(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5258154号
(P5258154)

(45)発行日　平成25年8月7日(2013.8.7)　(24)登録日　平成25年5月2日(2013.5.2)

(51)Int.Cl.		F I		
B23K 20/12	(2006.01)	B23K	20/12	330
B23K 31/00	(2006.01)	B23K	31/00	B
C22F 1/04	(2006.01)	C22F	1/04	A
C22F 1/00	(2006.01)	C22F	1/00	630M
B23K 103/10	(2006.01)	C22F	1/00	691B

請求項の数 14　外国語出願　(全 10 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2005-263692 (P2005-263692)
(22)出願日　平成17年9月12日 (2005.9.12)
(65)公開番号　特開2006-75905 (P2006-75905A)
(43)公開日　平成18年3月23日 (2006.3.23)
審査請求日　平成20年6月18日 (2008.6.18)
(31)優先権主張番号　10/939,528
(32)優先日　平成16年9月13日 (2004.9.13)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　500520743
ザ・ボーイング・カンパニー
The Boeing Company
アメリカ合衆国、60606-1596
イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(74)代理人　100109726
弁理士　園田　吉隆
(74)代理人　100101199
弁理士　小林　義教
(72)発明者　リチャード・ジェイ・レデリッチ
アメリカ合衆国、63131　ミズーリ州、デス・ペレス、ホーリーヘッド・ドライブ、2336

最終頁に続く

(54)【発明の名称】アルミニウム合金物品を形成するための方法、およびアルミニウム合金物品の延性を向上させるための方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
延性および伸びが向上した、固相接合によって加工されるアルミニウム合金物品を形成するための方法であって、
固相接合プロセスを用いてアルミニウム合金材料を形成するステップと、
前記アルミニウム合金材料内の蓄積エネルギを放出させるために、前記アルミニウム合金材料を焼鈍すステップと、
前記アルミニウム合金材料に溶体化処理および時効を行なうステップとを含み、
前記アルミニウム合金材料に溶体化処理および時効を行なうステップは、
前記アルミニウム合金材料を溶体化温度まで加熱するステップと、
前記アルミニウム合金材料を前記溶体化温度で予め定められた時間保持するステップと、
前記アルミニウム合金材料を焼入れするステップと、
前記アルミニウム合金材料に１２１℃で４時間時効を行い、次に、１７７℃で８時間の最終時効ステップが続くステップと、
を含む方法。
【請求項２】
前記アルミニウム合金材料を焼鈍すステップは、前記アルミニウム合金材料内の蓄積エネルギを放出させるために、前記アルミニウム合金材料を３７１～４２７℃で十分な時間焼鈍すステップを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項３】
前記アルミニウム合金材料を焼鈍すステップは、前記アルミニウム合金材料を３８５℃で２時間焼鈍すステップを含む、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記アルミニウム合金を焼鈍すステップのうち、アルミニウム合金材料を冷やすステップは、前記アルミニウム合金材料を室温～１２１℃の範囲まで空冷するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記アルミニウム合金材料を空冷する前に、前記アルミニウム合金材料を２６０℃まで炉冷するステップをさらに含む、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記アルミニウム合金材料を溶体化温度まで加熱するステップは、前記アルミニウム合金材料を４５４～５３８℃まで加熱するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記アルミニウム合金材料を溶体化温度まで加熱するステップ、および前記アルミニウム合金材料を前記溶体化温度で保持するステップは、前記アルミニウム合金材料を４７７℃まで、１時間加熱するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
固相接合プロセスを用いてアルミニウム合金材料を形成するステップは、
アルミニウム合金材料の１対の部品を提供するステップと、
線形摩擦溶接プロセスを用いて、前記１対のアルミニウム合金部品のうちの一方を、前記１対の前記部品のうちの他方に接合するステップとを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
前記１対のアルミニウム合金部品のうちの一方を他方に接合するステップは、
前記１対のアルミニウム合金部品のうちの第１の部品をしっかりと固定するステップと、
前記１対のアルミニウム合金部品のうちの第２の部品を、前記第１の部品の第１の面が前記第２の部品の第２の面と密接に結合するよう結合するステップと、
前記第１の面が前記第２の面と実質的に当接し、そこに溶接界面を規定するよう、前記１対のアルミニウム合金部品のうちの前記第２の部品に第１の力を加えるステップと、
前記第２の面が前記第１の面とこすれ合い、前記溶接界面に沿って溶接塊を作り出すよう、前記１対のアルミニウム合金部品のうちの前記第２の部品を、第１の周波数および第１の振幅で線形往復するよう動かすステップとを含む、請求項８に記載の方法。
【請求項１０】
前記第１の力は、５０ニュートン／平方ミリメートルの摩擦圧力を含み、１００ニュートン／平方ミリメートルの鍛造圧力をさらに含む、請求項９に記載の方法。
【請求項１１】
前記第１の振幅は＋／－１～３ミリメートルである、請求項９に記載の方法。
【請求項１２】
前記第１の周波数は２５～１２５ヘルツである、請求項９に記載の方法。
【請求項１３】
固相接合プロセスを用いてアルミニウム合金材料を形成するステップは、
アルミニウム合金材料の１対の部品を提供するステップと、
摩擦攪拌溶接プロセスを用いて、前記１対のアルミニウム合金部品のうちの一方を、前記１対の前記部品のうちの他方に接合するステップとを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１４】
前記１対のアルミニウム合金部品のうちの一方を他方に接合するステップは、
前記１対のアルミニウム合金部品のうちの一方の面が前記１対のアルミニウム合金部品のうちの他方の対応する面と実質的に当接するよう、前記１対のアルミニウム合金部品同士をしっかりと結合するステップを含み、前記面と前記対応する面とは、第１の端および

第２の端を有する接合線を規定し、前記接合するステップはさらに、
尖端が第１の端で前記接合線に沿って位置するよう、摩擦攪拌溶接装置ツールを結合するステップと、
前記摩擦攪拌溶接装置が前記接合線を前記第１の端から前記第２の端へ一定の速度で横断するにつれて、前記尖端を一定の回転速度で回転させるステップとを含み、前記一定の回転速度および前記一定の速度は、前記アルミニウム合金部品を、前記面および前記対応する面に沿って、溶融せずに軟化させるのに十分であり、そこに、前記軟化した面および前記軟化した対応する面に沿って溶接線を形成し、前記接合するステップはさらに、
前記溶接線に沿って前記アルミニウム合金部品を冷やして再結晶化し、前記アルミニウム合金部品のうちの前記一方を前記アルミニウム合金部品の前記他方に接合して、接合されたアルミニウム合金材料を形成するステップを含む、請求項１３に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明は一般に、アルミニウム合金を作成するための方法に関し、より特定的には、固相接合により加工されたアルミニウム合金の特性を向上させる方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

たとえば従来の回転摩擦を含む固相接合手法を用いて円形部分の金属部品に接合部を生成する場合に生み出される経済的利益および溶接部高品質が世界中で受け入れられていることは、非円形および複雑な形状の部品を接合するための他の溶接部高品質プロセスの開発につながってきた。

【０００３】

線形摩擦溶接（ＬＦＷ）と呼ばれる、回転摩擦溶接に関連する或る新しく開発されたプロセスは、バランスの取れた線形往復運動を用いて、１つの部品で第２のしっかりと締め付けられた部品の面を横にこすることを伴う。この線形往復運動は摩擦熱を生成し、バリとしてはみ出る溶接界面で材料の軟化をもたらす。溶接サイクルが終わる頃にはこれら２つの部品は完璧に整列され、溶接力が維持または増加されて接合部を強固にする。その後、機械加工または研削が、ＬＦＷプロセス中に生成されたバリを除去することができる。従来の回転摩擦プロセスを上回るＬＦＷプロセスの利点は、航空機のエンジンブレードからディスクといった非円形または複雑な形状の部品がＬＦＷを用いて溶接可能である、ということである。

【０００４】

摩擦攪拌溶接（ＦＳＷ）は、非消耗ツールを用いてさまざまなタイプの金属を接合する固相プロセスである。ＦＳＷ回転ツールが材料に挿入され、材料を通って横断すると、ツールは材料を可塑化して、材料がツールの周囲で流れるようにし、そこで材料は再び固まる。

【０００５】

ＦＳＷおよびＬＦＷなどのプロセスはさまざまな産業で人気を得てきたが、これらのプロセスは欠点を有する。強烈な、局所的な溶接熱にさらされた、時効硬化、加工硬化、または歪み硬化した金属は、再結晶化して溶接塊内で軟化する傾向にある。なぜなら、強化沈殿物が溶解してしまったためである。これらの強化沈殿物を再び沈殿させる溶接後時効処理を行なうことによって、溶接塊は強化可能である。溶接はまた、塊を包囲する熱影響部（ＨＡＺ）ももたらす。塊が沈殿物を溶体化させるのに十分高い温度に達する一方で、ＨＡＺは、沈殿物が寸法的に大きくなって強化における効果が下がるようになる、より低い温度へと加熱される。溶接後時効はこれらの沈殿物をさらに粗くするだけである。

【０００６】

たとえば、ＦＳＷおよびＬＦＷは双方とも、微細構造および焼き戻し硬度を局所的に変えることによって、一般に使用されるアルミニウム合金（７０５０および７０５５など）の強度を低下させる（たとえば摩擦溶接されたアルミニウムでは、摩擦溶接プロセスは微

細構造を約２～５マイクロメートルの粒度まで低減させ、それは母材よりもはるかに細かい）。実際、ＨＡＺにおける過時効により、約２５～３０％の強度劣化が通常発生する。塊は、最初はより弱いが、室温での自然時効により次第に強くなる。

【０００７】

たとえば、以下の表１に示すように、或るタイプのアルミニウム合金（７０５０－Ｔ７４５１）については、線形摩擦溶接およびその後の時効が、許容最大引張応力（Ｆｔｕ）の約１５％の低下、材料が引張降伏し始める許容引張応力（Ｆｔｙ）の約２７％の低下、および伸び率の約３５～４５％の低下をもたらした。

【０００８】

【表１】

条件	Fty (ksi)	Ftu (ksi)	% 伸び
7050-T7451 母材金属	63	74	7.5
7050-T7451 線形摩擦溶接および自然時効が行なわれたもの	46	63	4-5

【０００９】

これらの強度特性をさらなる機械的加工によって回復させることは不可能または非現実的であり、それは、特に機体部品において用いられる低コスト製造プロセスにおけるこれらのアルミニウム合金の有用性および利用可能性を厳しく制限する。

【００１０】

ＦＳＷまたはＬＦＷプロセス中に変わったこれらのアルミニウム合金の強度を回復させるための一手法は、（華氏約９００～１０００度の温度での）溶体化熱処理、焼入れ、および（華氏約２５０～３５０度の範囲の温度での）時効を用いて合金をさらに熱処理することである。しかしながら、溶体化熱処理ステップは強度の回復に必要ではあるものの、それは溶接部自体の粒子の過度の成長（約４～４００マイクロメートル）ももたらし、延性を著しく劣化させ、ゼロに近づくレベルにまで劣化させることもしばしばある。

【００１１】

この過度の粒子成長および延性の損失は、摩擦溶接されたブロックがかなりの量の蓄積されたエネルギを含み、それにより、二次的な再結晶化および異常な粒子成長が溶体化処理ステップ中に起こるために発生すると考えられている。

【００１２】

このため、ＦＳＷ、ＬＦＷ、または同様の固相プロセス中に失われるアルミニウム合金の強度を回復させる一方、結果として生じる延性の損失を防止することが、非常に望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【００１３】

発明の概要

この発明は、延性減少の問題を、溶体化熱処理の前に熱曝露処理を行なうことによって解決する。この熱曝露処理、または溶接後焼鈍しは、溶体化熱処理温度よりも低い温度で行なわれ、材料内の蓄積エネルギを放出する。材料はその場合、その後の溶体化熱処理プロセス中に再結晶化を引起こすのに十分なエネルギを持たない。結果として生じる材料は回復した機械強度を有し、元の延性は若干減少するものの許容可能な状態である。

【００１４】

このプロセスは理想的にはアルミニウム合金部品同士を接合するために使用されるが、

この発明はあらゆるタイプの金属を接合する際に使用するのに好適である。

【００１５】

この発明の他の特徴、利益、および利点は、以下のこの発明の説明を添付図面および添付された特許請求の範囲に従って検討することにより、明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

ここで図１を参照すると、固相接合プロセスを利用してアルミニウム合金物品を生成するための論理フロー図が、概して５０として示されている。

【００１７】

このプロセスは、ステップ６０で、従来の摩擦攪拌溶接（ＦＳＷ）プロセスを用いてアルミニウム合金の２つの部品１２、１４同士を結合することによって始まる。

【００１８】

図２Ａおよび図２Ｂに最良に示されているように、従来のＦＳＷプロセスでは、特殊輪郭のねじ込み式／非ねじ込み式プローブ（尖端）１８を有する、円筒形の段がついた摩擦攪拌溶接ツール１６が一定の速度で回転され、突き合わされたシートまたはプレートアルミニウム材料の２つの部品１２、１４間の接合線２０に一定の横断速度で送り込まれる。図２Ａに最良に示されるように、部品１２、１４は、尖端１８が接合線２０に沿った位置に置かれている間、当接する接合面２４、２６が離れないように、裏当ての棒材（図示せず）上にしっかりと締め付けられる必要がある。次に、ツール１６が接合線２０に沿って（矢印３２によって示す）第１の端２７から第２の端２９へと横断するにつれ、尖端１８は一定の速度で回転され（矢印３４によって示す）、そこに摩擦熱が、耐摩耗性の溶接ツールの段１７および尖端１８と被加工物１２、１４の材料との間に生じる。この熱は、機械的混合プロセスによって生じる熱および材料内の増減がない熱とともに、融点に達することなく、攪拌された材料を軟化させ（このため固相プロセスと呼ばれる）、ツール１６の溶接線２６に沿った横断を可能にする。これを図２Ｂに示す。材料の溶接８は、アルミニウム基材の動的再結晶化を伴う固相での深刻な塑性変形によって促進される。その結果、接合されたアルミニウム合金材料が得られる。

【００１９】

ステップ７０で、接合されたアルミニウム合金材料は、アルミニウム合金材料の溶体化温度よりも低い華氏約１００～３００度の温度で焼鈍される。焼鈍しは、その後の溶体化処理ステップおよび時効ステップが二次的な再結晶化および異常な粒子成長を引起こさないよう、溶接塊内の蓄積エネルギを放散させる。７０５０－Ｔ７４５１母材金属といったアルミニウム合金については、焼鈍しは華氏７００～８００度で、より好ましくは華氏約７２５度で、約２時間行なわれる。

【００２０】

ステップ８０で、焼鈍された材料は室温～華氏２５０度まで空冷される。このプロセスの一環として、焼鈍された材料は随意で、空冷の前に華氏約５００度まで炉冷されてもよい。

【００２１】

次に、ステップ９０で、焼鈍されたアルミニウム合金材料に従来の態様で溶体化処理および時効（ＳＴＡ）が行なわれる。７０５０および７０５５といったアルミニウム合金については、典型的なＳＴＡ処理は、アルミニウム合金材料を華氏８５０～１０００度、より好ましくは華氏約８９０度の溶体化温度に約１時間さらすことからなり、次に焼入れステップが続く。焼入れされた材料には次に、約４時間、華氏２５０度で時効が行なわれ、次に、華氏３５０度で約８時間の最終時効ステップが続く。

【００２２】

ステップ１００で、アルミニウム合金材料は、典型的な航空宇宙物品または部品に関連する通常の製造ステップ、たとえば冷間加工および冷間形成を含むもののそれらに限定されず、しかしながら関連する熱ステップまたは熱処理ステップを必要とする、締め付け、化学処理、および機械加工などを受ける。これらの製造ステップは、部品をそのほぼ最終

的な形状に形成する。形成された部品は製造のさまざまな物品において使用するために利用可能である。

【００２３】

ここで図３を参照すると、固相接合プロセスを利用してアルミニウム合金物品を生成するための代替的な論理フロー図が、概して１５０として示されている。

【００２４】

ステップ１６０から始まり、図４に最良に示されるように、アルミニウム合金材料の２つの部品７２、７４は、それぞれの面７６、７８が実質的に当接するよう、互いに近接するようにされる。第１の部品７２はしっかりと固定され（締め付けられ）、一方、第２の部品７４は線形往復運動が可能である。

【００２５】

ステップ１７０で、矢印９２、９４によって表わされているように、力が各部品に加えられる。幅広い範囲の摩擦および鍛造圧力が利用されてもよいが、この発明の好ましい一実施例は、約５０ニュートン／平方ミリメートルの摩擦圧力および約１００ニュートン／平方ミリメートルの鍛造圧力を利用する。

【００２６】

ステップ１８０で、第２の部品７４が、矢印８２によって示されるように線形往復運動で動かされ、そこで面７６、７８同士がこすり合わされる。この線形往復運動は、それぞれの面７６、７８によって規定される溶接界面８４で、摩擦熱および材料の軟化をもたらし、軟化した材料の溶接塊８６をそこに生成する。溶接塊８６の一部、またはバリ８８が溶接界面８４からはみ出て、切除または機械加工により除去される。上述の好ましい摩擦圧力および鍛造圧力を用いたアルミニウム合金については、往復運動は、約２５～１２５ヘルツ、より好ましくは４０ヘルツの周波数で、＋／－１～３ｍｍ、より好ましくは＋／－２ｍｍの小さな振幅を有する。

【００２７】

ステップ１９０で、形作られたアルミニウム合金材料が焼鈍される。焼鈍しは、その後の時効ステップが二次的な再結晶化および異常な粒子成長を引起こさないよう、溶接塊内の蓄積エネルギを放散させる。焼鈍しは、アルミニウム合金材料の溶体化温度よりも低い華氏約１００～３００度で行なわれる。７０５０といったアルミニウム合金については、焼鈍しは好ましくは華氏７００～８００度、より好ましくは華氏約７２５度で、約２時間行なわれる。

【００２８】

ステップ２００で、焼鈍された材料は室温～華氏２５０度まで空冷される。このプロセスの一環として、焼鈍された材料は随意で、空冷の前に華氏約５００度まで炉冷されてもよい。

【００２９】

次に、ステップ２１０で、焼鈍されたアルミニウム合金材料に従来の態様で溶体化処理および時効が行なわれる。７０５０および７０５５といったアルミニウム合金については、典型的なＳＴＡ処理は、アルミニウム合金材料を華氏８５０～１０００度、より好ましくは華氏約８９０度の溶体化温度に、約１時間さらすことからなり、次に焼入れステップが続く。焼入れされた材料には次に、約４時間、華氏２５０度で時効が行なわれ、次に、華氏３５０度で約８時間の最終時効ステップが続く。

【００３０】

ステップ２２０で、アルミニウム合金材料は、典型的な航空宇宙物品または部品に関連する通常の製造ステップ、たとえば冷間加工および冷間形成を含むもののそれらに限定されず、しかしながら関連する熱ステップまたは熱処理ステップを必要とする、締め付け、化学処理、および機械加工などを受ける。これらの製造ステップは、部品をそのほぼ最終的な形状に形成する。形成された部品は製造のさまざまな物品において使用するために利用可能である。

【００３１】

この発明は、延性減少の問題を、溶体化熱処理の前に熱曝露処理を行なうことによって解決する。この熱曝露処理、または溶接後焼鈍しは、溶体化熱処理温度よりも低い温度で行なわれ、材料内の蓄積エネルギを放出する。材料はその場合、その後の溶体化熱処理プロセス中に再結晶化を引起こすのに十分なエネルギを持たない。結果として生じる材料は回復した機械強度を有し、元の延性は若干減少するものの許容可能な状態である。

【００３２】

たとえば、以下の表２に示すように、或るタイプのアルミニウム合金（７０５０－Ｔ７４５１）について機械的特性の比較が行なわれる。行１は、合金の、その自然な状態での機械的特性を示す。行２は、先行技術に従って、線形摩擦溶接プロセスにより接合され、時効が行なわれたアルミニウム合金についての同じ機械的特性を示す。行３は、先行技術に従った線形摩擦溶接の後で、合金に溶体化処理および時効が行なわれた場合の機械的特性を列挙している。行４は、溶体化処理および時効ステップの前に、この発明の主題である焼鈍しステップを追加している。結果として生じる機械的特性を表２に概説する。

【００３３】

【表２】

条件	Fty (ksi)	Ftu (ksi)	% 伸び
7050-T7451ブロック、母材金属	63	74	7.5
7050-T7451ブロック、線形摩擦溶接および時効が行なわれたもの	46	63	4-5
7050-T7451ブロック、線形摩擦溶接、溶体化処理、および時効が行なわれたもの	61	67	0.3
7050-T7451ブロック、線形摩擦溶接、華氏725度で2時間焼鈍し、溶体化処理、および時効が行なわれたもの	70	75	3-7.5

【００３４】

表２が示すように、溶接後焼鈍しステップが利用された溶接部およびＨＡＺにわたる引張強度テストは、劇的な向上を示した。塊の許容最大引張応力（Ｆｔｕ）は７５ｋｓｉ、材料が引張降伏し始める許容引張応力（Ｆｔｙ）は７０ｋｓｉであり、一方、伸び率は３～７．５％で、行１に示す開始材料と実質的に同様であり、行２に示すような典型的な時効プロセスおよび行３に示すような典型的な溶体化処理および時効プロセスから、大幅に向上している。このように、焼鈍しプロセスは、線形摩擦溶接といった固相接合プロセス中に失われる機械的特性の回復を可能にした。

【００３５】

この発明はこのように、ＬＦＷまたはＦＳＷなどの固相接合プロセス中に生成され、接合された材料内に蓄積されているエネルギを放出させる方法を開示している。溶体化熱処理温度よりも低い華氏約１００～３００度での熱曝露は、この蓄積されたエネルギを放出させる。この温度範囲は、エネルギの放出を引起こすのに十分高いものの、その後の溶体

化熱処理、焼入れ、および時効の最中の再結晶化および／または粒子成長を回避するのに十分低いものである。アルミニウム合金物品は、元の延性が若干低下するものの許容可能な状態で（通常約８～１２％）接合される。

【００３６】

このプロセスは理想的には、アルミニウム合金部品を接合するために使用される固相プロセスとともに使用されるものの、この発明は、固相プロセスを利用するあらゆるタイプの金属または合金を接合する際に使用するのに好適である。

【００３７】

この発明を好ましい実施例の点から説明してきたが、この発明がそれに限定されないことはもちろん理解されるであろう。なぜなら、変更が当業者によって、特に前述の教示に鑑みて行なわれてもよいためである。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

【図１】この発明の好ましい一実施例に従った、固相接合プロセスを用いてアルミニウム合金物品を形成するための論理フロー図である。

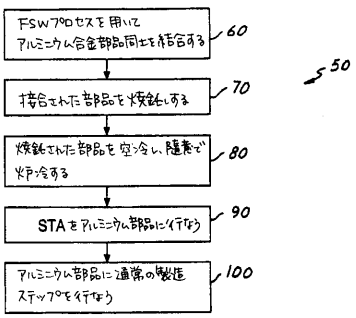
【図２Ａ】この発明の好ましい一実施例に従って図１で使用された摩擦攪拌溶接ツーリング装置の、溶接プロセス前の斜視図である。

【図２Ｂ】図２Ａの摩擦攪拌溶接ツーリング装置が、接合線の一部に沿って横断した後の斜視図である。

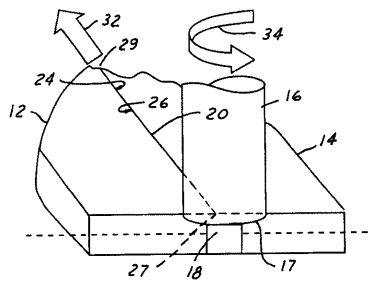
【図３】この発明の別の好ましい実施例に従った、固相接合プロセスを用いてアルミニウム合金物品を形成するための論理フロー図である。

【図４】この発明の好ましい一実施例に従って図３で使用された線形摩擦溶接プロセスの斜視図である。

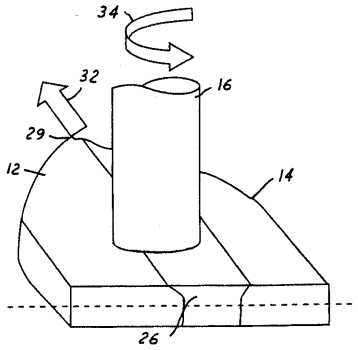
【図１】



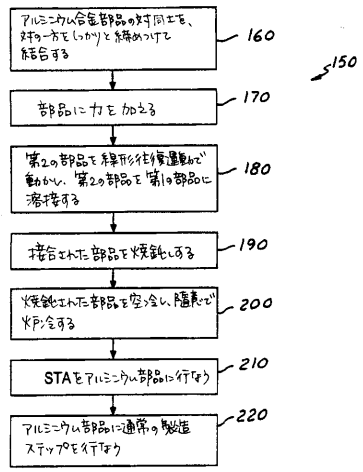
【図２Ａ】



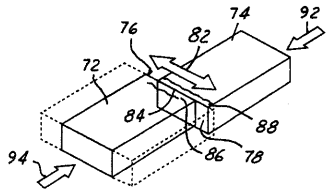
【図２Ｂ】



【図３】


アルミニウム合金部品の対向面を、対の一方をしっかりと嵌め合わせて結合する
160
150
部品に力を加える
170
第2の部品を線形往復運動で動かし、第2の部品を第1の部品に溶接する
180
接合された部品を焼鈍する
190
焼鈍された部品を空冷し、随意で冷却する
200
STAをアルミニウム部品に行なう
210
アルミニウム部品に通常の製造ステップを行なう
220

【図４】


76
82
74
92
72
84
88
94
86
78

フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
C22F 1/00 691C
C22F 1/00 692A
B23K 103:10

(72)発明者 ケビン・ティ・スラテリー
アメリカ合衆国、６３３０３ ミズーリ州、セント・チャールズ、メドウ・スプリング・ドライブ、４１
(72)発明者 クリシュナン・ケィ・サンカラン
アメリカ合衆国、６３１４６ ミズーリ州、セント・ルイス、グレンバーニー・レーン、１２８８１

審査官 松本 公一

(56)参考文献 特開平１０－０８１５７３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３３５８７３（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０８８４３３（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１８１５７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２３６６３５（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２３６６８１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１３１７０１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１３８１２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１５２９４４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ ２０／００－２０／２６
Ｂ２３Ｋ ３１／００