

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4872080号  
(P4872080)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 3 K 20/12 (2006.01)

B 2 3 K 103/10 (2006.01)

B 2 3 K 20/12 3 4 4

B 2 3 K 20/12 3 6 4

B 2 3 K 103:10

請求項の数 11 (全 20 頁)

|           |                               |           |                      |
|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2006-143060 (P2006-143060)  | (73) 特許権者 | 000002277            |
| (22) 出願日  | 平成18年5月23日 (2006.5.23)        |           | 住友軽金属工業株式会社          |
| (65) 公開番号 | 特開2007-313520 (P2007-313520A) |           | 東京都港区新橋5丁目11番3号      |
| (43) 公開日  | 平成19年12月6日 (2007.12.6)        | (73) 特許権者 | 000184366            |
| 審査請求日     | 平成21年3月5日 (2009.3.5)          |           | OBARA GROUP株式会社      |
|           |                               |           | 神奈川県大和市中央林間三丁目2番10号  |
|           |                               | (73) 特許権者 | 000000974            |
|           |                               |           | 川崎重工業株式会社            |
|           |                               |           | 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 |
|           |                               | (74) 代理人  | 100078190            |
|           |                               |           | 弁理士 中島 三千雄           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100115174            |
|           |                               |           | 弁理士 中島 正博            |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌点接合用回転工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプローブと、該プローブの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材とを備え、且つ、該プローブと該ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、

前記ショルダ部材の内周面上又は前記プローブの外周面上の少なくとも何れか一方に、該ショルダ部材の内周面と該プローブの外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該ショルダ部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項2】

前記ショルダ部材の外周面に、同軸的に、円筒状の押圧部材が外挿され、該押圧部材の軸方向に作用せしめられる付勢力によって、該押圧部材の先端面が前記重合せ部の一方の側の面に押圧せしめられ得るようになっており、且つ、該押圧部材の内周面上又は前記ショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に、該押圧部材の内周面と該ショルダ部材の外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔

を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該押圧部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 3】

複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプローブと、該プローブの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材と、該ショルダ部材の外周面に同軸的に外挿され、軸方向に作用せしめられる付勢力によって、先端面が前記重合せ部の一方の側の面に押圧せしめられ得るようになっている円筒状の押圧部材とを備え、且つ、前記プローブと前記ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、

10

前記押圧部材の内周面上又は前記ショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に、該押圧部材の内周面と該ショルダ部材の外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該押圧部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 4】

前記ショルダ部材に、その筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 5】

20

前記ショルダ部材の内周面と前記プローブの外周面との間の隙間が、先端側において狭小間隙とされている一方、基部側においては該狭小間隙よりも大なる隙間となる拡大間隙とされており、更に、該ショルダ部材における該拡大間隙の形成部位に、該ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 6】

前記押圧部材の内周面と前記ショルダ部材の外周面との間の隙間が、先端側において狭小間隙とされている一方、基部側においては該狭小間隙よりも大なる隙間となる拡大間隙とされており、更に、該押圧部材における該拡大間隙の形成部位に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

30

【請求項 7】

前記ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が、該ショルダ部材の外周面側から内周面側に向かって、前記ショルダ面側に傾斜して形成されていることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 4 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 8】

前記押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が、該押圧部材の外周面側から内周面側に向かって、前記先端面側に傾斜して形成されていることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 9】

40

前記ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が、該ショルダ部材の外周面側から内周面側に向かって、中心軸に向かう方向とは異なる方向に延びていることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 4 乃至請求項 8 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 10】

前記押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が、該押圧部材の外周面側から内周面側に向かって、中心軸に向かう方向とは異なる方向に延びていることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 9 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 の何れか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具を備えた摩擦攪拌点接合装置。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、摩擦撹拌点接合用回転工具に係り、特に、プローブとショルダ部材とが別体に構成されて、それぞれ、軸回りに回転可能に且つ軸方向に別個に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦撹拌点接合用回転工具であって、円滑な摩擦撹拌点接合操作を繰り返し行ない得るものに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

10

従来から、自動車の製造工程においては、そのボデー部材や各種部品が、複数の金属板部材を重ね合わせて、それらをリベットや抵抗スポット溶接の如き点接合にて連結して、一体化することにより、製造されてきており、また、そのような点接合による金属板部材の連結形式は、鉄道車両を始めとする各種車両や、航空機等の輸送機分野において、また、家電製品、建材等の構造物等の分野においても、広く採用されている。

## 【0003】

一方、特許文献1等において、接合時の入熱が少なく、軟化や歪みの程度が少ない接手法として、摩擦熱を利用して、金属部材を接合せしめるようにした摩擦撹拌接合法が提案されるに至り、更に、そのような摩擦撹拌接合法を利用して、複数の金属板部材の重合せ部位を点接合せしめる技術が検討され、それによって、従来の抵抗スポット溶接やリベットによる接合よりも、継手品質が良く、良好な接合状態が安定して得られるとして、各種の摩擦撹拌点接合方法（Friction Stir Spot Welding）が、提案されている（特許文献2～5等参照）。

20

## 【0004】

それら各種の摩擦撹拌点接合方法の中の一つに、本願出願人の一人が提案した方法であって、プローブとショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造の回転工具を用いる方法がある（特許文献5参照）。即ち、そこにおいては、かかる構造（複動式構造）の回転工具を用い、接合されるべき金属板部材の重合せ部に対して、それぞれ、回転せしめられたプローブ及びショルダ部材の差し込み（突き出し）と当接によって、かかる重合せ部に摩擦撹拌領域を形成して、それら複数の金属板部材の接合を図った後、プローブを摩擦撹拌領域から引き抜きつつ、ショルダ部材を前進させて、摩擦撹拌領域の表面を押圧することによって、プローブ穴内に周囲の摩擦撹拌領域の材料を流れ込ませて、かかるプローブ穴を埋め、そして、プローブとショルダ部材のショルダ面とが面一となったところで、回転工具を重合せ部から離脱させるようにした方法が明らかにされている。かかる先に提案の方法は、従来の、ロッド形状の工具本体の先端に、ピン形状の硬質プローブを一体的に設けてなる構造のピン型工具（回転工具）を用いた方法（特許文献1～4等参照）における問題点、具体的には、点接合操作の終了後に、金属板部材の重合せ部位に形成される摩擦撹拌領域（撹拌部）からピン型工具を引き抜くと、そこに、かかるピン型工具の先端の差し込み部分に対応した形状の凹所（穴）が残り、これが、塗装時における液溜まりの問題を惹起したり、接合されるべき金属板部材の継手強度（結合強度）にも悪影響をもたらす等の問題点が、有利に解消されたものとなっており、また、接合されるべき金属板部材の板厚が種々変化しても、一つの回転工具にて対応することが出来るという特徴をも有している。

30

40

## 【0005】

しかしながら、上述したような複動式構造の回転工具を用いた摩擦撹拌点接合方法においては、用いる回転工具が複動式構造であるが故に、プローブとショルダ部材との間には、必然的にクリアランス（隙間）が存在することとなり、そのために、そのようなクリアランスに、摩擦撹拌領域（接合部）を構成する被接合金属部材の材料が入り込み、凝着する問題があり、そしてそれによって、プローブとショルダ部材との間における、互いに独立した作動（移動）が困難となったり、ひいては、摩擦撹拌点接合操作を繰り返して行う

50

ことが不可能となる問題があった。

【 0 0 0 6 】

このため、本願出願人等は、プローブとショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具の他の一種として、ショルダ部材の内周面とプローブの外周面との間の隙間が、先端側において狭小隙間とされている一方、基部側においては狭小隙間よりも大なる隙間となる拡大隙間とされており、更に、ショルダ部材における拡大隙間の形成部位に、筒壁を貫通する排出孔が形成され、狭小隙間を通じて入り込んだ被接合金属部材の材料カスが、この排出孔を通じて外部に排出され得るようにした摩擦攪拌点接合用回転工具と、そのような回転工具を用いた摩擦攪拌点接合方法として、複数の被接合金属部材の板状部の重合せ部に対して、摩擦攪拌点接合操作を実施した後、プローブとショルダ部材とを繰返し、軸方向に抜き差し移動させて、重合せ部の摩擦攪拌部から（ショルダ部材とプローブとの間の）隙間に流入して溜った或いは固着した被接合金属部材の材料カスの排出を促進せしめる手法を、提案している（特願 2 0 0 5 - 1 2 1 0 8 8 ）。

10

【 0 0 0 7 】

しかしながら、そのような先に提案の摩擦攪拌点接合用回転工具を用いて、摩擦攪拌点接合操作を繰返し、実施すると、その繰返し回数が比較的少ない場合には、ショルダ部材とプローブとの間の隙間から流入した被接合金属部材の材料カスが、ショルダ部材に設けられた排出孔から効果的に回転工具の外部に排出され、上述したような問題の発生が有利に抑制され得たものの、点接合操作の繰返し回数が多くなるに従って、材料カスが排出孔から外部へ排出し難くなり、結果として、先に提案の摩擦攪拌点接合方法の如く、点接合操作を実施した後、プローブ及びショルダ部材を、繰返し、軸方向に相対的に抜き差し移動させて、それら部材の間の隙間に流入した材料カスを排出せざるを得なかったものであり、その点において、未だ改良の余地が残されていたのである。

20

【 0 0 0 8 】

なお、本発明に関連する先行技術文献としては、以下のものがある。

【特許文献 1】特許第 2 7 1 2 8 3 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 3 2 1 9 6 7 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 1 - 3 1 4 9 8 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 2 - 1 2 0 0 7 7 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 1 - 2 5 9 8 6 3 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その解決すべき課題とするところは、プローブとショルダ部材との間の隙間等に入り込む金属材料を摩擦攪拌点接合操作中に効果的に外部に排出して、かかる金属材料の凝着によって惹起される問題を有利に緩和乃至は回避し、以て、円滑な摩擦攪拌点接合操作を繰返し行ない得るようにした摩擦攪拌点接合用回転工具を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

40

【 0 0 1 0 】

そして、本発明にあっては、上記した課題を解決するために、複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプローブと、該プローブの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材とを備え、且つ、該プローブと該ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、前記ショルダ部材の内周面上又は前記プローブの外周面上の少なくとも何れか一方に、該ショルダ部材の内周面と該プローブの外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該

50

排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該ショルダ部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具を、その要旨とするものである。

【 0 0 1 1 】

また、本発明は、複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプロープと、該プロープの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材と、該ショルダ部材の外周面に同軸的に外挿され、軸方向に作用せしめられる付勢力によって、先端面が前記重合せ部の一方の側の面に押圧せしめられ得ようになっている円筒状の押圧部材とを備え、且つ、前記プロープと前記ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、前記押圧部材の内周面上又は前記ショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に、該押圧部材の内周面と該ショルダ部材の外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該押圧部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具をも、その要旨とするものである。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

従って、このような本発明に係る摩擦攪拌点接合用回転工具にあっては、プロープとショルダ部材とが複動式構造とされており、それらプロープとショルダ部材との間の隙間に、被接合金属部材の板状部を重ね合わせてなる重合せ部に形成される摩擦攪拌部（接合部）から塑性流動化された金属材料（材料カス）が流入してきても、かかる材料カスは、ショルダ部材の内周面上又はプロープの外周面上の少なくとも何れか一方に設けられた突起物によって、摩擦攪拌点接合操作中に有利に分断され、また、分断されて粉状片となった材料カスは、ショルダ部材に形成された排出孔を通じて、ショルダ部材の外部へ有利に排出され得るところから、それらプロープとショルダ部材との間の隙間に金属材料が蓄積して、凝着し、固着することによって惹起されるトラブルは、効果的に抑制乃至は阻止され得ようになるのである。

20

【 0 0 1 3 】

また、そのような材料カスを分断するための突起物、及び分断された材料カスを排出するための排出孔を備えたことによる作用・効果は、ショルダ部材の外側に円筒状の押圧部材が外挿される複動式構造の摩擦攪拌点接合用回転工具において、材料カスを分断するための突起物が、押圧部材の内周面上又はショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に設けられると共に、分断された材料カスを排出するための排出孔が、押圧部材の筒壁を貫通するように形成された場合においても、同様に奏され得るところである。即ち、押圧部材とショルダ部材との間の隙間から流入してきた塑性流動化された金属材料（材料カス）は、摩擦攪拌点接合操作中において、上記突起物によって効果的に分断され得ると共に、分断された材料カスは、押圧部材に形成された排出孔を通じて外部へ有利に排出され得ることとなり、以て、押圧部材及びショルダ部材間における金属材料の凝着によって惹起されるトラブルも、効果的に緩和乃至は回避され得るのである。

30

40

【発明の態様】

【 0 0 1 4 】

ところで、本発明は、前記した課題又は明細書全体の記載や図面から把握される課題を解決するために、以下に列举せる如き各種の態様において、好適に実施され得るものであり、また、以下に記載の各態様は、任意の組み合わせにおいても、採用可能である。なお、本発明の態様乃至は技術的特徴は、以下に記載のものに何等限定されることなく、明細書全体の記載並びに図面に開示の発明思想に基づいて認識され得るものであることが、理解されるべきである。

【 0 0 1 5 】

50

( 1 ) 複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプローブと、該プローブの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材とを備え、且つ、該プローブと該ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、前記ショルダ部材の内周面上又は前記プローブの外周面上の少なくとも何れか一方に、該ショルダ部材の内周面と該プローブの外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該ショルダ部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具。

10

【 0 0 1 6 】

( 2 ) 前記ショルダ部材の外周面に、同軸的に、円筒状の押圧部材が外挿され、該押圧部材の軸方向に作用せしめられる付勢力によって、該押圧部材の先端面が前記重合せ部の一方の側の面に押圧せしめられ得るようになっており、且つ、該押圧部材の内周面上又は前記ショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に、該押圧部材の内周面と該ショルダ部材の外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該押圧部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする上記態様 ( 1 ) に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

20

このように、プローブ、ショルダ部材並びに押圧部材から構成される複動式構造の摩擦攪拌点接合用回転工具において、ショルダ部材の内周面上又はプローブの外周面上の少なくとも何れか一方のみならず、押圧部材の内周面上又はショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方においても、部材間の隙間に入り込んだ接合金属部材の材料カスを分断するための突起物を設け、更に、ショルダ部材及び押圧部材に、各々の筒壁を貫通する排出孔を形成せしめることによって、各部材間 ( プローブ - ショルダ部材間、及びショルダ部材 - 押圧部材間 ) における金属材料の固着によるトラブルの発生をより有利に回避することが出来る。

【 0 0 1 7 】

( 3 ) 複数の被接合金属部材の各板状部を重ね合わせ、その重合せ部の一方の側から回転せしめられつつ差し込まれるロッド状のプローブと、該プローブの周りに外嵌されて同軸的に位置し、該一方の側の面に回転状態下に当接せしめられるショルダ面を有する円筒状のショルダ部材と、該ショルダ部材の外周面に同軸的に外挿され、軸方向に作用せしめられる付勢力によって、先端面が前記重合せ部の一方の側の面に押圧せしめられ得るようになっている円筒状の押圧部材とを備え、且つ、前記プローブと前記ショルダ部材とが別体に構成されて、別個に軸方向に移動可能とされた複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にして、前記押圧部材の内周面上又は前記ショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に、該押圧部材の内周面と該ショルダ部材の外周面との間の隙間から入り込んだ前記被接合金属部材の材料カスを分断するための突起物が設けられていると共に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成され、該排出孔を通じて、前記突起物にて分断された材料カスが該押圧部材の外部へ排出され得るようにしたことを特徴とする摩擦攪拌点接合用回転工具。

30

40

【 0 0 1 8 】

( 4 ) 前記ショルダ部材に、その筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする上記態様 ( 3 ) に記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

このような態様は、プローブとショルダ部材との間への金属材料の流入が比較的少ない場合に有利に採用され得る。

【 0 0 1 9 】

( 5 ) 前記ショルダ部材の内周面と前記プローブの外周面との間の隙間が、先端側において狭小間隙とされている一方、基部側においては該狭小間隙よりも大なる隙間となる拡

50

大間隙とされており、更に、該ショルダ部材における該拡大間隙の形成部位に、該ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする上記態様（１）乃至（４）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

この態様のように、ショルダ部材の内周面とプローブの外周面との間の隙間において、狭小間隙と拡大間隙とを組み合わせた構成が採用されていると共に、ショルダ部材における拡大間隙の形成部位に排出孔が設けられていることによって、ショルダ部材の内周面とプローブの外周面との間の隙間への、摩擦攪拌部（接合部）の塑性流動化された金属材料の流入が、効果的に抑制せしめられつつ、一旦、金属材料が流入しても、狭小間隙の奥（基部側）に位置する拡大間隙の存在により、かかる流入した金属材料は、拡大間隙に有利に導かれ、そこにおいて、ショルダ部材の内周面上又はプローブの外周面上の少なくとも何れか一方に設けられた突起物によって効果的に分断されて、微細な材料カスとされた後、ショルダ部材に設けられた排出孔を通じて外部へ排出され得ることとなることから、ショルダ部材とプローブとの間の隙間における金属材料の蓄積が、より有利に抑制乃至は阻止され得る。

10

【００２０】

（６） 前記押圧部材の内周面と前記ショルダ部材の外周面との間の隙間が、先端側において狭小間隙とされている一方、基部側においては該狭小間隙よりも大なる隙間となる拡大間隙とされており、更に、該押圧部材における該拡大間隙の形成部位に、該押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が形成されていることを特徴とする上記態様（２）乃至（５）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

20

この態様においても、前記した態様（５）と同様に、摩擦攪拌部の塑性流動化された金属材料が、押圧部材の内周面とショルダ部材の外周面との間の隙間へ流入することを効果的に抑制しつつ、かかる隙間へ金属材料が流入しても、押圧部材の内周面上又はショルダ部材の外周面上の少なくとも何れか一方に設けられた突起物によって、金属材料は効果的に微細な粉状片の材料カスとされ、かかる材料カスは、押圧部材に設けられた排出孔を通じて外部へ排出され得るのであり、以て、押圧部材とショルダ部材との間の隙間における金属材料の蓄積が、より有利に抑制乃至は阻止され得る。

【００２１】

（７） 前記ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が、該ショルダ部材の外周面側から内周面側に向かって、前記ショルダ面側に傾斜して形成されていることを特徴とする上記態様（１）、（２）、（４）乃至（６）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

30

【００２２】

（８） 前記押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が、該押圧部材の外周面側から内周面側に向かって、前記先端面側に傾斜して形成されていることを特徴とする上記態様（２）乃至（７）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【００２３】

かかる（７）及び（８）の態様のように、微細な材料カスを外部へ排出するための排出孔を、ショルダ部材（押圧部材）の外周面側から内周面側に向かって、ショルダ面側（先端面側）に傾斜して形成することによって、材料カスがより効果的に外部へ排出せしめられ得る。

40

【００２４】

（９） 前記ショルダ部材の筒壁を貫通する排出孔が、該ショルダ部材の外周面側から内周面側に向かって、中心軸に向かう方向とは異なる方向に延びていることを特徴とする上記態様（１）、（２）、（４）乃至（８）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【００２５】

（１０） 前記押圧部材の筒壁を貫通する排出孔が、該押圧部材の外周面側から内周面側に向かって、中心軸に向かう方向とは異なる方向に延びていることを特徴とする上記態様（２）乃至（９）の何れか１つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具。

【００２６】

50

それら(9)及び(10)の態様のように、微細な材料カスを外部へ排出するための排出孔を、ショルダ部材(押圧部材)の外周面側から内周面側に向かって、中心軸に向かう方向とは異なる方向に向かって延びるように形成することによって、材料カスがより効果的に外部へ排出せしめられ得る。

【0027】

(11) 上記態様(1)乃至(10)の何れか1つに記載の摩擦攪拌点接合用回転工具を備えた摩擦攪拌点接合装置。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明を更に具体的に明らかにするために、本発明の実施の形態について、図面を適宜に参照しつつ、詳細に説明することとする。なお、以下の各図面においては、本発明における特徴的部分の理解を容易にすべく、各部材間(プローブ12 - ショルダ部材14間、ショルダ部材14 - 押圧部材16間)の隙間や各部材(プローブ12、ショルダ部材14)に設けられた突起物等は、誇張して示されている。

【0029】

先ず、図1には、本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具の一例が、概略的に示されており、また、図2には、図1に示される摩擦攪拌点接合用回転工具の先端部が拡大して示されている。それらの図において、摩擦攪拌点接合用回転工具(以下、適宜、回転工具という)10は、ロッド状のプローブ12及び円筒状のショルダ部材14と、基部側(図において上側)に取付け用のフランジ部を有する円筒状の押圧部材16とが、プローブ12を中心にして、その外側にショルダ部材14を外挿し、更にショルダ部材14の外側に、押圧部材16を外挿せしめてなる形態において、同軸的に配置されてなる構造において、構成されている。

【0030】

具体的には、プローブ12は、図において下側となる、細長の細径(一般には3~7mm程度)を有する丸棒状のプローブ先端部12aと、このプローブ先端部12aよりも大径の、基部側の丸棒状のプローブ基部12bとを一体形成してなる構造を有しており、回転工具10の中心に位置するように配置されている。なお、このプローブ12は、従来と同様に、プローブ基部12b側に連結される回転駆動装置(図示せず)によって、その軸回りに高速回転せしめられ得るようになっており、軸方向に往復運動(突き出し運動+引き込み作動)が可能とされている。

【0031】

また、ショルダ部材14にあっても、それは、プローブ先端部12aよりもやや短い長さにおいて軸方向に延びる、小径薄肉円筒形状のショルダ先端部14a(外径:8~12mm程度)と、そのようなショルダ先端部14aよりも大径厚肉円筒形状の、基部側に位置するショルダ基部14bとから、一体的に形成されて、プローブ12に外挿せしめられている。なお、このショルダ部材14も、プローブ12と同様に、図示しない回転駆動装置によって、プローブ12と同期して、或いはプローブ12とは別個に、軸回りに高速回転せしめられ得るようになっており、軸方向に往復運動(突き出し運動+引き込み作動)が可能とされている。また、そのようなショルダ先端部14aにおける被接合金属部材に当接乃至は押圧される先端面が、ショルダ面14cとされている。そして、かかるショルダ部材14のショルダ先端部14aの、少なくとも被接合金属部材に接する部分は、先のプローブ12におけるプローブ先端部12aの、少なくとも被接合金属部材に接する部分と共に、そのような被接合金属部材(重合せ部)の材質よりも硬い材質の材料にて形成されており、例えば、被接合金属部材がアルミ材の場合にあっては、鋼材にて形成されることとなる。

【0032】

さらに、押圧部材16は、バリ押え機能を有するものであって、ショルダ部材14のショルダ先端部14aの長さよりもやや短い長さにおいて軸方向に延びる小径薄肉円筒形状の押圧先端部16a(外径:12~20mm程度)と、基部側に位置する大径厚肉フラン

ジ状の押圧基部 16 b とから一体形成されている。このような押圧部材 16 にあっては、位置固定に設けられた保持部材 18 に対して、周方向の複数箇所位置せしめられたステータ 20 によって、軸方向に規制された範囲内において、移動可能に取り付けられているのであり、また、ステータ 20 にて挿通された状態において、圧縮コイルスプリング 22 が押圧部材 16 と保持部材 18 との間に配置されていることから、押圧部材 16 が図 1 に示される状態から軸方向上方に移動せしめられた際に、下方への付勢力が生ぜしめられ得るようになっている。なお、この押圧部材 16 は、先のプローブ 12 やショルダ部材 14 とは異なり、後述する摩擦攪拌点接合操作中において、回転させられることはなく、静止状態を保持し得るようになっている。

【0033】

10

そして、図 1 に示される如く、押圧部材 16 の内孔内にショルダ部材 14 が挿入配置され、更にショルダ部材 14 の内孔内にプローブ 12 が挿入配置されることによって、それら 3 つの部材 (12、14、16) が、同軸的に配設せしめられているのである。

【0034】

ところで、一般に、上述の如き複動式構造を呈する摩擦攪拌点接合用回転工具にあっては、プローブやショルダ部材の軸方向への移動や軸回りの回転を許容するために、プローブとショルダ部材との間、及び、ショルダ部材と押圧部材との間には、必然的に僅かなクリアランス (隙間) が形成されることとなるが、本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具 10 においては、以下の如き隙間構造が採用されている。

【0035】

20

すなわち、図 2 に拡大して示されているように、回転工具 10 の先端部に位置する、プローブ 12 のプローブ先端部 12 a の外周面と、ショルダ部材 14 のショルダ先端部 14 a の内周面との間の隙間が、先端側において狭小隙間 24 a とされる一方、基部側においては、狭小隙間 24 a よりも大なる隙間となる拡大隙間 24 b とされている。また、ショルダ部材 14 のショルダ先端部 14 a の外周面と、押圧部材 16 の押圧先端部 16 a の内周面との間の隙間においても、その先端側が狭小隙間 26 a とされている一方、基部側においては、そのような狭小隙間 26 a よりも大なる隙間となる拡大隙間 26 b とされている。なお、かかるクリアランスの大きな隙間となる 2 つの拡大隙間 24 b 及び 26 b は、ここでは、ショルダ部材 14 のショルダ先端部 14 a の内周面及び押圧部材 16 の押圧先端部 16 a の内周面が、それぞれ、先端側よりも基部側において大径となる段付き面として、形成されていることによって、プローブ 12 のプローブ先端部 12 a の外周面との間において、また、ショルダ部材 14 のショルダ先端部 14 a の外周面との間において、それぞれ形成されている。

30

【0036】

このような所定の隙間構造を先端部に有する回転工具 10 においては、狭小隙間 24 a、26 a によって、被接合金属部材に形成される摩擦攪拌部の材料が、プローブ先端部 12 a とショルダ先端部 14 a との間の隙間や、ショルダ先端部 14 a と押圧先端部 16 a との間の隙間に入り込むことを阻止しつつ、それら狭小隙間 24 a、26 b を通じて材料が入り込んできても、基部側に位置する大きなクリアランスの拡大隙間 24 b、26 b 内にそれぞれ導かれ、そしてそこにおいて、後述する突起物によって、流入してきた材料は摩擦攪拌点接合操作中に効果的に分断され、排出孔を通じて外部へ排出せしめられるのであって、そのため、入り込んだ材料にて、プローブ先端部 12 a の外周面とショルダ先端部 14 a の内周面、及び、ショルダ先端部 14 a の外周面と押圧先端部 16 a の外周面とが、全周面に亘って固着せしめられることが効果的に回避乃至は抑制され得ることとなる。これにより、摩擦攪拌点接合操作を繰り返し実施しても、プローブ 12 やショルダ部材 14 のスムーズな回転作動や往復移動が確保されることとなるのである。また、それぞれの狭小隙間 24 a、26 a において、固着が生じた場合にあっては、それら狭小隙間 24 a、26 a の軸方向長さを適宜に選定することにより、固着領域を制御し得るところから、大きな力を要することなく、プローブ 12 やショルダ部材 14 を、摩擦攪拌点接合操作中において、回転せしめていることにより、また、プローブ 12 とショルダ部材 14 の

40

50

回転速度を相互に異ならしめることにより、かかる狭小間隙 24 a、26 a における固着を回避することが可能となるのである。

【0037】

なお、かかる狭小間隙 24 a、26 a は、そのクリアランスの大きさに応じて、流入してきた材料の固着に起因するトラブルの発生が回避され得るような軸方向長さにおいて、設けられることとなるが、その軸方向長さ：x、y としては、一般に、0.1 ~ 5 mm、好ましくは 1 ~ 4 mm 程度とされることとなる。この軸方向長さ：x、y が余りにも短くなると、その形成が困難となるからであり、また、長くなり過ぎた場合にあっては、それら狭小間隙 24 a、26 a 内に入り込んだ材料による部材間の固着が惹起されて、作動不良を生じる恐れが高くなるからである。なお、図 2 において、シオルダ先端部 14 a の外周面と押圧先端部 16 a の内周面との間の狭小間隙 26 a の軸方向長さ：y が、押圧先端部 16 a の先端の小径部分の軸方向長さとして規定されているが、これは、摩擦攪拌点接合操作時においては、押圧先端部 16 a の先端面とシオルダ先端部 14 a の先端面たるシオルダ面 14 c とが、面一となるからである。

【0038】

また、それら狭小間隙 24 a、26 a のクリアランスの大きさとしては、摩擦攪拌部において塑性流動する材料の入り込みが抑制され得るように、可及的に小さな隙間とされることが望ましく、一般に、0.05 ~ 0.5 mm 程度、好ましくは 0.1 ~ 0.4 mm 程度の大きさの隙間とされていることが望ましい。それら狭小間隙 24 a、26 a のクリアランスを大きくすると、そこに入り込む材料の量が多くなって、固着等のトラブルを惹起し易くなるからである。

【0039】

さらに、拡大間隙 24 b、26 b は、それぞれ、狭小間隙 24 a、26 a よりも回転工具 10 の基部側において、それら狭小間隙 24 a、26 a のクリアランスよりも大きな隙間を与えるように設けられており、これによって、狭小間隙 24 a、26 a から入り込む材料を収容し、更に、後述するように、そこに設けられた突起物によって流入してきた材料を効果的に分断せしめるようになっているのであるが、これらの機能を有利に実現せしめる上において、そのクリアランスの大きさとして、有利には、0.5 mm 以上、好ましくは 1 mm 以上の大きさとされることとなる。なお、図 1 及び図 2 から明らかな如く、狭小間隙 24 a、26 a から拡大間隙 24 b、26 b に至る面、即ち、シオルダ先端部 14 a の内周面及び押圧先端部 16 a の内周面における小径部位から大径部位に移行する面は、傾斜面とされており、狭小間隙 24 a、26 a 内に入り込んだ材料が、拡大間隙 24 b、26 b 内にスムーズに導かれ得るようになっているのであり、更に図 1 に示される如く、シオルダ先端部 14 a からシオルダ基部 14 b に続くテーパ内周面と、押圧先端部 16 a から押圧基部 16 b に続く段付き面によって、それぞれ、拡大間隙 24 b、26 b が、回転工具 10 の基部側へ大径の間隙として、延長せしめられている。

【0040】

そして、本発明に従う回転工具 10 にあっては、上述の如き隙間構造と共に、図 2 乃至図 4 に拡大して示されているように、各部材の先端部において、以下の構造を有しているのである。即ち、まず、プローブ先端部 12 a においては、その外周面上の先端面から軸方向に所定距離離れた部位に、外方（シオルダ部材 14 側）に向かって突出する 4 つの第一突起物 28 a ~ 28 d が設けられており [図 2 及び図 3 参照]、かかる第一突起物 28 a ~ 28 d に対応するように、シオルダ先端部 14 a においては、その内周面上の、プローブ先端部 12 a に設けられた第一突起物 28 a ~ 28 d よりやや上側（シオルダ基部 14 b 側）に、第一排出孔 30 a ~ 30 d が設けられている [図 2 及び図 3 参照]。また、シオルダ先端部 14 a においては、その外周面上のシオルダ面 14 c から軸方向に所定距離離れた部位と、かかる部位より更に上側（基部側）に所定距離離れた部位に、それぞれ外方（押圧部材 16 側）に向かって突出する突起物（下側第二突起物 32 a ~ 32 d、上側第二突起物 34 a ~ 34 d）が設けられており、また、押圧先端部 16 a においては、シオルダ先端部 14 a に設けられた各突起物（32 a ~ 32 d、34 a ~ 34 d）に対応

する排出孔（下側第二排出孔 3 6 a ~ 3 6 d、上側第二排出孔 3 8 a ~ 3 8 d）が、押圧先端部 1 6 a の内周面上に形成された各突起物（3 2 a ~ 3 2 d、3 4 a ~ 3 4 d）に対応して設けられているのである〔図 2 及び図 4 参照〕。なお、上側第二突起物 3 4 a ~ 3 4 d は、下側第二突起物 3 2 a ~ 3 2 d と同様の横断面形状を有するものであることから、かかる上側第二突起物 3 4 a ~ 3 4 d についての横断面説明図は省略している。

#### 【 0 0 4 1 】

より具体的には、プローブ先端部 1 2 a の第一突起物 2 8 a ~ 2 8 d、及び、シオルダ先端部 1 4 a の下側第二突起物 3 2 a ~ 3 2 d 並びに上側第二突起物 3 4 a ~ 3 4 d は、何れも、プローブ先端部 1 2 a 又はシオルダ先端部 1 4 a の外周面上に、周方向に等間隔をもって形成されていると共に、それら各突起物における上側（基部側）の側面は水平面とされている一方、下側（先端面側、シオルダ面 1 4 c 側）の側面は、プローブ先端部 1 2 a 又はシオルダ先端部 1 4 a から外方（シオルダ先端部 1 4 a 側又は押圧先端部 1 6 a 側）に向かって上傾する傾斜面とされている。また、それら各突起物における外側（シオルダ先端部 1 4 a 側又は押圧先端部 1 6 a 側）の側面と、シオルダ先端部 1 4 a 又は押圧先端部 1 6 a の内周面との間には、上述した狭小間隙 2 4 a、2 6 a と同程度の隙間（クリアランス）が形成せしめられている。

#### 【 0 0 4 2 】

また、かかる突起物（2 8 a ~ 2 8 d、3 2 a ~ 3 2 d、3 4 a ~ 3 4 d）の各々に対応する、シオルダ先端部 1 4 a の筒壁を貫通する第一排出孔 3 0 a ~ 3 0 d、及び、押圧先端部 1 6 a の筒壁を貫通する下側第二排出孔 3 6 a ~ 3 6 d 並びに上側第二排出孔 3 8 a ~ 3 8 d は、何れも真円状の円形孔であって、上述した突起物と同様に、シオルダ先端部 1 4 a 又は押圧先端部 1 6 a の周方向に等間隔をもって形成されているのである。

#### 【 0 0 4 3 】

そして、このような摩擦攪拌点接合用回転工具 1 0 においては、被接合金属部材に形成される摩擦攪拌部の金属材料が、摩擦攪拌点接合操作中に、プローブ先端部 1 2 a とシオルダ先端部 1 4 a との間の隙間や、シオルダ先端部 1 4 a と押圧先端部 1 6 a との間の隙間に入り込んで、プローブ先端部 1 2 a とシオルダ先端部 1 4 a との間の隙間に入り込んだ材料については、プローブ先端部 1 2 a と同様に回転する第一突起物 2 8 a ~ 2 8 d によって、また、シオルダ先端部 1 4 a と押圧先端部 1 6 a との間の隙間に入り込んだ材料については、シオルダ先端部 1 4 a と同様に回転する下側第二突起物 3 2 a ~ 3 2 d 及び上側第二突起物 3 4 a ~ 3 4 d によって、それぞれ効果的に分断されるのであり、かかる分断によって小さな粉状片となった金属材料は、シオルダ先端部 1 4 a 又は押圧先端部 1 6 a に設けられた各排出孔（3 0 a ~ 3 0 d、3 6 a ~ 3 6 d、3 8 a ~ 3 8 d）を通じて回転工具 1 0 の外部へ排出される。これにより、プローブ先端部 1 2 a の外周面とシオルダ先端部 1 4 a の内周面とが、入り込んだ金属材料にて固着せしめられることはなく、また同様に、シオルダ先端部 1 4 a の外周面と押圧先端部 1 6 a の内周面との間における固着も効果的に回避乃至は抑制され得ることとなり、以て、プローブ 1 2 やシオルダ部材 1 4 の回転作動や往復運動が有利に確保され、長時間に亘る摩擦攪拌点接合操作の実施が可能ならしめられることとなるのである。

#### 【 0 0 4 4 】

ここで、本発明に従う突起物について、その配設個数や配設位置等は、摩擦攪拌点接合操作における各種条件、点接合が実施される被接合金属部材の種類、厚さ等に応じて、適宜に決定される。即ち、各部材間の隙間に流入する金属材料を効果的に分断し得るように、1 つの突起物が、プローブ 1 2（プローブ先端部 1 2 a）及び / 又はシオルダ部材 1 4（シオルダ先端部 1 4 a）の各々の外周面上の所定の位置に、或いは、複数の突起物が、それら部材の外周面上に、周方向及び / 又は軸方向に任意の距離を隔てて、設けられることとなる。

#### 【 0 0 4 5 】

また、本発明の排出孔にあっても、上述の突起物と同様に、摩擦攪拌点接合操作における各種条件等を考慮し、更に、突起物によって分断された材料カスが有利に外部へ排出し

得るように、その配設個数や配設位置が決定されるのであり、1つの排出孔が、ショルダ部材14（ショルダ先端部14a）及び/又は押圧部材16（押圧先端部16a）の所定の位置に、或いは、複数の排出孔が、それら部材の周方向及び/又は軸方向に任意の距離を隔てた位置に、設けられることとなる。なお、そのような排出孔は、突起物によって分断された材料カスを外部に有利に排出せしめ得る形状を呈するものであればよく、例えば、真円状の孔や、各部材の軸方向に延びる長円状（平行な2直線の対応する端部同士を半円の線分にて接続した形状）の孔等が採用される。具体的には、1～5mm程度の直径を有する真円状の孔や、軸方向の長さが2～30mm程度で、幅が1～5mm程度の長円状の孔が、ショルダ先端部14a及び/又は押圧先端部16aに設けられる。

【0046】

そのような本発明の突起物及び排出孔に関して、例えば、図1乃至図4に示されている如き、その先端部において、狭小間隙24a、26aと拡大間隙24b、26bとからなる隙間構造が採用されている回転工具10にあっては、突起物及び排出孔は、各々の部材の拡大間隙形成部位に設けられる。より具体的には、（1）プローブ先端部12aの第一突起物28a～28dは、先端面から9～15mm程度（先端面から突起物の上下方向における幅の中心までの距離。以下の突起物についても同じ。）離れた位置に設けられ、また、（2）ショルダ先端部14aにおいて、（2-1）第一排出孔30a～30dは、その中心（内周面側の開孔部における上下方向の中心。以下の排出孔についても同じ。）がショルダ面14cから10～16mm程度（ショルダ面（先端面）から、内周面側の開孔部における上下方向の中心までの距離。以下の排出孔についても同じ。）離れた位置に、（2-2）下側第二突起物32a～32dはショルダ面14cから5～9mm程度離れた位置に、（2-3）上側第二突起物34a～34dは、下側第二突起物32a～32dの中心から軸方向に8～12mm程度離れた位置に、各々、設けられ、更に、（3）押圧先端部16aにおいて、（3-1）下側第二排出孔36a～36dは先端面から6～10mm程度離れた位置に、（3-2）上側第二排出孔38a～38dは、下側第二排出孔36a～36dの中心から軸方向に8～12mm程度離れた位置に、それぞれ設けられる。

【0047】

ところで、このような本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具10を用いて、複数の被接合金属部材の板状部の重合せ部に対する摩擦攪拌点接合操作を実施する場合には、例えば、図5及び図6に示される如き工程に従って、実施されることとなる。

【0048】

因みに、図5及び図6において、裏当て治具40の上には、摩擦攪拌点接合せしめられる被接合金属部材の板状部を構成する2枚の金属板42、44が、上下方向に重ね合わせられた状態で載置され、そして、従来と同様にして、位置固定にクランプされている。なお、それら2枚の金属板42、44は、何れも、摩擦攪拌接合が可能な金属材質のものであって、例えば、アルミニウムやアルミニウム合金、銅、銅合金、鉄若しくはその合金等からなるものであり、また、それら金属板42、44には、同一材質のものや、異なる材質のものが適宜に選択されることとなる。

【0049】

そして、摩擦攪拌点接合操作のスタート時点においては、図5（a）に示されている如く、金属板42、44の重合せ部の上方に、回転工具10の先端部を位置せしめた状態において、プローブ12（プローブ先端部12a）とショルダ部材14（ショルダ先端部14a）を共に高速回転せしめ、その状態で、回転工具10の先端部を下降させる。次いで、押圧部材16（押圧先端部16a）が、その先端面において、上側の金属板42に当接された後、更に、押圧されると、押圧部材16は、圧縮コイルスプリング22〔図1参照〕の付勢力に抗して、後退（上昇）し、プローブ12及びショルダ部材14の先端面と面一となって〔図5（b）参照〕、その高速回転せしめられるプローブ12及びショルダ部材14の先端面が重合せ部に接触乃至は押し付けられることにより、金属板42の側より摩擦発熱せしめられる。更に、その摩擦発熱により、金属板42が軟化せしめられた状態において、図5（c）に示される如く、プローブ12が差し込まれ、そして、このプロー

ブ１２による摩擦発熱作用が加わって、２枚の金属板４２、４４に跨る摩擦攪拌部４６が形成される一方、ショルダ部材１４が後退せしめられて、プローブ１２の差し込み（突出）により余剰となった摩擦攪拌部４６の材料が、かかるショルダ部材１４の後退によって形成される空間にて吸収されるようになっている。このように、ショルダ部材１４の外側に押圧部材１６を配して、摩擦攪拌部４６の外周部となる金属板４２の表面を押圧しつつ、材料の吸収をショルダ部材１４の後退によって行なうことにより、バリの発生がより一層効果的に行なわれ得るようになっているのである。

#### 【００５０】

次いで、図５（ｃ）の状態から、プローブ１２を後退せしめると、図６（ａ）に示される如く、プローブ１２の抜けた穴、所謂プローブ穴４８が、そのまま摩擦攪拌部４６に残るようになるところから、かかるプローブ１２の後退と同時に、或いは後退の後に、ショルダ部材１４を前進（下降）させて、ショルダ部材１４の先端面たるショルダ面１４ｃにて摩擦攪拌部４６の上面を押圧して、プローブ穴４８内に周囲の摩擦攪拌部４６の材料を流れ込ませて、図６（ｂ）に示される如く、プローブ穴４８を埋め、それを消滅させた後、図６（ｃ）の如く、回転工具１０が上方に後退せしめられることにより、重ね合わせられた２枚の金属板４２、４４が、プローブ穴４８の存在しない摩擦攪拌部４６にて与えられる接合部により、有効な継手強度をもって、強固に接合せしめられたものとなるのである。

#### 【００５１】

そして、このような摩擦攪拌点接合方法において、本発明の回転工具１０を用いると、プローブ１２（プローブ先端部１２ａ）及びショルダ部材１４（ショルダ先端部１４ａ）の先端面が金属板４２に接触してから離れるまでの間〔図５（ｂ）～図６（ｂ）参照〕に、金属板４２、４４に跨って形成される摩擦攪拌部３６の材料の一部が、プローブ先端部１２ａの内周面とショルダ先端部１４ａの外周面との間の隙間に入り込んでも、回転しているプローブ先端部１２ａ上に設けられた第一突起物２８ａ～２８ｄによって効果的に分断され、これによって粉状片とされた材料カスは、ショルダ先端部１４ａの筒壁を貫通する第一排出孔３０ａ～３０ｄ、及び、押圧先端部１６ａの筒壁を貫通する下側第二排出孔３６ａ～３６ｄ並びに上側第二排出孔３８ａ～３８ｄを通じて外部へ排出せしめられるのであり、また、ショルダ先端部１４ａの外周面と押圧先端部１６ａの内周面との間の隙間に流入した材料にあっても、回転しているショルダ先端部１４ａに設けられた下側第二突起物３２ａ～３２ｄ及び上側第二突起物３４ａ～３４ｄによって分断されて粉状片となつて、押圧先端部１６ａの下側第二排出孔３６ａ～３６ｄ及び上側第二排出孔３８ａ～３８ｄを通じて外部へ排出せしめられるのである。このように、本発明の回転工具１０においては、プローブ先端部１２ａとショルダ先端部１４ａとの間の隙間や、ショルダ先端部１４ａと押圧先端部１６ａとの間の隙間に材料が入り込んで惹起される問題を、一般的な摩擦攪拌接合操作とは別の工程を何ら必要とすることなく、有利に抑制乃至は解消することが可能ならしめられたのである。

#### 【００５２】

なお、上記した摩擦攪拌点接合方法は、単なる一つの例示に過ぎないものであって、本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具は、従来より公知の各種の手法において採用され得るものであることは勿論、また、例示の方法の変形例として、図５（ｂ）の工程に代えて、プローブ１２のみを突き出し（ショルダ部材１４は金属板４２と当接することなく、それとの間に所定の空間が形成される）、プローブ１２の当接により、摩擦発熱させて、金属板４２を軟化せしめ、そして、図５（ｃ）の如く差し込んで、摩擦攪拌部４６を形成するようにすることも可能であり、これによって、ショルダ部材１４と押圧部材１６との間の固着に基づくところのトラブルの発生を、より一層効果的に防止することが可能である。また、プローブ穴４８の穴埋めが完了した図６（ｂ）に示される状態から、回転工具１０を、図６（ｃ）の如く引き離す際に、図６（ｂ）の状態でプローブ１２を少し突き出す（図において下降させる）ことにより、ショルダ部材１４とワーク（４２、４４）との間の固着や、押圧部材１６とワーク（４２、４４）との間の固着を上手く剥がしつつ、回転

工具 10 の全体を効果的に離脱せしめることが出来るのであって、本発明においては、有利に採用される手法である。

【 0 0 5 3 】

以上、本発明の代表的な実施形態について詳述してきたが、それは、あくまでも例示に過ぎないものであって、本発明は、そのような実施形態に係る具体的な記述によって、何等限定的に解釈されるものでないことが、理解されるべきである。なお、以下に説明する回転工具 52 [ 図 7 ~ 図 9 参照 ] 及び回転工具 60 [ 図 10 参照 ] においては、図 1 ~ 図 4 に示した回転工具 10 と同様な部分には同一の符号を付して、詳細な説明は省略することとする。

【 0 0 5 4 】

例えば、上述した実施形態においては、回転工具 10 のショルダ部材 14 ( ショルダ先端部 14 a ) における第一排出孔 30 a ~ 30 d、及び、押圧部材 16 ( 押圧先端部 16 a ) における下側第二排出孔 36 a ~ 36 d 並びに上側第二排出孔 38 a ~ 38 d は、何れも、各々の中心軸 ( 回転軸 ) に向かって水平方向 ( 図中の左右方向 ) に延びるように形成せしめられているが、本発明における排出孔は、そのような形態に限定されるものではなく、図 7 ~ 図 9 に示される如き形態において設けることも可能である。

【 0 0 5 5 】

すなわち、図 7 には、本発明の他の実施形態に係る摩擦攪拌点接合用回転工具 52 の先端部が拡大して示されているが、そこにおいて、ショルダ先端部 14 a における第一排出孔 54 a ~ 54 d、及び、押圧先端部 16 a における下側第二排出孔 56 a ~ 56 d 並びに上側第二排出孔 58 a ~ 58 d は、各々、部材 ( ショルダ先端部 14 a、押圧先端部 16 a ) の外周面側から内周面側に向かって、その先端面側に傾斜していると共に [ 図 7 参照 ]、中心軸に向かう方向とは異なる方向に延びるように形成されている [ 図 8 及び図 9 参照 ]。このような形態の排出孔を設けることにより、各突起物 ( 28 a ~ 28 d、32 a ~ 32 d、34 a ~ 34 d ) によって分断された材料カスが、より効果的に回転工具 52 の外部へ排出せしめられ得るのである。なお、本発明においては、排出孔を、各部材の外周面側から内周面側に向かって、1) 水平方向に、且つ、各部材の中心軸とは異なる方向に延びるように、或いは、2) 各部材の先端面側に傾斜せしめて、且つ、それらの中心軸に向かうように設けることや、更には、押圧部材及びショルダ部材において、それぞれ異なる形態の排出孔を設けることも、勿論可能である。

【 0 0 5 6 】

また、本発明における突起物も、上述した実施形態において示された形状のものに限定されるものではなく、図 10 に示されている回転工具 60 のように、プローブ 12 ( プローブ先端部 12 a ) の外周面にネジ部 62 を形成せしめて、かかるネジ部 62 のネジ山部をもって本発明の突起物とすることも可能である。

【 0 0 5 7 】

さらに、上述した実施形態においては、何れも、プローブ先端部 12 a の外周面上及びショルダ先端部 14 a の外周面上に、そこから外方に向かう突起物が形成せしめられているが、本発明においては、そのような突起物と共に、或いはそれらに代えて、ショルダ先端部 14 a の内周面上からプローブ先端部 12 a の外周面に向かう突起物や、押圧先端部 16 a の内周面上からショルダ先端部 14 a の外周面に向かう突起物を、設けることも可能である。

【 0 0 5 8 】

また、上述した実施形態では、何れの回転工具も、ショルダ部材 14 の外側に押圧部材 16 が外挿されてなる構造を有し、これによって、摩擦攪拌点接合時におけるバリの発生が効果的に抑制されているが、そのような押圧部材 16 は、本発明において必須のものではない。

【 0 0 5 9 】

加えて、上述した実施形態においては、何れも、プローブ 12 とショルダ部材 14 との間の隙間と共に、ショルダ部材 14 と押圧部材 16 との間の隙間にも、本発明が適用され

10

20

30

40

50

て、流入してきた材料を分断するための突起物と、かかる分断によって粉状片となった材料カスを排出するための排出孔が設けられているが、それら何れか一方の隙間においてのみ本発明を適用する（突起物及び排出孔を設ける）ことも可能である。例えば、プローブ、ショルダ部材及び押圧部材を備えた回転工具において、プローブ・ショルダ部材間への材料の流入が少ないような場合には、プローブの外周面（及びショルダ部材の内周面）上には突起物を設けず、ショルダ部材に、（１－１）プローブ・ショルダ部材間に流入した材料を排出するための排出孔と、（１－２）ショルダ部材・押圧部材間に流入する材料を分断するための突起物を設け、また、押圧部材には、かかるショルダ部材に設けられた突起物によって分断された材料カスを外部へ排出するための排出孔を設けることも、有利に行なわれ得る。

10

#### 【００６０】

更にまた、例示の具体例では、摩擦撹拌点接合されるべき被接合金属部材として、板材である金属板３２、３４を用いた例において、本発明の説明が為されているが〔図５及び図６参照〕、そのような被接合金属部材の形状としては、板材に何等限定されるものではなく、摩擦撹拌点接合操作が施される重合せ部が、それぞれ、板状乃至は面板状である限りにおいて、何れの部材も、採用可能である。

#### 【００６１】

その他、一々列挙はしないが、本発明は、当業者の知識に基づいて、種々なる変更、修正、改良等を加えた態様において、実施され得るものであり、また、そのような実施の態様が、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、何れも、本発明の範疇に属するものであることは、言うまでもないところである。

20

#### 【実施例】

#### 【００６２】

以下に、本発明の代表的な実施例を示し、本発明を更に具体的に明らかにすることとするが、本発明が、そのような実施例の記載によって、何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。

#### 【００６３】

##### - 実験例１ -

先ず、被接合金属部材としての、厚さ：１ｍｍの６０６０系アルミニウム板材（６０１６－Ｔ４）の２枚と、図１～図４に示される複動式構造の回転工具１０とを準備した。ここで、かかる回転工具１０においては、その狭小間隙２４ａ、２６ａの軸方向長さ：ｘ、ｙが、各々、５ｍｍとされていると共に、（１）第一突起物２８ａ～２８ｄは、プローブ先端部１２ａの先端面から１２ｍｍ（先端面から突起物の上下方向の中心までの距離。以下の突起物についても同様。）離れた位置に、また、（２）ショルダ先端部１４ａにおいて、（２－１）第一排出孔３０ａ～３０ｄは、ショルダ先端面１４ｃから１３ｍｍ（先端面から排出孔の中心までの距離。以下の排出孔についても同様。）離れた位置に、（２－２）下側第二突起物３２ａ～３２ｄはショルダ先端面１４ｃから７ｍｍ離れた位置に、（２－３）上側第二突起物３４ａ～３４ｄは、ショルダ先端面１４ｃから１７ｍｍ（下側第二突起物３２ａ～３２ｄの中心から１０ｍｍ）離れた位置に、各々、設けられており、更には、（３）押圧先端部１６ａにおいて、（３－１）下側第二排出孔３６ａ～３６ｄは押圧先端部１６ａの先端面から８ｍｍ離れた位置に、（３－２）上側第二排出孔３８ａ～３８ｄは、先端面から１８ｍｍ（下側第二排出孔３２ａ～３２ｄの中心から１０ｍｍ）離れた位置に、それぞれ設けられている。また、排出孔（３０ａ～３０ｄ、３６ａ～３６ｄ、３８ａ～３８ｄ）は真円状であって、その大きさ（孔径）は５ｍｍとされている。

30

40

#### 【００６４】

次いで、それらアルミニウム板材の２枚を重ね合わせ、その下板側に裏当て治具３０を当接せしめた状態において、図５及び図６に示される如くして、摩擦撹拌点接合操作を実施した。具体的には、回転工具１０の押圧部材１６を上板側から当接せしめた後、プローブ１２とショルダ部材１４とを、それぞれ１５００ｒｐｍで高速回転せしめつつ、それらが面一となるように当接せしめ、次いで、プローブ１２を、下板に０．２ｍｍ差し込まれ

50

るように突き出して、摩擦攪拌部 4 6 を形成し、更に、その後、プローブ 1 2 を引き抜くときに、ショルダ部材 1 4 を上板に対して 0 . 1 mm 押し込むことにより、プローブ穴 4 8 を埋め込んで、かかるプローブ穴 4 8 が接合部 5 0 の表面に残らないようにして、2 枚のアルミニウム板材の接合を行なった。

#### 【 0 0 6 5 】

その結果、押圧部材 1 6 がショルダ部材 1 4 の外周へのバリの発生を抑えたために、バリの発生のない摩擦攪拌点接合が実現された。また、その接合部 5 0 は、0 . 0 5 mm 以下の凹凸状態の表面であって、実質的に平坦な表面と認められるものであり、また、裏面も略平坦で健全なものであった。

#### 【 0 0 6 6 】

そして、そのような摩擦攪拌点接合操作を続けて、3 0 0 回繰り返すことからなる、3 0 0 打点の点接合を試みたところ、その最後に至るまで、装置が停止することなく、健全な点接合を実施することが出来た。また、かかる点接合を実施した後、回転工具 1 0 の先端部を分解したところ、プローブ 1 2 とショルダ部材 1 4 との間の隙間、及び、ショルダ部材 1 4 と押圧部材 1 6 との間の隙間において、アルミ（材料）の凝着は認められず、それら隙間に流れ込んできたアルミ（材料）は、点接合操作中に、効果的に回転工具 1 0 の外部へ排出されたことが認められた。

#### 【 0 0 6 7 】

##### - 実験例 2 -

回転工具として、実験例 1 とは異なり、拡大間隙 2 4 b、2 6 b が設けられておらず（従って、狭小間隙 2 4 a、2 6 a のみのクリアランスとなる）、また、突起物（2 8 a ~ 2 8 d、3 2 a ~ 3 2 d、3 4 a ~ 3 4 d）も設けられておらず、更には排出孔（3 0 a ~ 3 0 d、3 6 a ~ 3 6 d、3 8 a ~ 3 8 d）も設けられていない回転工具を用いること以外は、実験例 1 と同様にして、2 枚のアルミニウム板材の重合せ部に対して、摩擦攪拌点接合操作を実施したところ、連続 1 5 打点でアルミの凝着が激しく、回転工具の抜き差しの荷重が高くなって、リミッターが働き、装置が停止した。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 6 8 】

【図 1】本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具の一例を示す縦断面説明図である。

【図 2】図 1 に示される回転工具の先端部を拡大して示す説明図である。

【図 3】図 2 における A - A 断面説明図である。

【図 4】図 2 における B - B 断面説明図である。

【図 5】本発明に従う回転工具を用いた摩擦攪拌点接合方法の、前半の工程を示す工程説明図であって、（a）、（b）及び（c）は、それぞれ各工程における一形態を示す説明図である。

【図 6】図 5 に続く摩擦攪拌点接合方法の、後半の工程を示す工程説明図であって、（a）、（b）及び（c）は、それぞれ、その工程の一形態を示す説明図である。

【図 7】本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具の他の一例を示す、図 2 に対応する拡大説明図である。

【図 8】図 7 における C - C 断面説明図である。

【図 9】図 7 における D - D 断面説明図である。

【図 10】本発明に従う摩擦攪拌点接合用回転工具の更に他の一例を示す、図 2 に対応する拡大説明図である。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 0 6 9 】

|       |              |       |         |
|-------|--------------|-------|---------|
| 1 0   | 摩擦攪拌点接合用回転工具 | 1 2   | プローブ    |
| 1 2 a | プローブ先端部      | 1 2 b | プローブ基部  |
| 1 4   | ショルダ部材       | 1 4 a | ショルダ先端部 |
| 1 4 b | ショルダ基部       | 1 4 c | ショルダ面   |
| 1 6   | 押圧部材         | 1 6 a | 押圧先端部   |

10

20

30

40

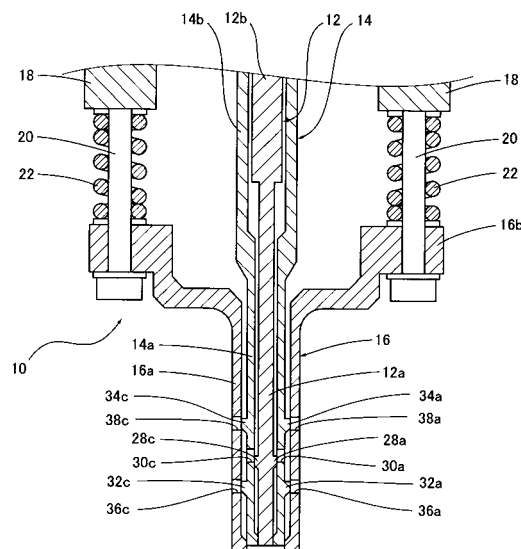
50

16b 押圧基部  
 20 ステー  
 24a 狭小間隙  
 26a 狭小間隙  
 28a ~ 28d 第一突起物  
 30a ~ 30d 第一排出孔  
 32a ~ 32d 下側第二突起物  
 34a ~ 34d 上側第二突起物  
 36a ~ 36d 下側第二排出孔  
 38a ~ 38d 上側第二排出孔  
 40 裏当て治具  
 46 摩擦攪拌部  
 50 接合部  
 54a ~ 54d 第一排出孔  
 56a ~ 56d 下側第二排出孔  
 58a ~ 58d 上側第二排出孔  
 60 摩擦攪拌点接合用回転工具

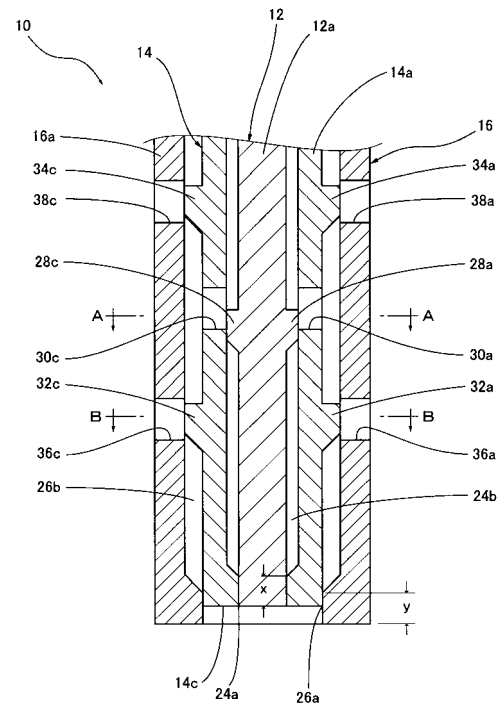
18 保持部材  
 22 圧縮コイルスプリング  
 24b 拡大間隙  
 26b 拡大間隙  
 42、44 金属板  
 48 プローブ穴  
 52 摩擦攪拌点接合用回転工具  
 62 ネジ部

10

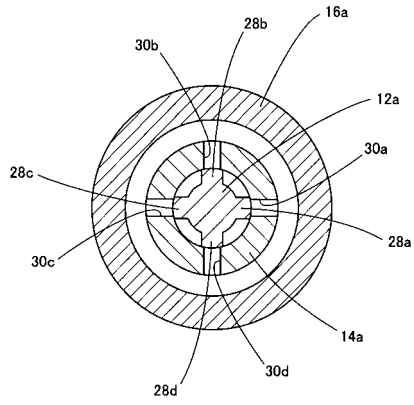
【図 1】



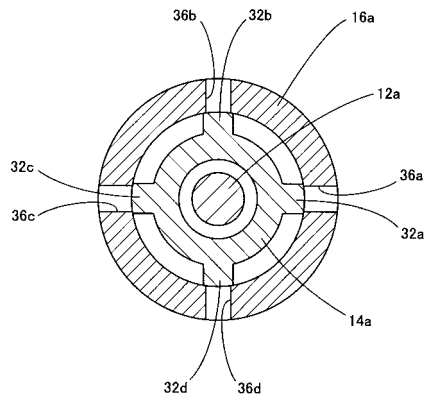
【図 2】



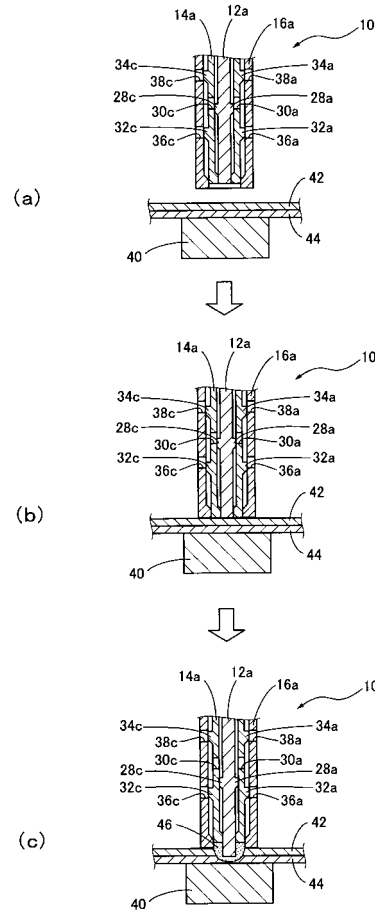
【図 3】



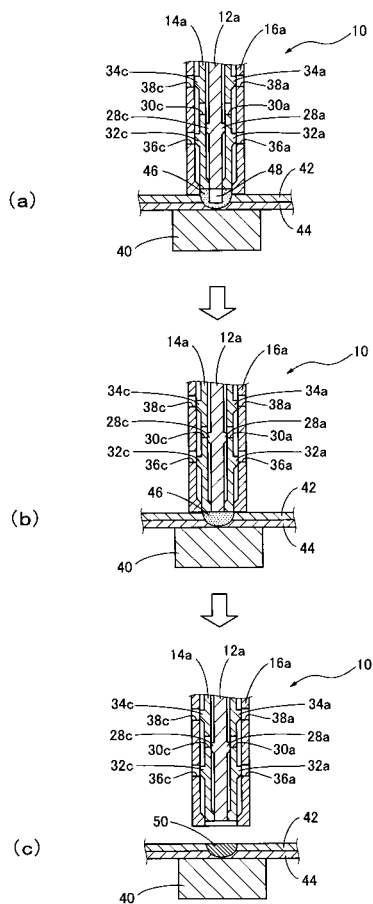
【図 4】



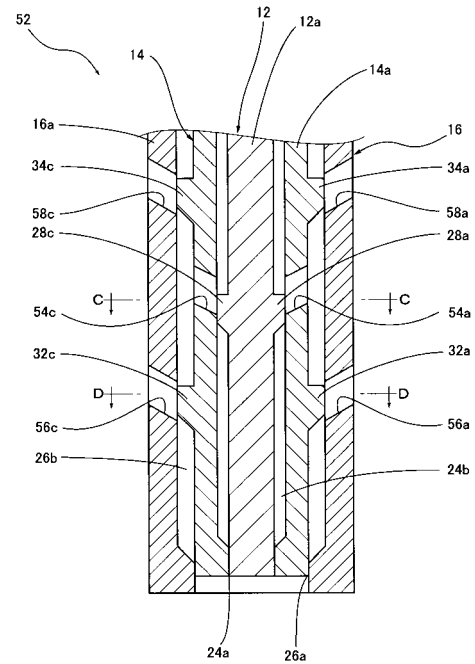
【図 5】

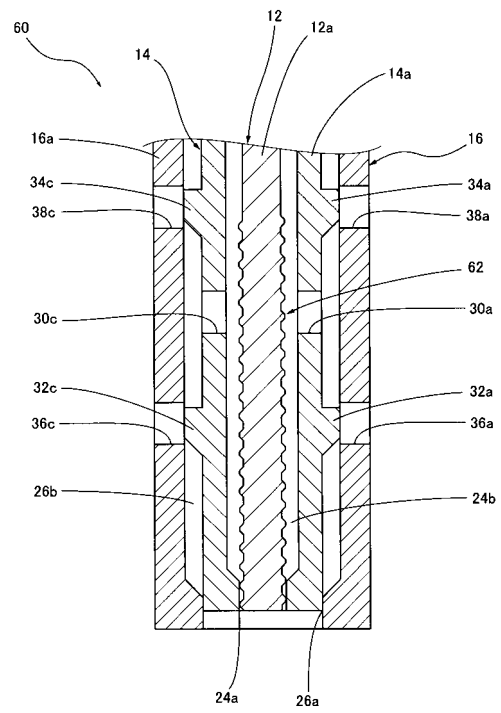


【図 6】



【図 7】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 熊谷 正樹  
東京都港区新橋五丁目 1 1 番 3 号 住友軽金属工業株式会社内
- (72)発明者 青木 健太  
神奈川県綾瀬市大上四丁目 2 番 3 7 号 O B A R A 株式会社内

審査官 大屋 静男

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 2 9 9 7 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 2 9 7 4 3 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 1 6 7 7 2 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 3 0 3 6 7 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
B 2 3 K 2 0 / 1 2  
B 2 3 K 1 0 3 / 1 0