいる。

【0008】

本発明はまた、第1の構造部材と、少なくとも部分的に該第1の構造部材に隣接して位置決めされ、該第1の構造部材との間に境界面を画成するようになっている第2の構造部材とを備えている構造アセンブリを提供するものである。少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部は、前記第1の構造部材を前記第2の構造部材に結合している。一実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、先細の形状(テーパ状)を有している。別の実施形態において、前記第1及び第2の構造部材は異なる材料から構成されている。参考例として、前記第1及び第2の構造部材は、アルミニウム、アルミ合金、チタニウム、チタン合金、又は合金鋼から形成されている。別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、前記第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも一方を形成する材料とは異なる材料で少なくとも部分的に構成されている。別の実施形態において、少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部は、別の摩擦プラグ溶接結合部と少なくとも部分的にオーバーラップしている。別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は前記境界面に対して垂直に配置されている。更に別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、前記境界面に対して角度をつけて配置されている。更に別の実施形態において、細長い溶接結合部は、前記第1及び第2の構造部材を結合している。前記細長い溶接結合部は、前記少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部を少なくとも部分的に使い果たしている。

【0009】

本発明はまた、第1の構造部材と、少なくとも部分的に該第1の構造部材に隣接して位置決めされ、該第1の構造部材との間に境界面を画成するようになっている第2の構造部材とを備えている構造アセンブリを提供するものである。少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部は、前記第1の構造部材を前記第2の構造部材に結合し、当該摩擦プラグ溶接結合部は、前記境界面のところで前記第1の構造部材を通して延び、少なくとも部分的に前記第2の構造部材に入っている。一実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、先細の形状を有している。別の実施形態において、前記第1及び第2の構造部材は異なる材料から構成されている。参考例として、前記第1及び第2の構造部材は、アルミニウム、アルミ合金、チタニウム、チタン合金、又は合金鋼から形成されている。別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、前記第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも一方を形成する材料とは異なる材料で少なくとも部分的に構成されている。別の実施形態において、少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部は、別の摩擦プラグ溶接結合部と少なくとも部分的にオーバーラップしている。別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、前記境界面に対して垂直に配置されている。更に別の実施形態において、摩擦プラグ溶接結合部は、前記境界面に対して角度をつけて配置されている。更に別の実施形態において、細長い溶接結合部は、前記第1及び第2の構造部材を結合している。前記細長い溶接結合部は、前記少なくとも1つの摩擦プラグ溶接結合部を少なくとも部分的に使い果たしている。

【0010】

従って、構造部材の効果的な結合を可能にする構造アセンブリ及び関連の製造方法が提供されている。この方法は、費用対効果が高く、また、接近するのが難しい複雑な形状又は結合境界面をもつ構造部材を含め、種々の形状をもつ構造部材を結合するのに使用することができる。この方法は、構造部材がオーバーラップしているかどうかに関係なく使用することができる。更に、この方法は、融接及び摩擦攪拌溶接技術のようなその他の結合方法と両立することができる。

【0011】

10

20

30

40

50

本発明の前述の利点、特徴及びその他の利点、特徴、並びにそれらが実現される方法は、好適且つ模範的な実施形態を示すものであり、必ずしも一定の縮尺で描かれていない添付図面に対してなされている本発明についての以下の詳細な説明を考慮することにより、一層容易に明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

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、その開示内容が徹底しており且つ完全であり、そして本発明の範囲を当業者に十分に伝達するように提示されている。同様の数字は、全体を通して、同様の要素を示している。

10

【0013】

図面、特に図1を参照すると、本発明の一実施形態による構造アセンブリ21が示されている。この構造アセンブリ21は、第1及び第2の構造部材4,5を互いに結合する摩擦プラグ溶接部24を備えている。図2を参照すると、摩擦プラグ溶接部24を形成するための本発明の一実施形態によるプラグ1が示されている。このプラグ1は、溶接すべき構造部材の寸法及び構成に応じて種々の形状を有することが可能である。図2に示した実施形態によると、プラグ1は、先細端部2を備えた円筒形本体部1aを有している。別の実施形態において、プラグ1の端部2は、鈍端になっている、即ち丸みが付けられていてもよい。プラグ1は、このプラグ1を回転させるフライス盤、ドリル又はその他の装置(図示せず)のスピンドルに取り付けられるように構成された軸部3を備えている。プラグ1は消耗性であるので、該プラグ1は、以下にもっと十分に明らかにするように、構造部材4,5を形成するのに使用された材料に応じて種々の金属又は金属合金から形成されてもよい。例えば、一実施形態によると、プラグ1は、アルミニウム、アルミ合金、チタニウム、チタン合金、又は合金鋼から形成されている。

20

【0014】

図3を参照すると、本発明の一実施形態に従って、構造アセンブリ21を形成するために結合される前の第1及び第2の構造部材4,5が示されている。各構造部材4,5は、単一加工物から既知の製造装置を通じて、結果である構造アセンブリ21の特定設計荷重及び仕様により要求されるような所定の形状及び厚さに加工されている。例えば、コンピュータ数値制御(CNC)のフライス盤は、必要に応じて各構造部材4,5を機械加工するのに使用することが可能である。構造部材4,5は、限定ではなく単なる実例のためであるが、プレート、ブロック、管状部材及び曲線部材を含め、種々の形状で製造することができる。同様に、各構造部材4,5は、結果である構造アセンブリ21の特定設計荷重及び仕様による要求に応じて、種々の材料から形成することが可能である。また、本発明の結合方法を使用して互いに結合できる構造部材の数は、2つに限定されることはなく、3つ以上の構造部材を含むことができる。別の実施形態(図示せず)によると、単一構造部材の両端部を互いに結合することが可能である。構造部材4,5は、限定ではなく単に実例のためであるが、アルミニウム、アルミ合金、チタニウム、チタン合金、又は合金鋼を含む、高い比強度を有する材料から形成されるのが好ましい。第1の構造部材4の少なくとも一部は、第2の構造部材5の一部と接触状態にあり、それにより第1及び第2の構造部材4,5の間に境界面15を画成している。

30

40

【0015】

本発明の一実施形態によると、構造部材4,5の一方又は双方は、プラグ1を受けるように準備されている。例えば、図4に例示したように、穿孔もしくはドリリング又はパンチングのような既知の製造方法を用いて、構造部材4,5の一方又は双方に1つ以上の開口6が形成されている。各開口6の寸法及び形状は、構造部材4,5の材料特性及び配置はもちろんのこと、プラグ1の寸法及び形状に基づいている。例えば、図4に示された開口6は、図2に例示されたプラグ1の端部2の角度に適合するようにテーパがついている

50

。他の実施形態として、対応する開口6は、プラグ1の端部2よりも大きいか又は小さいテーパがついていてもよいし、或いは開口6は全くテーパを有していなくてもよい。各開口6は、プラグ及び構造部材4, 5間に十分な摩擦が生ずるように、プラグ1の寸法よりも少なくとも若干小さい寸法を有しているのが好ましい。その他の実施形態において、開口は構造部材4, 5に何ら形成されていない。例えば、プラグ1が比較的に鋭利な端部2を有していれば、或いは構造部材4, 5が比較的に薄く且つ十分に軟質の材料であれば、開口6は不必要であるかも知れない。

【0016】

図5を参照すると、摩擦プラグ溶接部24を形成するための構造部材4, 5内へのプラグ1の挿入が示されている。プラグ1の軸部3は、チャック又はコレット11を用いて回 10
転可能なスピンドル12に取り付けられている。回転可能なスピンドル12は、図5に矢印10aで示すように、該スピンドルを回転させ、それによりプラグ1を回転させるドリル又はフライス盤(図示せず)のような装置に取り付けられている。回転可能なスピンドル12はまた、プラグ1を付勢して第1の構造部材4及び境界面15を通り少なくとも部分的に第2の構造部材5に入れるように構成されていることが好ましい。

【0017】

図4~図6に示すように、裏板もしくは支持台7は、摩擦プラグ溶接プロセス中、第1及び第2の構造部材4, 5を支持するように位置決めされている。本発明の一実施形態によると、支持台7は、プラグ1の端部2を受けるように構成された形状をもつ凹部8を画 20
成している。例えば、支持台7の凹部8は、プラグ1の端部2に対応するようにテーパを付けることが可能である。他の実施形態(図示せず)において、支持台7は凹部8を画成していない。更に他の実施形態において、支持台7又は裏板は使用されず、例えば、その場合、構造部材4, 5は自己保持するのに十分な強度及び厚さを有している。

【0018】

回転プラグ1が強制されて第1の構造部材4の外側表面9を通り、結合境界面15を経て、少なくとも部分的に第2の構造部材5に入り込むときに、プラグ1と構造部材4, 5との間に摩擦が発生することになる。プラグ1は、図5に示すように、境界面15に対して垂直に、或いは図10に示すように境界面15に対してある角度で構造部材4, 5に挿入可能となっている。図10を参照すると、プラグ1の長手方向軸線は、第1の構造部材4の外側表面9並びに構造部材4, 5間の境界面15に対して鋭角を形成している。本発 30
明の別の実施形態において、プラグ1は構造部材4, 5間の境界面15に沿って挿入されている。例えば、図11に示すように、プラグ1は、境界面15の平面内にある方向への構造部材4, 5中への挿入が可能に位置決めされている。構造部材4, 5を結合する方法は、構造部材4, 5を互いにオーバーラップさせる必要がないので、場合によっては有利である。代わりに、構造部材4, 5は、互いに接近して配置され、境界面15で結合されるようになっている。

【0019】

摩擦は、プラグ1と該プラグに近い第1及び第2の構造部材4, 5の諸部分とを可塑化するのに十分な熱エネルギーを発生するようになっている。一実施形態によると、図5に示すように、プラグ1は強制されて第1及び第2の構造部材4, 5に通される。支持台7は 40
、プラグ1が第2の構造部材5を出るときに同支持台7の凹部8がプラグ1の端部2を受けるように、プラグ1により出される力に抗して第1及び第2の構造部材4, 5を支持すべく配置されている。その後、図6に示すように、スピンドル12の回転が終了され、プラグ1は回転を止める。プラグ1の可塑化領域13及び第1の構造部材4の可塑化領域14が一緒に流れてプラグの外側に隣接する溶接部で冷えるときに、摩擦プラグ溶接部24は、構造部材4, 5を互いに結合して単一構造アセンブリ21の形にする。プラグ1の可塑化領域13及び第1の構造部材4の可塑化領域14は、はみ出し又は異形材料の領域を形成することがあり、これは機械切削により除去可能である。本発明の一実施形態によると、プラグ1の少なくとも一端部は、プラグ1を構造部材4, 5に挿入し摩擦プラグ溶接部24を形成した後、機械切削されることになる。プラグ1は、任意のはみ出し部(例え 50

ば、第1及び第2の構造部材4, 5の外面上の可塑化領域14の材料)に沿って機械切削されるので、プラグ1の端部は対応する外側表面と同一平面内にある。

【0020】

図7～図9を参照すると、2つ以上のプラグ1は、構造部材を更に結合するため、境界面15に沿って構造部材4, 5内に挿入可能となっている。一実施形態によると、該プラグ1は、それらの間に所定の間隔を有して境界面15に沿って挿入されている。別の実施形態によると、これらのプラグ1は、各プラグ1が少なくとも部分的に別のプラグ1とオーバーラップするように、挿入されている。例えば、図7に例示するように、構造アセンブリ21の構造部材4, 5は、構造アセンブリ21の外側表面と面一であるように両端部について機械切削された複数の摩擦プラグ溶接部24によって結合されており、摩擦プラグ溶接部24の各々は、少なくとも1つの他の摩擦プラグ溶接部24とオーバーラップしている。摩擦プラグ溶接部24をオーバーラップさせるプロセスは、構造部材4, 5を境界面15の全長に沿って或いはその一部にのみ沿って結合するのに利用可能である。

10

【0021】

上述したように、図面は、2つの構造部材4, 5により形成された構造アセンブリ21を示しているが、本発明は、構造アセンブリ21を形成すべく3つ以上の構造部材を結合するために、或いは単一構造部材の2つの端部を結合するために、使用することが可能である。1つ以上の摩擦プラグ溶接部24を使用して構造部材を結合することが可能であり、摩擦プラグ溶接部24の各々は構造部材の一部又は全てを互いに結合することができる。

20

【0022】

本発明の有利な1つの実施形態によると、図12に示すように、摩擦プラグ溶接部24は、より恒久的な溶接継手を形成できるように構造部材4, 5を互いに一時的に位置決めし、固定する仮付け溶接のような一時的溶接部16を形成するのに使用されている。図12に示すように、その後、摩擦攪拌溶接工具19を使用して、少なくとも部分的に摩擦プラグ溶接部24を消滅させる、より恒久的な細長い摩擦攪拌溶接結合部20を形成することが可能である。限定はされないが、アーク溶接継手、抵抗溶接継手又はガス溶接継手のような融接を含め、他の形式の細長い溶接結合部25は、本発明の他の実施形態(図示せず)に従って形成することができる。細長い溶接結合部25は、一時的溶接部16の1つ以上の摩擦プラグ溶接結合部24を少なくとも部分的に消滅させるのが好ましく、また、摩擦プラグ溶接結合部の各々を完全に消滅させるのがもっと好ましい。細長い溶接結合部25は、一時的溶接部16の摩擦プラグ溶接部24を完全に消滅させることによって、通常のリベットに関連した応力集中を解消する利点がある。その上、一時的溶接部16の摩擦プラグ溶接部24が部分的に消滅されるに過ぎないときでも、以下にもっと十分に論じるように、本発明に基づいて形成された摩擦プラグ溶接部24が越えはしないが構造部材4, 5の材料特性と実質的に同等の材料特性を有しているので、結果として生ずる応力集中が実質的に軽減されることになる。

30

【0023】

摩擦攪拌溶接は、軍用及び商業用航空機の製造はもちろんのこと、高強度の溶接継手を必要とする他の用途においても使用することができる構造アセンブリを形成するために、構造部材を結合するのに利用されている。図12に示すように、摩擦攪拌溶接には、構造部材4, 5を互いに押し当てながら、回転する摩擦攪拌溶接工具19のねじが切られたピン19aを1対の構造部材4, 5の対向面間の境界面15に挿入することが含まれている。構造部材4, 5の間、又は単一構造部材の端部間の境界面15におけるねじが切られたピン19aの回転は摩擦を生じさせ、これが溶接部における加工物材料を可塑化するのに十分な熱エネルギーを発生させることになる。摩擦攪拌溶接工具19はまた、この摩擦攪拌溶接工具19が一時的溶接部16に沿って移動されるときに、溶接部内の可塑化した加工物材料を強固にするように構成された凹形肩部を備えている。構造部材4, 5の可塑化領域が一緒に流れ溶接部で冷えるときに、摩擦攪拌溶接結合部20は構造部材4, 5を互いに結合して単一アセンブリ21の形にする。摩擦攪拌溶接の総括的説明については、

40

50

トーマス(Thomas)等に対する米国特許第5,460,317号に見られ、その全内容は参照によりここに組み込まれる。

【0024】

摩擦攪拌溶接20及び摩擦プラグ溶接部24の特別な利点の1つは、溶接の形成が自生的であり、従来の溶接プロセスにおいて普通に用いられているような溶加材というよりはむしろ、可塑化された母材の固化によりもたらされることである。摩擦攪拌溶接結合部20或いは摩擦プラグ溶接部24は、大きさの順で約.0001から.0002インチ(3~5ミクロン)に及ぶ等軸形状及び粒径を有する粒子をもつ微細化結晶粒組織を有するナゲットから構成されている。結晶粒組織の改善の結果として、摩擦攪拌溶接結合部20及び摩擦プラグ溶接結合部24は、微小亀裂の形成及び伝播の影響を受け難いと共に、強度、延性、韌性の向上はもちろんのこと、耐食性、耐疲労性の向上を提示することになる。

10

【0025】

上述したように、構造部材4,5は類似材料又は非類似材料から形成することが可能である。構造部材4,5が、単に摩擦プラグ溶接部24を使用して、或いは一時的溶接結合部16としての摩擦プラグ溶接部24と、より恒久的な溶接結合部25としての細長い摩擦プラグ溶接部24とを使用して結合される実施形態において、構造部材は、溶接不可であるか或いは従来の融接技術の使用により結合には不経済である、非類似金属から形成することが可能である。溶接不可の材料は、従来の融接技術により結合された場合、溶接部固化中に亀裂が入り易い比較的脆弱な溶接継手を生産することになる。溶接不可の材料には、一般的に、アルミニウムや、特にAA2000系及び7000系合金のような一部のアルミ合金がある。摩擦攪拌溶接及び摩擦プラグ溶接の使用は、溶接不可の材料により形成された構造部材4,5がしっかり結合されることを可能にする。摩擦攪拌溶接及び摩擦プラグ溶接はまた、溶接可能の材料を他の溶接可能の材料に、また、溶接不可の材料にしっかり結合するのにも使用することができる。従って、本発明の方法は、構造部材4,5を形成する材料が広範囲の軽量、高強度金属及び合金から選択されることを可能とし、それにより結果である構造アセンブリ21の総重量の減少を容易にすることになる。

20

【0026】

図13を参照すると、本発明の一実施形態に従って、構造アセンブリ21を製造するために構造部材を結合するのに行われる諸工程が示されている。この方法は、第1の構造部材を、少なくとも部分的に第2の構造部材に隣接して位置付け、それにより両者間に境界面を画成することを含んでいる。ブロック30を参照のこと。一実施形態において、この方法は、第1及び第2の構造部材のうちの少なくとも1つに、プラグを受けるように構成された開口を穿孔もしくはドリリングすることを含んでいる。ブロック31を参照のこと。別の実施形態において、この方法は、プラグを所定の寸法に機械切削することを含んでいる。ブロック32を参照のこと。その後、回転プラグを境界面のところで第1及び第2の構造部材に挿入し、それにより第1の構造部材を第2の構造部材に結合する。ブロック33を参照のこと。この挿入ステップは、複数の摩擦プラグ溶接を用いて構造部材を結合するために境界面に沿った位置で繰り返すことが可能である。ブロック34を参照のこと。例えば、より恒久的な溶接継手を形成するとき構造部材が互いにしっかり位置決めされるように、複数の摩擦プラグ溶接を使用して構造部材を互いに仮付け溶接することが可能である。一実施形態によると、少なくとも1つのプラグが少なくとも部分的に既存プラグにオーバーラップする位置で挿入される。ブロック35を参照のこと。プラグの少なくとも1つの端部は、プラグの該端部が対応の構造部材の外側表面と面一になるように機械切削されることが好ましい。ブロック36を参照のこと。より恒久的な溶接継手又は連続的な継手を必要とする構造アセンブリに対しては、この方法は、境界面に沿って第1及び第2の構造部材間に細長い溶接結合部を形成することを含む。ブロック37を参照のこと。この細長い溶接結合部は、少なくとも部分的に1つ以上のプラグを使い果している。回転する摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面のところで第1及び第2の構造部材に挿入することが可能である。ブロック38を参照のこと。その後、この回転する摩擦攪拌溶接プローブは、前記境界面により画成された通路に沿って第1及び第2の構造部材を通過して移動さ

30

40

50

せられる。ブロック 39 を参照のこと。次いで、この方法は、宇宙航行体の外装を形成するために、構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けることを含めることが可能である。ブロック 40 を参照のこと。

【 0 0 2 7 】

図 14 を参照すると、本発明の別の実施形態に基づいて構造アセンブリを製造するために、構造部材を結合するのに行われる諸工程が示されている。この方法は、第 1 の構造部材を、少なくとも部分的に第 2 の構造部材に隣接して位置付け、それにより両者間に境界面を画成することを含んでいる。ブロック 41 を参照のこと。一実施形態において、この方法は、第 1 及び第 2 の構造部材のうちの少なくとも 1 つに、プラグを受けるように構成された開口を穿孔もしくはドリリングすることを含んでいる。ブロック 42 を参照のこと。別の実施形態において、この方法は、プラグを所定の寸法に機械切削することを含んでいる。ブロック 43 を参照のこと。次いで、プラグを第 1 の構造部材の外側表面近くに位置決めする。ブロック 44 を参照のこと。このプラグを回転させる。ブロック 45 を参照のこと。それからこの回転させるステップと同時に、このプラグを境界面のところで第 1 及び第 2 の構造部材に挿入し、それにより第 1 の構造部材を第 2 の構造部材に結合する。ブロック 46 を参照のこと。この挿入ステップは、複数の摩擦プラグ溶接を用いて構造部材を結合するために境界面に沿った位置で繰り返すことが可能である。ブロック 47 を参照のこと。例えば、より恒久的な溶接継手を形成するときに構造部材が互いにしっかり位置決めされるように、複数の摩擦プラグ溶接を使用して構造部材を互いに仮付け溶接することが可能である。一実施形態によると、少なくとも 1 つのプラグが少なくとも部分的に既存プラグにオーバーラップする位置で挿入される。ブロック 48 を参照のこと。プラグの少なくとも 1 つの端部は、当該プラグの端部が対応する構造部材の外側表面と面一になるように機械切削されることが好ましい。ブロック 49 を参照のこと。より恒久的な溶接継手又は連続的な継手を必要とする構造アセンブリに対しては、この方法は、境界面に沿って第 1 及び第 2 の構造部材間に細長い溶接結合部を形成することを含む。ブロック 50 を参照のこと。この細長い溶接結合部は、少なくとも部分的に 1 つ以上のプラグを使い果している。回転する摩擦攪拌溶接プローブを前記境界面のところで第 1 及び第 2 の構造部材に挿入することが可能である。ブロック 51 を参照のこと。その後、この回転する摩擦攪拌溶接プローブは、前記境界面により画成された通路に沿って第 1 及び第 2 の構造部材を通過して移動させられる。ブロック 52 を参照のこと。次いで、この方法は、宇宙航行体の外装を形成するために、構造アセンブリを他の構造アセンブリに取り付けることを含めることが可能である。ブロック 53 を参照のこと。

【 0 0 2 8 】

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 】

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】本発明の一実施形態に従って、摩擦プラグ溶接で構造部材を結合することにより形成された構造アセンブリを示す正面図である。

【 図 2 】本発明の一実施形態に従って、所定の寸法に機械切削されたプラグを示す正面図である。

【 図 3 】本発明の一実施形態に従って、結合のため位置決めされた 2 つの構造部材を示す正面図である。

【 図 4 】図 2 のプラグを挿入する前に支持台上に配置された図 3 の 2 つの構造部材を示す正面図である。

【 図 5 】本発明の一実施形態に従って、回転機械を使用して図 3 の 2 つの構造部材中への

10

20

30

40

50

図2のプラグの挿入について示す正面図である。

【図6】本発明の一実施形態に従って、回転機械を使用してプラグを構造部材中に十分に挿入した状態の図5のプラグ及び構造部材を示す正面図である。

【図7】本発明の一実施形態に従って、複数の摩擦プラグ溶接により結合された2つの構造部材を示す正面図である。

【図8】本発明の一実施形態に従って、複数の摩擦プラグ溶接により結合された2つの構造部材を示すものであり、プラグ溶接部の各々は構造部材の外側表面と面一であるように既に機械切削されている正面図である。

【図9】プラグ溶接部のオーバーラップを示すもので、図8の摩擦プラグ溶接の平面図である。

【図10】本発明の一実施形態に従って、プラグの中心軸線の方が構造部材間の境界面により画成される平面と鋭角をなすように2つの構造部材に挿入されているプラグを示す正面図である。

【図11】本発明の一実施形態に従って、突き合わせられた2つの構造部材と、結合境界面のところで構造部材中に挿入可能に位置決めされたプラグとを示す斜視図である。

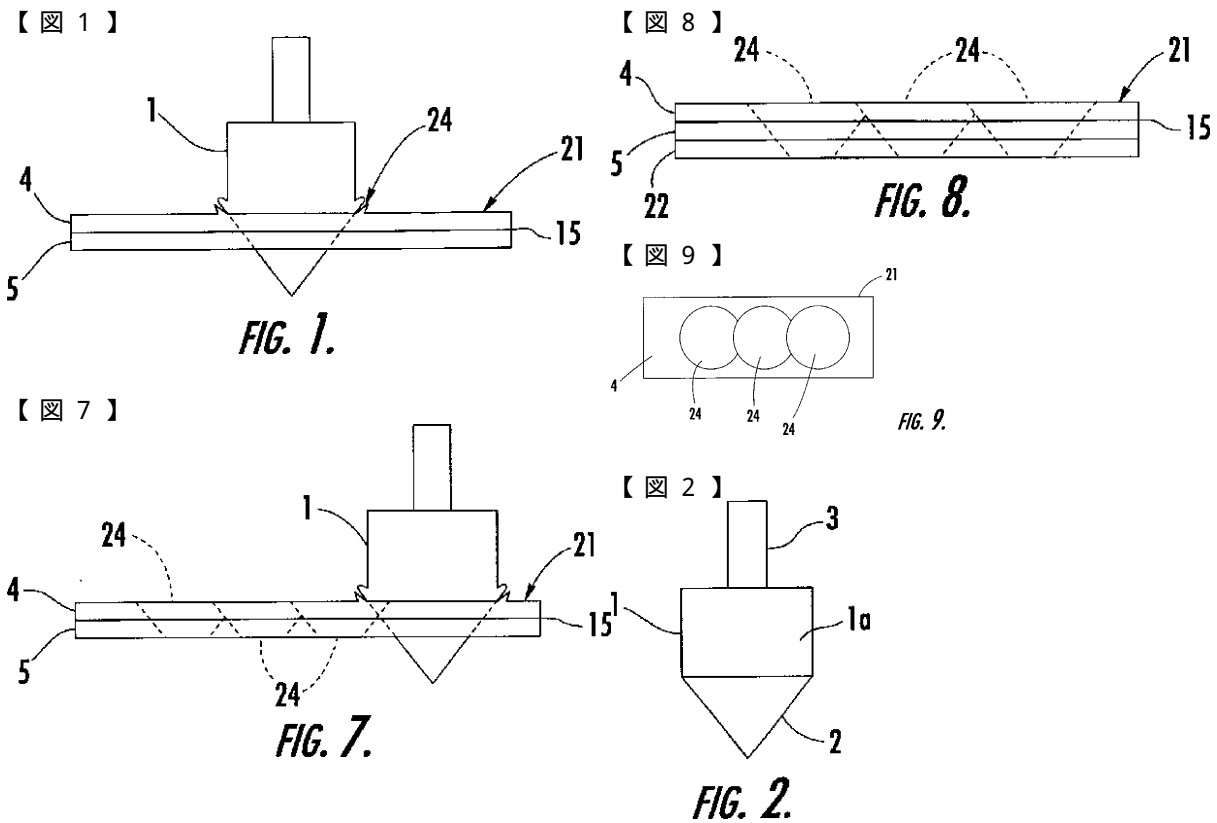
【図12】本発明の一実施形態に従って、既存の摩擦プラグ溶接を消滅させる細長い摩擦攪拌溶接継手の形成について示す斜視図である。

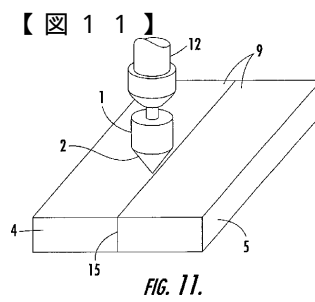
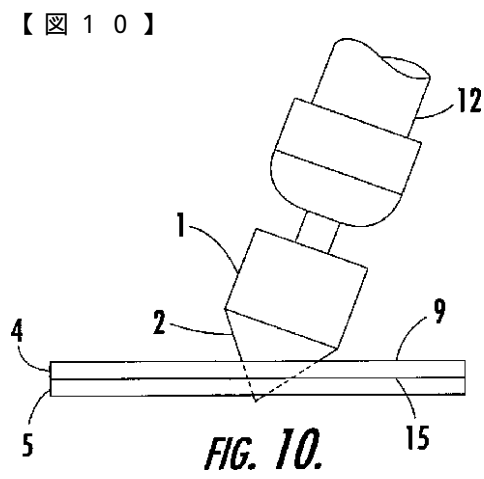
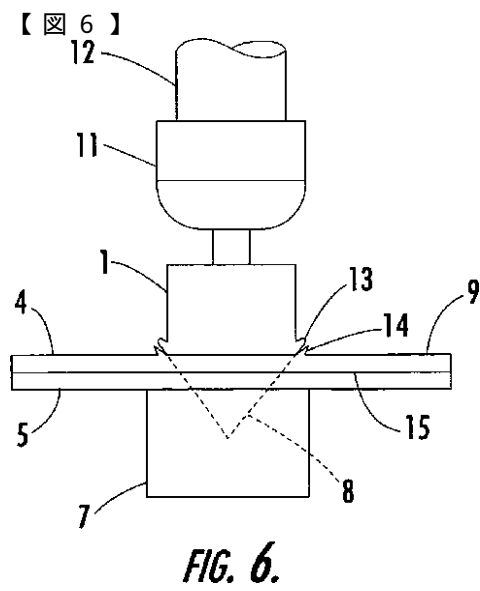
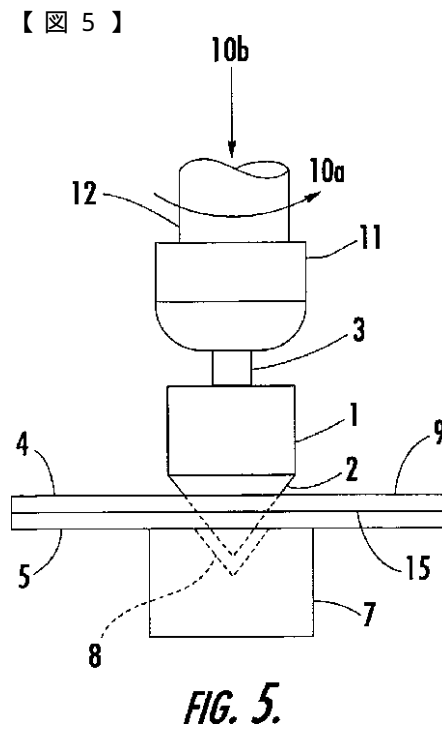
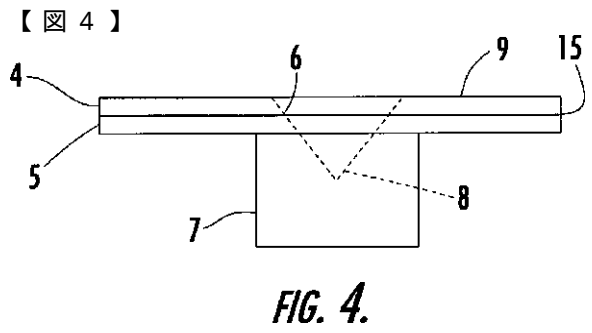
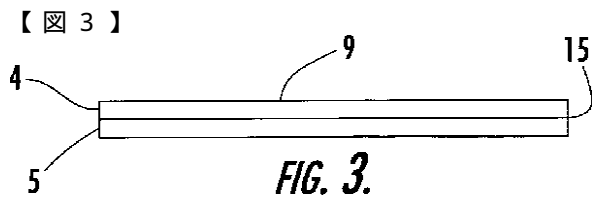
【図13】本発明の一実施形態によって、構造アセンブリを製造するための方法を示すフローチャートである。

【図14】本発明の別の実施形態によって、構造アセンブリを製造するための方法を示す

10

20





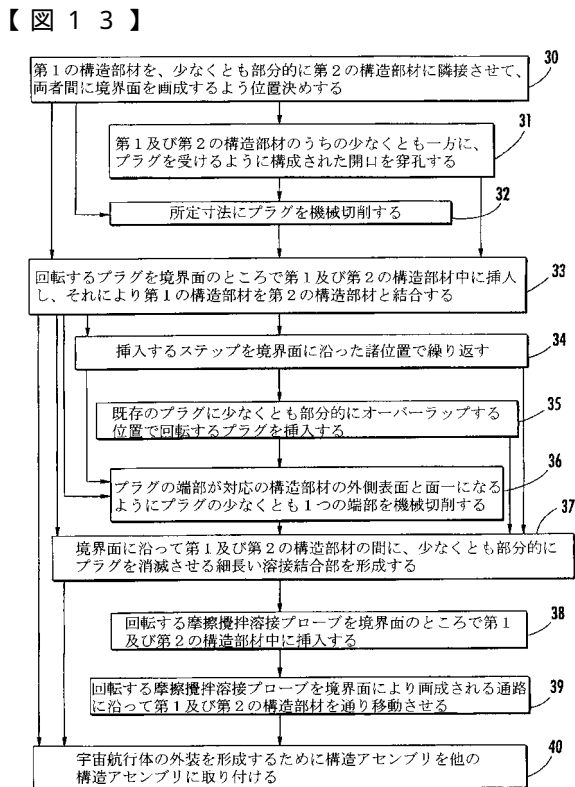
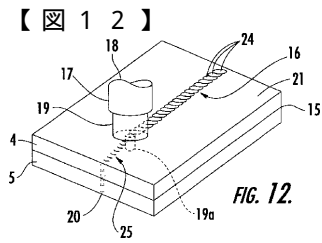


FIG. 13.

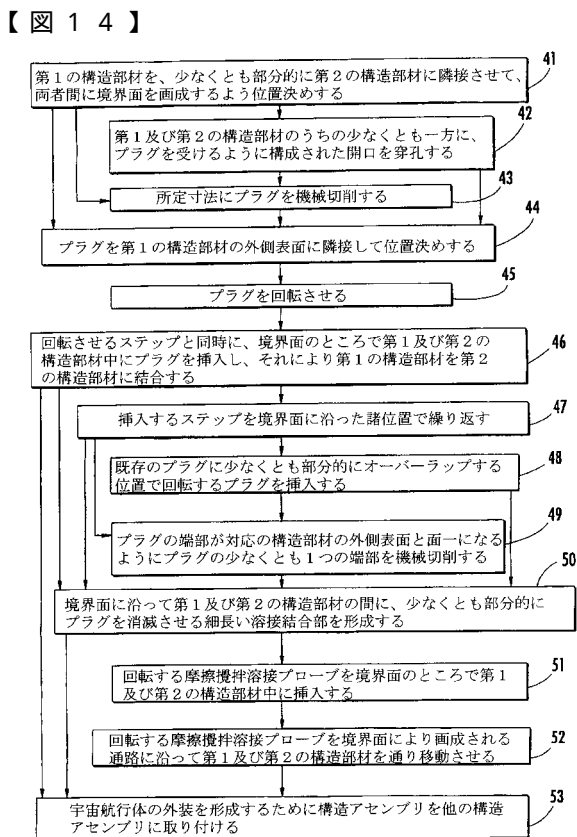


FIG. 14.

フロントページの続き

- (72)発明者 ウォルドロン, ダグラス・ジェイ
アメリカ合衆国カリフォルニア州92708-2244, ファウンテン・ヴァリー, ティーク・サークル 16537
- (72)発明者 マーイェクタ, レイモンド
アメリカ合衆国カリフォルニア州19182, ハンティントン・ビーチ, クワイエットサンズ・サークル 19182
- (72)発明者 マクターナン, キース・アール
アメリカ合衆国カリフォルニア州92648, ハンティントン・ビーチ, シックスティーンズ・ストリート 225, アpartment・シー

審査官 松本 公一

- (56)参考文献 米国特許第06227433(US, B1)
特開平11-281790(JP, A)
米国特許第06213379(US, B1)
特開平11-047959(JP, A)
国際公開第97/044154(WO, A1)
国際公開第98/004381(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 20/12