

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6526052号  
(P6526052)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 1 J	15/12	(2006.01)	B 2 1 J	15/12
B 2 3 K	20/12	(2006.01)	B 2 3 K	20/12
B 2 1 J	15/00	(2006.01)	B 2 1 J	15/00
F 1 6 B	5/04	(2006.01)	F 1 6 B	5/04

Z  
H  
A

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-563900 (P2016-563900)  
 (86) (22) 出願日 平成27年1月13日 (2015.1.13)  
 (65) 公表番号 特表2017-509491 (P2017-509491A)  
 (43) 公表日 平成29年4月6日 (2017.4.6)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2015/011133  
 (87) 國際公開番号 WO2015/106244  
 (87) 國際公開日 平成27年7月16日 (2015.7.16)  
 審査請求日 平成30年1月11日 (2018.1.11)  
 (31) 優先権主張番号 14/153,814  
 (32) 優先日 平成26年1月13日 (2014.1.13)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 592087647  
 ブリガム・ヤング・ユニバーシティ  
 B R I G H A M Y O U N G U N I V E  
 R S I T Y  
 アメリカ合衆国ユタ州84602-684  
 4, プロヴォ, エイチビーエルエル 37  
 60, テクノロジー・トランスファー・  
 オフィス  
 (73) 特許権者 511035487  
 メガスター・テクノロジーズ・エルエルシ  
 一  
 アメリカ合衆国 ユタ州 84606 プ  
 ロボ アイロントン ブールバード 19  
 52

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】摩擦リベットを使用する材料の摩擦ビット接合

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

摩擦リベットを使用して少なくとも 2 つの金属製加工物を一緒に接合する方法であって、

- 1 ) 少なくとも 2 つの金属製加工物を重ね合わせるステップと、
  - 2 ) 摩擦リベット接合ツールを準備するステップと、
  - 3 ) 前記摩擦リベット接合ツールによって保持しようとする摩擦リベットであり、切削チップを有する、該摩擦リベットを準備するステップと、
  - 4 ) 前記摩擦リベット接合ツールを回転して、前記切削チップが前記少なくとも 2 つの金属製加工物に貫通切削できるようにするステップと、
  - 5 ) 前記少なくとも 2 つの金属製加工物の第 2 側面上に配置する摩擦リベットキャップを準備するステップと、並びに
  - 6 ) 前記摩擦リベットと摩擦リベットキャップとの拡散結合、及び、前記摩擦リベットと少なくとも 2 つの金属製加工物との拡散結合を可能にする速度で前記摩擦リベット接合ツールを回転するステップと、
- を有する、方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、さらに、

- 1 ) 前記摩擦リベットにねじ山付き外面を設けるステップと、
- 2 ) 前記摩擦リベットキャップにねじ山付き内面を設けるステップと、

10

20

を有する、方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法において、さらに、前記摩擦リベットキャップに予め切削した孔を設ける孔準備ステップであり、拡散結合できる速度で前記摩擦リベット接合ツールの回転させることにより、前記摩擦リベットを前記摩擦リベットキャップに挿通させ、また前記摩擦リベットの外面を前記摩擦リベットキャップの内面に拡散結合できるようにする、該孔準備ステップを有する、方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の方法において、さらに、前記摩擦リベットの切削チップに窪みを設けるステップを有する、方法。

10

【請求項 5】

請求項 4 記載の方法において、さらに、前記窪みで前記摩擦リベットを拡開し、これにより、前記摩擦リベットの端部を外方に拡開させ、一体リベットヘッドを作成して前記摩擦リベットを所定位置に保持する押し広げツールを使用するステップを有する、方法。

【請求項 6】

摩擦リベットを使用して少なくとも 2 つの加工物を接合するシステムであって、

第 1 加工物及び第 2 加工物であって、前記第 1 加工物は第 1 金属材料を含み、前記第 2 加工物は第 2 金属材料を含み、前記第 1 加工物は前記第 2 加工物に隣接し、且つ、接触する、前記第 1 加工物及び第 2 加工物と、

摩擦リベット接合ツールと、

20

前記摩擦リベット接合ツールによって保持しようとする摩擦リベットであり、肩部、及び、前記第 1 加工物及び第 2 加工物を切削する切削チップを有し、前記摩擦リベットは、前記摩擦リベット、前記第 1 金属材料、及び前記第 2 金属材料の少なくとも何れかの摩擦熱による可塑化の結果として前記第 1 加工物及び第 2 加工物の少なくとも一部に結合されるよう構成された該摩擦リベットと、

前記第 1 加工物及び第 2 加工物の第 2 側面上に配置した摩擦リベットキャップであり、前記摩擦リベットの切削チップが前記摩擦リベットを通り前記摩擦リベットキャップに拡散結合される、該摩擦リベットキャップと、  
を備える、システム。

【請求項 7】

30

請求項 6 記載のシステムにおいて、さらに、

前記摩擦リベットにおけるねじ山付き外面と、および

前記摩擦リベットキャップにおけるねじ山付き内表面と、  
を備える、システム。

【請求項 8】

請求項 6 記載のシステムにおいて、さらに、前記摩擦リベットキャップに予め切削したホールを備え、拡散結合できる速度での前記摩擦リベット接合ツールの回転によって、前記摩擦リベットを前記摩擦リベットキャップに挿通させて、前記摩擦リベットの外面を前記摩擦リベットキャップの内面に拡散結合できるようにする、システム。

【請求項 9】

40

請求項 6 記載のシステムにおいて、さらに、前記摩擦リベットの切削チップ内に配置した窪みを備える、システム。

【請求項 10】

請求項 9 記載のシステムにおいて、さらに、前記窪みで前記摩擦リベットを拡開する押し広げツールであって、これにより前記摩擦リベットの端部を外方に押し広げ、一体リベットヘッドを作成して前記摩擦リベットを所定位置に保持する、該押し広げツールを備える、システム。

【請求項 11】

請求項 10 記載のシステムにおいて、前記一体リベットヘッドが、前記第 1 加工物、前記第 2 加工物、及び前記摩擦リベットキャップの少なくとも何れかに結合される、システ

50

ム。

【請求項 1 2】

請求項 6 記載のシステムにおいて、前記摩擦リベットに残留応力を含む、システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の方法において、

第 1 の金属製加工物に接触する摩擦ビットの回転を利用して前記第 1 の金属製加工物を加熱し、前記摩擦リベットを前記第 1 の金属製加工物に貫通させるステップを含む、方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 記載の方法において、前記摩擦リベットと、少なくとも 1 つの前記金属製加工物との拡散結合を可能にする速度で前記摩擦リベット接合ツールを回転するステップを含む、方法。 10

【請求項 1 5】

請求項 1 記載の方法において、前記摩擦リベットと、前記少なくとも 2 つの金属製加工物との拡散結合を可能にする速度で前記摩擦リベット接合ツールを回転するステップを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

20

本出願は、2014年1月13日に出願した米国特許出願第 14 / 153,814 の優先権を主張し、この米国特許出願は、2013年3月4日に出願された「材料の摩擦ビット接合 "FRICTION BIT JOINING OF MATERIALS"」と題する米国特許出願第 13 / 783,740 号の一部継続出願であり、この一部継続出願は、2012年3月2日に出願した「材料の摩擦ビット接合 "FRICTION BIT JOINING OF MATERIALS"」と題する米国仮特許出願第 61 / 606,218 号に基づく優先権を主張し、これら出願の開示はその全体が参考によって本明細書に組み込まれるものとする。

【0 0 0 2】

本発明は、主に摩擦搅拌接合方法に関連する。より詳細には、本発明は、少なくとも部分的に消耗するピンまたはビットを有する摩擦搅拌ツールを用いて、加工物（ワーカビース）をともに接合するシステム及び方法であり、この場合、ビットは第 1 速度で回転するとき第 1 加工物材料を切断する切断端縁（刃先）を有する。第 1 加工物材料を十分な深さまで切断した後、ツールの回転速度を、ビット自体、並びに第 2 加工物材料に接合しようと第 1 加工物材料の可塑化を引き起こすよう変化させることができる。摩擦搅拌ツールによる第 1 および第 2 の加工物材料並びにビットの十分な加熱後、ツールの回転を急激に減速または完全に停止させ、ビット並びに第 1 および第 2 の加工物材料を固相接合できるようにする。このプロセスは、本明細書を通して摩擦ビット接合と称し、この場合、ビットは本明細書を通して改造したピンまたはリベットである。

30

【背景技術】

【0 0 0 3】

40

金属加工物同士をともに接合する方法は多くあり、それらのうちの幾つかとしては、溶接、スポット溶接、（ネジおよびボルト等の）留め具、摩擦搅拌溶接等々がある。すべて接合方法を律する 3 つの基本原理は、機械的取付け、溶融接合（融接）、および固相接合（摩擦溶接）である。各原理の技術は利点を有するが、用途にとってしばしば選択される方法は、許容可能な欠点が最小の方法である。

【0 0 0 4】

機械的加工物接合方法の例には、ねじ、ナット、およびボルト、蟻継ぎ、かしめ（スエージ加工）、リベット打ち、締り嵌め（締め代）等がある。多くの用途ではねじまたはボルトを使用できない場合があり、この理由としては、ねじ山には耐荷重に限界があること、複数部品及び組立ての高いコスト、加工物に設けなければならない孔のコスト並びに／

50

または留め具のために空間が必要なこと、があるからである。蟻継ぎおよび他の加工物のロック方法は、特定方向にロックを生ずるが、他の方向には摺動または回転できる。リベットは、機械的留め具の単位面積および体積当たりでおそらく最大の接合強度を有するが、リベットヘッドの機械的変形は、エネルギー吸収力並びに伸度を減少させる。

#### 【0005】

機械的な方法が容認できない接合技術であるとき、溶融接合方法は、加工物が溶接可能と考えられなくない限り、利用できる。例えば、7000番台アルミニウム合金から形成した航空機コンポーネントは溶接可能ではないと考えられ、その理由としては、結果として得られる溶接強度が基材特性の50%程度の低いものになるからである。鋼、ステンレス鋼、およびニッケルを基材とする合金等の高融解温度材料(HMTM)は、溶接できるが、接合強度は溶融接合に関連する問題点で限界がある。これら問題点には、限定しないが、凝固欠陥、溶接マクロ構造内における硬質/軟質ゾーン、液相から固相への相変態から生ずる結果としての残留応力、多孔性、クラッキング、不均一および予測不能なマイクロ構造、腐食感受性、加工物変形、および加工物の基材特性の喪失がある。

10

#### 【0006】

溶接作業後は、しばしば歪みを修正する、または非破壊的に溶接を評価する必要があり、この過程にコストがかさむこととなる。加えて、六価クロムおよびマンガン曝露に関する健康問題、並びに適正な安全手順が伴わない場合、作業者に潜在的に網膜損傷を生ずる。多くの場合、加工物は、より高い強度の材料が溶接可能であると考えられない場合、溶接可能であると考えられるより低い強度の基材を使用するためサイズを大きくしなければならない。これは、現在低めの強度の鋼から製造されている自動車の車体の場合である。進化した高強度鋼(二相鋼およびTRIP鋼)をフレーム構造に使用して、劇的に車両重量を減少させることができるが、これら材料は融接による溶接性の問題から使用されてこなかった。

20

#### 【0007】

摩擦攪拌溶接が、融接プロセスより多くの利点を有する固相溶接プロセスである。図1は摩擦攪拌溶接に用いるツールの斜視図であり、この摩擦攪拌溶接は、肩部12および肩部から外方に突出するピン14を有するほぼ円筒形のツール10に特徴がある。ピン14は、十分な熱が発生するまで加工物16に対して回転し、この十分な熱発生ポイントでツールのピンを可塑化した加工物材料に押し込む。加工物16は、しばしば継ぎ目18で互いに突き合わされる2枚の材料シートまたはプレートである。ピン14は、継ぎ目18で加工物16に押し込まれる。このツールは従来開示されているが、このツールを新しい目的に使用することを説明する。

30

#### 【0008】

用語「加工物」および「加工物基材」は、本明細書を通して互換的に使用できることに留意されたい。

#### 【0009】

加工物材料16に対するピン14の回転によって発生する摩擦熱は、加工材料を融点に達することなく柔らかくする。ツール10は、継ぎ目18に沿って横方向に移動させ、これにより、可塑化した材料がピンの周りを先導端縁から後尾端縁まで流動するとき溶接を生ずる。その結果継ぎ目18で固相接合部20を生じ、この固相接合部20は、他の溶接と比べると、加工物材料16自体と区別できないほどのものになり得る。

40

#### 【0010】

肩部12が加工物の表面に接触するとき、その回転が追加の摩擦熱を生じ、この摩擦熱が挿入したピン14の周りにより大きい材料の円筒形カラムを可塑化する。肩部12は、ツールのピン14によって生ずる上向きの金属流動を抑制する鍛造力を付与する。

#### 【0011】

F SW作業中、溶接すべき領域およびツールは相対移動し、ツールは溶接継ぎ目の所望長さに沿ってトラバースする。回転F SWツールは、連続加熱作用を行い、基材に沿ってトラバースするとき狭小ゾーン内で金属を可塑化させるとともに、金属をピンの先導面か

50

ら後尾端縁まで搬送する。溶接ゾーンが冷却するとき、一般的には、ツールが通過する際に凝固も液体も存在しない。このことは、常にではないがしばしば起こることで、この結果として生ずる溶接は、溶接領域に、欠陥のない、再結晶化した、細粒マイクロ構造となる。

#### 【0012】

移動速度は、典型的には、200～2000 rpmの回転速度で10～500 ram/分である。温度は、通常固相線温度に近接するが、それ以下である。摩擦搅拌溶接パラメータは、材料の熱性特性、高温流動応力および侵入深さの関数である。

#### 【0013】

先行特許文献は、従来機能的に溶接不能と考えられていた材料に摩擦搅拌溶接を実施することができる利点を教示している。これら材料のうちいくつかは、非融接不能、または溶接困難だけのものである。これら材料には、例えば、金属マトリックス複合材、鋼およびステンレス鋼等の鉄合金、および非鉄材料がある。摩擦搅拌溶接を活用できる他の材料分類は、超合金である。超合金は、高融点の青銅またはアルミニウムを有する材料とすることができ、また、他の元素をも混合したものとすることができます。超合金のうち幾つかの例としては、概して537.8 (1000°F) を超える温度で使用されるニッケル、鉄-ニッケル、およびコバルトを基材とする合金がある。超合金において一般的に見られる追加の元素には、限定しないが、クロム、モリブデン、タンゲステン、アルミニウム、チタン、ニオブ、タンタル、およびレニウムがある。

#### 【0014】

先行特許文献は、ツールは、材料を摩擦搅拌溶接する温度よりも高い融点温度を有する材料を使用して形成する必要があると教示している。いくつかの実施形態において、超研磨剤をツールに使用した。

#### 【0015】

用語「摩擦搅拌処理」は、「固相処理」と互換的に言及することも留意されたい。固相処理は、一般的には液相を含まない可塑状態への一時的な変態として定義する。しかし、いくつかの実施形態は、1つまたはそれ以上の元素が液相を経ることを許容し、これも依然として本発明の恩恵を得られることに留意されたい。

#### 【0016】

摩擦搅拌処理において、ツールピンを回転し、処理すべき材料に押し込む。ツールは、材料の処理領域にわたりトラバース移動させる。これは、材料を固相処理において可塑化させる作用であり、この結果、原材料とは異なる特性となるよう材料を変更する。

#### 【0017】

摩擦搅拌スポット溶接(FSSW)は、現在、重ね溶接形態で進化した高強度スチールを接合するように実験的に使用されている。FSSWは、特許文献1(米国特許出願公開第2005/0178817号)において記載されているようにアルミニウム部品を重ね溶接するように商業的に使用されている。

#### 【0018】

その第1の手法は、加工物が一緒にスポット摩擦溶接されるまで、ピンツール(ピンおよび肩部からなるFSSWツール)を加工物内に押し込むことを伴う。この方法の欠点は、図2において示すようにピンの背後に孔(ホール)26が残存することである。加工物28相互間の結合はツールの肩部の下で達成されるとともに、ピンホールは溶接の強度を低下させる。

#### 【0019】

第2の方法には、ピンホール内に材料を強制的に埋め戻す装置設計がある(特許文献2/米国特許第6722556号参照)。この方法は、大きなスピンドルヘッド、固定要件、およびスポット溶接を形成するのに必要な加重に起因して、かなり面倒である。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0020】

10

20

30

40

50

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2005 / 0178817 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6722556 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

本発明の実施形態は、概して、これら機能的に溶接不能な材料並びに超合金に関連し、また本明細書を通して以下に高融点材料 (HMTM : high melting temperature material) と称する。しかし、本発明の原理は、高融点材料の一部と考えられていないアルミニウム、他の金属および金属合金等のような低融点材料にも適用できる。

【0022】

摩擦攪拌溶接における最近の進化の結果は、摩擦攪拌溶接の固相接合処理中に、鋼およびステンレス鋼等の高融点材料同士を一緒に接合するのに使用するツールにある。

【0023】

前述したように、この技術は、多結晶立方晶窒化ホウ素 (PCBN : polycrystalline cubic boron nitride) チップを含む摩擦攪拌溶接ツールを使用することを伴う。このツールの他の設計は、従来においても示されており、またモノリシックなツールおよび他の設計を含む。

【0024】

この特別な摩擦攪拌溶接ツールを使用するとき、様々な材料の摩擦攪拌溶接に効果的である。このツールの設計は、PCBN および PCD (多結晶ダイアモンド) に加えて、様々なツールチップ材料を使用するときにも効果的である。これら材料のいくつかには、タンゲステン、レニウム、イリジウム、チタン、モリブデンなどの耐熱性物質がある。

【0025】

金属製加工物の接合において、迅速かつ経済的な方法で消耗可能ビットを使用して FSSW を実施する部分的に消耗可能なツールを使用するシステムおよび方法を提供できることは、従来技術よりも有利である。

【0026】

少なくとも 2 つの加工物を摩擦ビット接合する方法であって、本発明システム及び方法は、摩擦リベットおよび摩擦リベットキャップを使用して少なくとも 2 つの加工物を接合するシステムおよび方法であって、摩擦リベットにおける切削チップまたは切削形体が加工物に貫通切削した後に、加工物は一緒に摩擦攪拌され、この後摩擦リベットキャップに結合するシステムおよび方法、並びに摩擦リベットが切削チップに窪みを有する場合には、摩擦リベットキャップは排除することができ、この窪みは摩擦リベットが加工物に貫通切削した後に拡開させ、これにより摩擦リベットの端部に一体リベットキャップを作成するシステムおよび方法である。

【0027】

本発明のこれらおよび他の目的、特徴、利点および代替的態様は、当業者には図面と組合せた以下の詳細な説明を考慮することによって明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図 1】従来技術により高融点材料上で摩擦攪拌溶接を実施することができる既存摩擦攪拌溶接ツールの斜視図である。

【図 2】従来技術において実施される摩擦攪拌スポット溶接 (FSSW) を使用して実施した 3 つの溶接の輪郭図である。

【図 3】摩擦攪拌ビット接合を実施できる従来技術の原理に基づいて構成した回転ツールの斜視図である。

【図 4】消耗可能ビットが 2 つの加工物に完全に貫入する、図 3 のツールの輪郭図である。

【図 5】加工物表面に対して垂直ではないすくい角で操作する摩擦攪拌接合ツールのビットを示す輪郭図である。

10

20

30

40

50

【図6】底部の加工物層のみが少なくとも部分的に消耗可能なビットと固相結合を形成する、多層加工物を示す輪郭図である。

【図7】金属継ぎ目を使用して消耗可能なビットで亀裂を充填する、亀裂のある加工物の頂面図である。

【図8】加工物、および孔の固相プラグ溶接ができるようにするコア切断ジオメトリを有する摩擦ビット接合ツールの輪郭図である。

【図9】高速摩擦ビット接合のため、多重セグメント化ビット用中心孔を有するツールの一部切除した輪郭図である。

【図10】摩擦リベットおよび摩擦リベットキャップから成る2ピース摩擦リベットの輪郭図である。  
10

【図11】摩擦リベットが加工物に貫通切削した後に摩擦リベットキャップに結合する摩擦リベットの輪郭図である。

【図12】摩擦リベットが摩擦リベットキャップを貫通するのに十分長い異なる実施形態における輪郭図である。

【図13】摩擦リベットの外壁面に沿ってねじ山を有する摩擦リベット、及び内面に対応するねじ山を有する摩擦リベットキャップの拡大図である。

【図14】加工物に貫入した後、押し広げツールが摩擦リベットの頂部を押し広げて一体リベットキャップを形成することができるようになる、摩擦リベットの頂部に窪みを有する摩擦リベットの拡大図である。

【図15】押し広げツールを使用して一体リベットキャップを形成した後の摩擦リベットの輪郭図である。  
20

【図16】図13の摩擦リベットキャップを押し広げツールと組み合わせて使用して、摩擦リベットキャップを所定位置に機械的に保持する一体リベットキャップを生成する、図15の代替的実施形態である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0029】

以下に図面を参照して説明し、図面において、本発明の様々な素子を数字による参照符号で表示し、また当業者が本発明を実施および使用できるよう詳述する。以下の説明は本発明の原理の単なる例示であり、特許請求の範囲を狭めるものとして示すのではないことを理解されたい。  
30

##### 【0030】

従来技術は、摩擦ビット接合方法の基礎をなす取り外し可能かつ少なくとも部分的に消耗可能なビットと組み合わせて使用する、非消耗肩部を有する回転摩擦攪拌ツールを教示する。ビットは、完全にまたは部分的に消耗可能とすることができます。図3は、従来技術がどのように摩擦攪拌ツールを構成するかを示す図である。

##### 【0031】

図3は、肩部領域32および取り外し可能かつ少なくとも部分的に消耗可能なビット34を有する摩擦ビット接合ツール30を示す従来技術の斜視図である。ビット34は、リベットとしても機能するが、概して本明細書を通してビットと称する。この特別な摩擦ビット接合ツール30において、取り外し可能かつ少なくとも部分的に消耗可能なビット34は小さな隙間36を有する。ビット34のかなり小さなビット直径部分42は小さな隙間36を形成する。ビット34のこの小さなビット直径部分42は破壊を引き起こす。この小さな隙間36によって、ビット34の取り外し可能な部分38をビットとして加工物内に埋設した状態にすることができる。ビット34の非取り外し部分40も以下に説明するように他のビットセグメントの頂部であることに留意されたい。  
40

##### 【0032】

図4も従来技術の図であり、摩擦ビットがどのように鋼または他の金属を接合するか(「摩擦攪拌リベッティング」としても知られている)を示す。摩擦ビット接合ツール30は、ツールのビット34が第1加工物材料50を機械加工または切削除去して第1加工物材料50に孔54を形成できる速度で回転する。所望の孔を機械加工するのを促進する形  
50

体をビット34の端部に付加した。例えば、切削形体44を図4に示す。

#### 【0033】

本発明は、摩擦ビット接合ツールのビットが角度をなして加工物に切り込むことができる点を教示して、従来技術を改良している。本発明の第1実施形態の第1態様を図5に示す。第1実施形態は、摩擦ビット接合を実施ときの摩擦ビット接合ツールの使用を改善するよう企図する。第1実施形態は、変更した角度を摩擦ビット接合ツール30用に使用することを教示する。

#### 【0034】

従来技術は、図4において示すように、加工物に対して垂直な角度で加工物内に突入切削することを教示する。逆に、本発明は、摩擦ビット接合ツールのビット34が正または負のすくい角で加工物80に進入できることを教示する。すくい角は、摩擦ビット接合ツールを破壊することなく、またはビット34を尚早の破断を生ずることなく、正または負にすることができる。すくい角は、+45°から-58°の間の任意な角度とし、本発明の限定範囲内とすることができる。すくい角は上述の角度範囲内で変動することができるが、ビット34の好適なすくい角は垂線に対して±7°の間とすることができます。

10

#### 【0035】

第1実施形態は他の操作角度にも対処する。加工物80の作業面82、およびビット34の作業端部40またはビット34の底部逃げ角によって形成される角度は、0°～63°の間における任意の角度とすることができます。ビット34の切削面は、0°～53°のクリアランス逃げ角を有することができる。

20

#### 【0036】

ビット34は、加工物に突入切削するのに使用するときには、ドリルとして特徴付けられる。ビット34は、逃げ角付きのマージンを設けた外側切削面を有することで決定されてきた。

#### 【0037】

ビット34の第1実施形態に使用し得る切削形体は、ビットの作業端部に螺旋状刃先を設けた細井ドリルジオメトリを含むものとみなすことができるが、このことは限定的要素としてみなすべきではない。さらに、他の切削形体ジオメトリも本発明の範囲内とみなすことができる。

30

#### 【0038】

本発明の第1実施形態のビット34に含めることができる他の切削形体としては、加工物内に貫入または貫通する孔を形成するためのコア切削ジオメトリ(図8に示す)およびチップブレイカーがある。

#### 【0039】

本発明の他の態様は、ビット34用に少なくとも2つの異なる速度、すなわち、一方は切削速度、他方はビット34の加工物に対して固相結合を生ずる速度で使用する概念まで拡大する。本発明において、単一の速度を使用することができ、この場合、単一の速度は加工物内に突入切削し、かつ同一速度で固相結合を行うのに十分であるものとする。

#### 【0040】

従来技術の特徴は、加工物に使用される材料は、ビットがリベットとして機能するときビット34と固相結合を形成することができるすべての材料であることである。それにひきかえ、他の実施形態において、本発明は、加工物を形成する複数の異なる層が存在することを教示する。

40

#### 【0041】

図6は、ビット34と固相結合を形成しない1つまたは複数の加工物層90が存在するこの実施形態における新しい概念を示す。しかし、異なる点は、底部の加工物層92のみがビット34と固相結合を形成する材料であることを必要とする点である。ビット34は、底部の加工物層と固相結合を作成するため、底部加工物層92の上方におけるすべての加工物層90に貫通切削することができる。

#### 【0042】

50

他の実施形態において、加工物層 90 は、ビット 34 と機械的結合を形成するが、固相結合ではないものとする。他の実施形態において、少なくとも 1 つの加工物層 90 は、機械的結合を形成するとともに、少なくとも 1 つの他の加工物層 90 は固相結合を形成するものとする。加工物層 90 の形態は、そのうちのいくつかは機械的結合を形成し、その他のいくつかは固体相結合を形成するものとするが、用途に基づき必要に応じて変化し得る。加工物層 90 は、様々な異なる特性を有する材料から形成することができ、これら材料としては、プラスチックおよび複合材のような非金属材料がある。

#### 【 0 0 4 3 】

本発明の次の態様は、摩擦ビット接合ツール 30 をどのように停止させるかを企図する。従来技術の 1 つの例を図 4 に示す。孔 54 の深さ 56 が、図示のように第 2 加工物 52 内にまで貫入した後、摩擦ビット接合ツール 30 の回転速度を減速させて、ビット 34 と、互いに接合しようとしている第 1 および第 2 の加工物 50、52 との間に熱を生成させる。摩擦ビット接合ツール 30 を保持及び回転させているスピンドル（図示せず）は、ツールを回転させるのに必要なトルクが小さ目のビット直径部分 42 の剪断強度を凌駕するまで、急激に停止または減速させる。小さ目のビット直径部分 42 は、特定トルクで摩擦ビット接合ツール 30 のビット 34 の取り外し可能な部分 38 を剪断するよう設計する。

#### 【 0 0 4 4 】

逆に、本発明は、摩擦ビット接合ツール 30 の急激停止が、摩擦ビット接合ツールを駆動するモータに問題を引き起こすことを教示する。モータにおける磨耗を減少させるため、本発明は、摩擦ビット接合ツール 30 にとって固相結合回転速度から完全停止までにかかる時間として定義した停止サイクルを教示する。この実施形態は、摩擦ビット接合ツール 30 に対し、単段停止時間を使用して、多段停止時間を使用して、可変 R P M プロファイルを使用して、また、停止サイクルにおけるドウェル時間を含めて、10 秒未満内停止まで減速させることを含む。これらすべての停止サイクルは、摩擦ビット接合ツール 30 の回転を制御するモータにおける磨耗を減少させることができる。

#### 【 0 0 4 5 】

他の実施形態において、停止サイクルは、モータにクラッチを用いてほとんど瞬時なものとすることができます。クラッチを使用することによって、ツールのスピンドルを駆動するモータは自由に緩慢に休止するとともに、摩擦ビット接合ツール 30 は極めて急激に、または 1 秒未満内の速さで停止することができる。

#### 【 0 0 4 6 】

本発明の他の実施形態において、摩擦ビット接合ツール 30 のモータの回転を急激に停止させる代わりに、特定のテーパビット形状を有するビットを使用する。このテーパビットは、ビット 34 を加工物内で下方に進入するのみで、逆戻りしないようにできる。したがって、固相結合が形成されたら即座に摩擦ビット接合ツール 30 がビット 34 を釈放する必要がある。

#### 【 0 0 4 7 】

他の代替的実施形態において、急速釈放機構を、ビット 34 と摩擦ビット接合ツール 30 との間に設ける。急速釈放機構は、ビット 34 をより迅速に釈放するためばね負荷とすることができる。

#### 【 0 0 4 8 】

本発明の他の態様は、向上した硬度を得るために、ビット 34 の少なくとも一部分にコーティングを施すことを企図する。向上した硬度によれば、ビット 34 をより硬い加工物に貫入できる。コーティングは、当業者に既知の任意なタイプとすることができます、ビットに使用した材料より硬い加工物にビット 34 を突入切削させることができる。

#### 【 0 0 4 9 】

関連する実施形態において、コーティングは、コーティングが存在しない場合よりも低い固相結合温度で加工物にビットを結合できるビットの少なくとも一部上に配置することができる。他の実施形態において、コーティングは、ビットの周りの加工物における材料の流動特性を改善するようビット 34 の少なくとも一部上に配置することができる。

10

20

30

40

50

**【 0 0 5 0 】**

他の実施形態において、摩擦ビット接合中、加工物における材料の流動特性を変化させるのが望ましい場合がある。流動特性の変化は、摩擦ビット接合を実施する摩擦ビット接合ツール30を回転させるスピンドルの回転方向を逆転することによって達成することができる。

**【 0 0 5 1 】**

本発明の他の実施形態は、携帯可能な摩擦ビット接合システムを提供することを企図する。携帯可能な摩擦ビット接合システムは、乗り物によって様々な場所へ移動するサイズ及び重量が大型のシステムから、システムを保持しましたシステムの重量を作業者自身の手で支持する単独の作業者が操作するサイズおよび重量のものまで様々である。携帯可能な摩擦ビット接合ツールシステムは、地面に載置する、卓上ユニットとする、または手持ち式のものとすることができる。10

**【 0 0 5 2 】**

本発明の他の実施形態は、接合できるように様々な加工物を保持または固定することを企図する。本発明は、磁気固定を計画する。この実施形態において、鋼を電磁的基材とともにバックアップとして使用して加工物を所定位置に保持する。この磁気固定方法は、アルミニウムおよび複合材を摩擦ビット接合するのに有用である。

**【 0 0 5 3 】**

本発明の摩擦ビット接合ツール30は、さらに、摩擦搅拌溶接の固相接合処理中に、鋼およびステンレス鋼等のような高融点材料同士と一緒に接合することができる。この技術は、独特の特性を有する摩擦搅拌溶接ツール30を使用する必要があり得る。例えば、肩部は、多結晶の立方晶窒化ホウ素（P C B N）および多結晶ダイヤモンド（P C D）等の材料を用いて作製する。他の材料には、タンゲステン、レニウム、イリジウム、チタン、モリブデン等の耐熱性物質がある。20

**【 0 0 5 4 】**

本発明の原理を使用して接合する加工物は、銅およびアルミニウムよりも高い融点を有する材料を含む。このクラスの材料には、限定しないが、金属マトリックス複合材、鋼およびステンレス鋼等の鉄合金、非鉄材料、超合金、チタン、一般的に表面硬化および空気焼入用に使用されるコバルト合金、または高速度鋼がある。さらに、本発明は、上述した高融点の定義に含まれない低融点材料と考えられる材料にも使用できる。30

**【 0 0 5 5 】**

摩擦ビット接合ツール30の肩部32は、第1加工物50に肩部が付着するのを妨げ、また優れた熱的安定性および耐摩耗特性をもたらす、多結晶立方晶窒化ホウ素または同様の上述した材料から形成することができる。いくつかの肩部形態は、ビット34を加工物50、52内に摩擦溶接した後に、ビットヘッドの形状を形成する、またはビットヘッドを切除さえするのに使用する。

**【 0 0 5 6 】**

ビット34に使用する材料は、概して摩擦ビット接合処理中に消耗することになる材料である。このような材料は、第1および第2の加工物材料相互間の結合を好ましくも強化し、また摩擦搅拌溶接の当業者に既知である。40

**【 0 0 5 7 】**

他の代替的実施形態において、本発明の重要な態様は、自動化摩擦ビット接合システムの創出である。自動化摩擦ビット接合システムは、例えば、組立てラインにおけるロボット摩擦ビット接合システムが使用することができる。例えば、組立てラインは乗り物を作成するのに使用することができる。ロボットの摩擦ビット接合システムには、限定しないが、端部に摩擦ビット接合ツールを有する自動化アーム；摩擦ビット接合ツールを使用すべきアームを動かす自動化運動システム；摩擦ビット接合ツールにリベットを供給する自動化送給システム；および自動化追跡システム；がある。これらのシステムは手動でも操作することができる。

**【 0 0 5 8 】**

10

20

30

40

50

運動システムは、摩擦ビット接合ツール30が切削のために前進し、次いでビット34を挿入することができ、必要があれば、送給システムからの他のビットを挿入できるよう後退する少なくとも1つの自由度を有していなければならない。

#### 【0059】

理想的には、運動システムは少なくとも2つの自由度を提供し、摩擦ビット接合ツール30が一時的に固定された加工物に沿って様々な場所に移動でき、加工物がロボットアームから離れる方向に移動する前に複数のビット34を挿入できるようにする。

#### 【0060】

本発明の送給システムは自動化することができるが、手動にすることもできる。送給システムは、ビット34を5分ごとに少なくとも1つのビットの割合で供給することができるが、好ましくは、加工物と接合するのに数秒間に1つのビットの割合で供給する。

10

#### 【0061】

送給システムは、保管場所から摩擦ビット接合ツール30までビット34を移動することができる。本発明で想定される供給システムの様々な実施形態は、摩擦ビット接合ツール30のスピンドルにおける後退可能な駆動システムの使用、マガジン装填システム、チェーン送給システム、およびビット位置決め用のホッパー／振動システムがある。他の実施形態において、本発明は、さらに、とくにネイルガンのように、リベットを所定位置に位置決めおよび／または保持するためのテープのような二次媒体の使用、または手でリベットを送給することさえもあり得る。

#### 【0062】

20

自動化追跡システムは、ロボットアームが特定経路に沿ってツール30を動かすことができる。その経路は直線ではないことがあり得る。例えば、図7に示すように、複数のビット34を修理するためにクラック100に沿って配置している場合のような、金属継ぎ目形成を実施するのが望ましい。ねじ山付き機械的プラグを使用する代わりに、本発明はクラック100内に打ち込むビット34を使用する。クラック100の経路は、運動システム内に予めプログラムするか、または視覚的走査システムを自動化追跡システムに接続して、ビットが加工物内に打ち込む前にクラックの経路に追従させ、かつ各ビット34を心出しできるようにする。本発明は、鋳鉄等の従来溶接可能でない材料のクラックを修復するのにも使用できる。

#### 【0063】

30

他の実施形態は、図8において示すように漏洩孔120を修復するのに本発明を使用するものである。摩擦攪拌溶接を行うとき、ツールを後退させるときピンは代表的には孔120に残留する。次に、孔を塞ぎ表面を仕上げることを必要とする。他の実施形態において、本発明は、コア切削ビット104を使用し、好ましくは、修復しようとする既存の孔120に心出しして大き目の孔を加工物122に切削する場合に、固相プラグ溶接を実施するのに使用することができる。したがって、本発明は、コア切削ジオメトリを有するビット104を使用する。ビットは、ビットの頂面が加工物122の表面124と同一表面となるような深さまで加工物122に突入切削することができる。

#### 【0064】

孔修復の目的で消耗可能なビットを使用する上で大きな利点がある。これらの利点には、限定しないが、加工物の酸化排除、加工物に対する応力減少、良好でなくとも、少なくとも加工物の表面における材料と同程度に良好な頂面を有するビットの残留、および仕上げコストの全体的減少がある。

40

#### 【0065】

他の代替的実施形態において、アルゴンまたは二酸化炭素のような不活性ガスをツール30の中心に流動させて摩擦ビット接合中の酸化を防ぐようにすることができる。

#### 【0066】

他の代替的実施形態において、2つより多い加工物は本発明の摩擦ビット接合処理を使用して接合することができる。したがって、ビット34のセグメント長はこれに適合するよう調整する。

50

**【0067】**

他の代替的実施形態において、接合しようとする加工物は、用途に基づいて同一のまたは異なる材料とすることができる。

**【0068】**

同様に、ピット34に使用する材料は、すべての加工物とは異なる材料とする、少なくとも1つの加工物と同一材料とする、またはすべての加工物と同一材料とすることができる。

**【0069】**

ピット輪郭は多様に変化し得る。ピット輪郭は、テーパ付き、六角形、または、切削処理および摩擦ピット接合処理の双方を実施するのに望ましい任意な形状とすることができる。ピット34の形状は、使用しようとする様々な材料の望ましい結合特性または強度のような、様々な態様に依存し得る。10

**【0070】**

他の実施形態において、摩擦ピット接合ツール60は、中心軸線に配設した孔62を有することができる。孔62によれば、多重セグメント化ピット64（ここでは、小さ目の直径のピン部分72によって分かれた3つのセグメントで示す）を必要に応じて孔62内に挿入および押し込むことができる。多重セグメント化ピット64は、小さ目の直径ピン部分72を有する複数の間隙66を有する。プランジャー機構68を使用して、ツール60に多重セグメント化ピット64を押し込んで作業端部70から押し出す。多重セグメント化ピット64における各セグメントが破断するとき、プランジャー機構68は多重セグメント化ピット64を孔62内に押し下げ、この押し下げは、次の摩擦攪拌リベット付け処理のために十分な量だけピット64が露出するまで行うことができる。このように、複数のリベットは、多重セグメント化ピット64を停止および再装填する必要なく加工物内に挿入することができる。20

**【0071】**

多重セグメント化ピット64に使用し得るセグメント数は、3つに限定すると考えるべきではない。図9は、単に説明目的のものである。より多くのセグメントを多重セグメント化ピット64に配設することができる。セグメント数は、さらに、ツール60の長さおよびプランジャー機構68の長さに依存し得る。

**【0072】**

ピット64は、ロッドまたはワイヤ形式とし、また摩擦ピット接合ツール60の中心に自動的に送給することができる。正方形の形状をピット64に使用するとき、摩擦ピット接合ツール60からのトルクをピットに伝達することができる。しかし、他のトルク伝達輪郭を使用することができます。丸型形状をピット64に使用することさえでき、これは、ピット64の外径上のクランプ力またはクランプ機構は、力が加わると摩擦ピット接合ツール60内にピットが滑り込むのに十分な場合に限ってである。30

**【0073】**

孔62は、摩擦ピット接合ツール60のシャンクに貫通し、非消耗肩部まで配設できることを理解されたい。

**【0074】**

ピット64は、加工物貫入を容易にするため様々な硬度または硬度プロファイルを有することができる。40

**【0075】**

摩擦ピット接合ツール60は、特定の位置、または、1~10,000 R P Mの範囲にわたるR P Mの荷重値で稼働することができる。

**【0076】**

摩擦ピット接合ツール60は、溶融スポット溶接と同一形態で稼働することができる。例えば、溶接チップをC字クランプ形態にしてクランプするのに使用するよりも、小さ目の直径を有する回転ツール（図3参照）をロボットアームの端部におけるC字クランプに配置することができる。C字クランプ形態も手動で使用できる。50

**【 0 0 7 7 】**

ビット 6 4 は、「ヘッド」に固定具を有することができ、機械的アタッチメントをその場所で使用できるようにする。例えば、ビット 6 4 の端部はねじ山付きスタブを有することができ、加工物同士を接合した後、このねじ山付きスタブが加工物の上方に突き出たままとなるようにする。その後、ナットを使用して、他のコンポーネントを加工物に取り付ける。

**【 0 0 7 8 】**

本明細書で説明した摩擦ビット接合処理のいくつかの利点には、限定しないが、迅速な固相接合処理、低エネルギー入力処理要件、固相処理による低残留応力、従来のリベット付けにおいて必要な予め穿孔した孔が不要であること、加工物の変形が減少または排除できること、F S S Wにおいて見られるような孔が加工物に残らないこと、密閉区域に本発明処理を使用できること、Z 軸方向力が抵抗スポット溶接に必要な電流力に匹敵すること、肩部 / ビットの比が特定熱プロファイルを生成して接合強度を最適にするサイズにできること、耐食性ビット材料を使用できること、本発明処理は高温で完了するためビット 3 4 の形成が降伏せず、より高いエネルギー吸収特性になること、ビット材料は加工物材料に勝るより高い強度にできること、およびビットを亀裂(クラック)先端部に使用して加工物におけるさらなる亀裂伝播を防止できること、がある。

10

**【 0 0 7 9 】**

ビット 3 4 は、接合しようとする材料よりも硬い材料を使用して形成するのが一般的である。しかし、ビット 3 4 はより軟らかいものにすることができるが、十分な力で素早く押し込むに十分なものとし、より硬い加工物材料同士を接合するのに使用できるようする。ビット 3 4 は、さらに、コーティングが機械的に剥落する前に貫入できるコーティングを有することができる。

20

**【 0 0 8 0 】**

本発明の他の態様は、加工物における孔から切削しようとする材料を除去し、またピン 3 4 によって形成する選択肢である。材料除去方法の一つは、ペッキング(ついばみ)動作の使用である。摩擦ビット接合ツール 3 0 のペッキング動作は、さらに、流体フローと組み合わせて材料を除去することができる。流体は、圧縮性または非圧縮性のものとすることができます、これには、ガス、空気、ミスト、および水がある。

30

**【 0 0 8 1 】**

前述したように、本発明は異なる材料同士を接合するのに使用することができ、3 物体(2つの加工物および1つのビット)形態に限定しない。多層の材料を同時に接合することができる。任意な数の材料を結合することができるが、材料が結合しようとする材料の融点より低い温度勾配にさらされている限りにおいてである。

**【 0 0 8 2 】**

本発明の他の実施形態において、ビット 3 4 は様々な材料から成るものとすることができます。ビット 3 4 は単一ビットに有用な異なる動作特性をもたらす材料を使用して製造することができる。したがって、ビット 3 4 は2材料、3材料又は多重材料の構成とすることができる。さらに、ビット 3 4 はビットの断面で見て硬度勾配を有するよう製造することができる。

40

**【 0 0 8 3 】**

摩擦ビット接合ツール 3 0 の表面移動速度の範囲は、1分あたり 0 . 1 m m ~ 1 0 m にわたるものと考えられる。摩擦ビット接合ツール 3 0 の回転速度は、1 r p m ~ 1 0 , 0 0 0 r p m にわたり変動することができる。

**【 0 0 8 4 】**

本発明の摩擦ビット接合ツール 3 0 は複合材ツールとすることができ、C B N 肩部、または結合しようとする材料よりも高いま若しくは低い弾性率の異なる材料を有するツールとすることができる。

**【 0 0 8 5 】**

結合しようとする材料の硬度は、ロックウェルスケール A、B および C における全ての

50

材料を含むと考えられる。

【0086】

本発明のビット34における刃先は、任意の適切な切削ジオメトリを有することができる。したがって、ビット34には、切削ができる、切削かつ加熱ができる、および結合誘起を意図した加熱ができる任意の形体を設けることができる。ビット34にねじ山を設けることができる。したがって、ビットは切削ジオメトリを持たないものとすることができる。代替的実施形態は、他の加工物材料内におけるまたは貫通した孔または開孔を作成できるようビット34の加熱を使用する。

【0087】

本発明は、軸線方向におよび作成した孔の側面を含む複数平面上で拡散結合を可能にする。

10

【0088】

図10は、摩擦リベット接合を使用して2つの材料同士を接合する異なる実施形態である。図3および図4と同様に、この実施形態は、摩擦リベットとして機能するビットを使用することができる。図10は、摩擦リベット130、および摩擦リベットヘッドまたは摩擦リベットキャップ132から成る。摩擦リベット130は、切削チップ134を有する。切削チップ134は、摩擦リベット130および摩擦リベットキャップ132を使用して接合しようとする加工物136に貫通切削することができる。リベット130の隣の矢印は、摩擦リベットの動く方向を示す。

【0089】

20

摩擦リベット130は、取付け端部138で摩擦リベット接合ツールに連結する。摩擦リベット接合ツールは、摩擦リベット130が加工物136、138に貫通切削するのに十分な速度で回転する。

【0090】

摩擦リベット130は、切削チップ134ではなく、滑らかな側面またはねじ山付き側面とした外面を有することができる。側面は、さらに、直線状または曲線状とすることができます。重要なことは、摩擦リベット130を摩擦リベットキャップ132に結合するものであると理解することである。摩擦リベットキャップ132を使用しない場合であっても、ねじ山を摩擦リベット130に設けることもできると理解されたい。

【0091】

30

図11は、摩擦リベット130が加工物160に貫通切削した後に、摩擦リベットを摩擦リベットキャップ132に結合することを示す。摩擦リベットキャップ132は、他の物体によって加工物に対して保持することができる。摩擦リベット130および摩擦リベットキャップ132は、同一または異なる材料から製造することができる。摩擦リベット130は、摩擦リベットキャップと一緒に結合するために摩擦リベットキャップ132内に突入切削する必要がある、または必要はないものとすることができます。摩擦リベット130を摩擦リベットキャップ132に結合するのに必要な速度は、加工物136を切断するのに使用する速度と異なる、または異なるものとすることができます。

【0092】

40

摩擦リベット130を摩擦リベットキャップ132に結合した後、摩擦リベット接合ツールは摩擦リベットを釈放する。摩擦リベット接合ツールは、当業者に既知の任意な都合のよい手段を使用して摩擦リベット130に取り付けることができ、またこのことは、この実施形態の新規な態様としてみなすべきではない。

【0093】

図12は、本発明の他の実施形態である。この実施形態は、図10および11に示した実施形態に類似している。しかし、摩擦リベットキャップ132に貫入する手前で停止する代わりに、摩擦リベット130は摩擦リベットキャップ132に貫通し、これにより切削チップ134が少なくとも部分的に露出する。

【0094】

図12における実施形態の他の相違点は、摩擦リベット130が摩擦リベットキャップ

50

132に貫通切削しても、またはしなくても構わない点である。したがって、孔は摩擦リベットキャップ132に予め貫通切削する、またはしないものとすることができます。

#### 【0095】

孔140を摩擦リベットキャップ132に予め切削する図13に示す代替的実施形態において、孔140の内面142にはねじ山を設ける。ねじ山付き内面142は、摩擦リベット130の外面におけるねじ山144と対応する。摩擦リベット130のねじ山付き外面144および摩擦リベットキャップ132のねじ山付き内面142は、摩擦リベットを摩擦リベットキャップに結合する時間を短縮する。摩擦リベット130のねじ山付き外面144および摩擦リベットキャップ132のねじ山付き内面142によって、摩擦リベットを摩擦リベットキャップにボルト留めして結合することができます。

10

#### 【0096】

図14は、摩擦リベットキャップを使用しない本発明の他の実施形態である。この実施形態において、切削チップ134は、摩擦リベット130内に部分的にのみ延在する窪みまたは穴を有するように変更している。窪み146は、切削チップ134内部分的にのみ貫入する、または摩擦リベット内により深く貫入することができます。

#### 【0097】

窪み146の目的は、切削チップ134が加工物136に貫通切削し、その後押し広げツール150を摩擦リベット130に対して押し付け、これにより摩擦リベットの端部を外方に拡開させて一体リベットヘッド148を作成する。押し広げツール150の形状は、説明目的のみであり、使用する実際の押し広げツールの形状またはサイズを限定するものと考えるべきではない。

20

#### 【0098】

図15は、押し広げツール150によって摩擦リベット130の頂部に作成した一体リベットヘッド148の説明図である。摩擦リベット130の長さは、一体リベットヘッド148を形成するのに十分となるよう選定する。押し広げツール150は、独立型ツールとする、または加工物136の側とは反対側の表面配置した拡開形状のものとすることができます。

#### 【0099】

押し広げツール150が摩擦リベット130と接触して一体リベットヘッド148を形成するとき、一体リベットヘッドは、加工物136に結合するものとする、または結合しないものとすることができます。

30

#### 【0100】

代替的実施形態において、摩擦リベットキャップ152は図16に示すように依然として使用する。図16において、摩擦リベットキャップ132を使用し、摩擦リベット130の拡開により摩擦リベットキャップを所定位置に保持する機械的干渉を引き起こす。図16の実施形態における1つの結果は、残留応力が摩擦リベット130に生ずることである。

#### 【0101】

図10～16は、加工物136に切り込むことができる摩擦リベット130における切削チップ136を示す。切削チップは、孔が予め切削されている場合、加工物136に貫通切削する必要がない。さらに、摩擦リベット130は、加工物に貫通する孔が予め切削されている場合、切削チップは不要とすることができます。しかし、摩擦リベットをキャップ付けするために選択した方法によっては、切削チップ134は依然として必要となり得る。

40

#### 【0102】

他の代替的実施形態において、複数の摩擦リベット130同士と一緒に連結して、図9に示したものに類似した多重セグメント化リベットを形成することができる。したがって、摩擦ビットリベットツールは、中心軸線に沿って配置した孔を有することができる。孔によって、多重セグメント化リベットを必要に応じて孔内に挿入および押し出すことができる。多重セグメント化リベットには、小さ目の直径ピン部分を有する複数の隙間がある

50

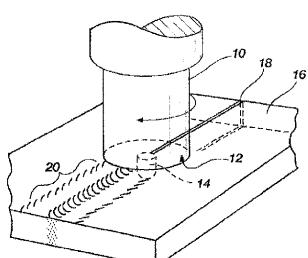
。プランジャー機構を使用して、多重セグメント化リベットを摩擦リベット接合ツールに通過させて作業端部から押し出す。多重セグメント化リベットの各セグメントが破断するとき、プランジャー機構は多重セグメント化リベットを孔内に押し下げ、この押し下げは、次の摩擦攪拌リベット付け処理のために十分な量だけリベットが露出するまで行うことができる。このようにして、複数のリベットは、多重セグメント化リベットを停止および再装填する必要なく、加工物内に挿入することができる。

## 【0103】

上述の構成は、本発明の原理の適用を説明するだけでのものであることを理解されたい。多くの変更および代替的構成は、本発明の精神および範囲を逸脱することなく当業者によって考案することができる。特許請求の範囲の請求項は、このような変更および構成をカバーすることを意図する。

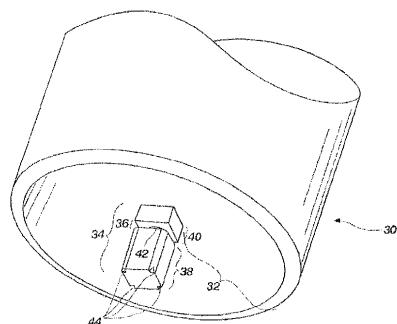
10

【図1】



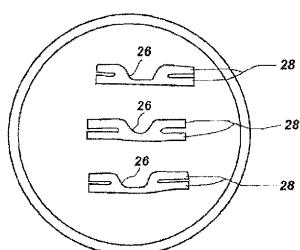
(従来技術)

【図3】



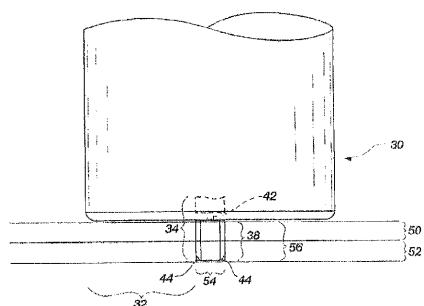
(従来技術)

【図2】



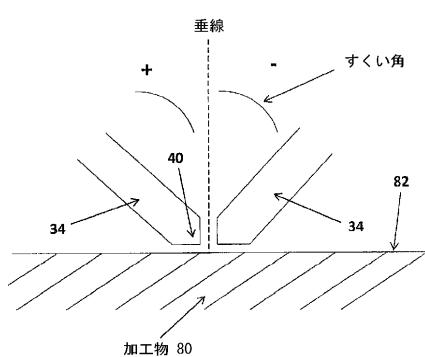
(従来技術)

【図4】

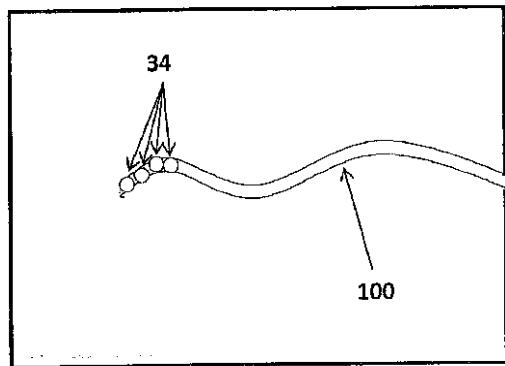


(従来技術)

【図5】



【図7】



【図6】

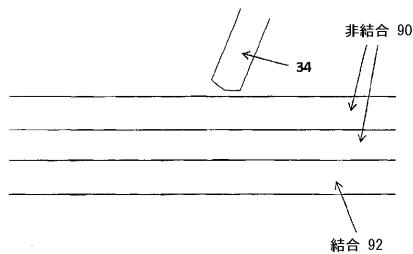
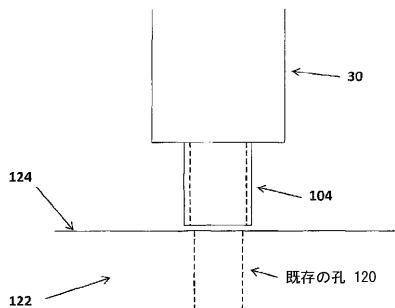


FIGURE 7

【図8】



【図9】

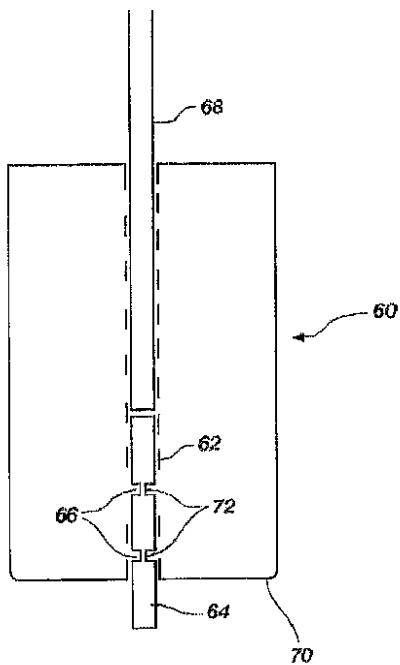
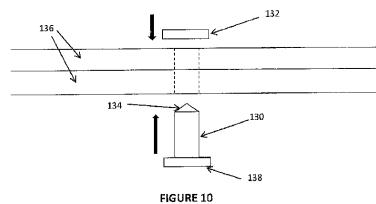
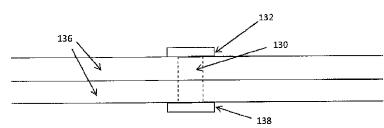


FIG. 9

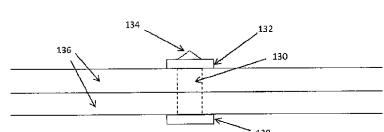
【図10】



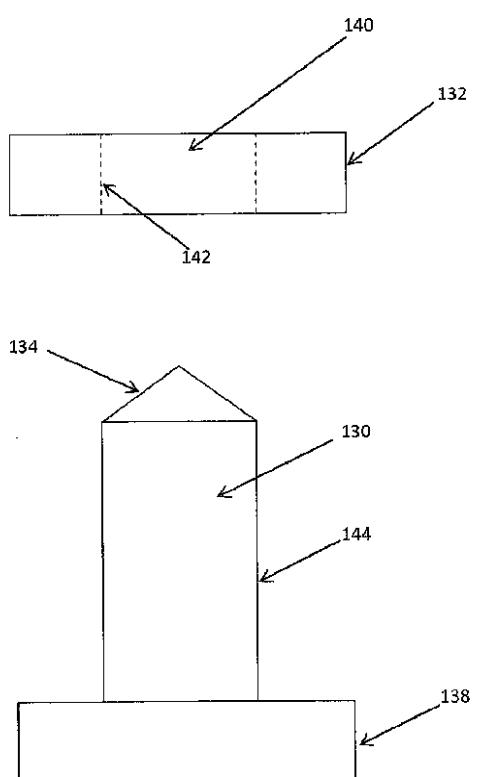
【図11】



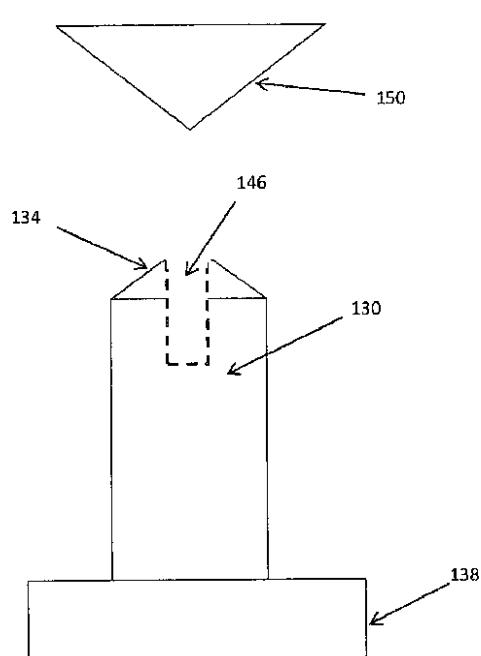
【図12】



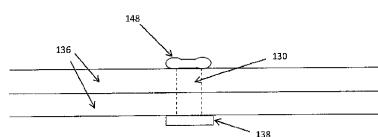
【図13】



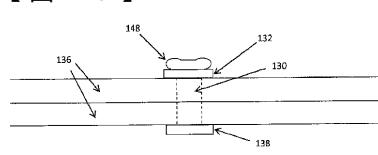
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100147485

弁理士 杉村 憲司

(74)代理人 100154003

弁理士 片岡 憲一郎

(74)代理人 100149249

弁理士 田中 達也

(72)発明者 マイケル ピー マイルス

アメリカ合衆国 ユタ州 84663 スプリングビル レッド パーン ロード 1763

(72)発明者 ロドニー デール フレック

アメリカ合衆国 テキサス州 76063 マンスフィールド ウォーター グローブ コート  
12

(72)発明者 ラッセル ジェイ スティール

アメリカ合衆国 ユタ州 84653 セーレム サウス 420 イースト 667

審査官 山下 浩平

(56)参考文献 特開昭52-111071(JP,A)

特公昭44-026541(JP,B1)

特開2007-301578(JP,A)

獨国特許出願公開第102011114306(DE,A1)

中国特許出願公開第101817142(CN,A)

特表2009-541057(JP,A)

特開2004-017092(JP,A)

特表2009-539621(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21J 15/00 - 15/50

B23K 20/12

B23K 37/06

F16B 5/04