

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-247183

(P2010-247183A)

(43) 公開日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(51) Int.Cl.
B23K 20/12 (2006.01)F1
B23K 20/12 344テーマコード (参考)
4E067

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-98969 (P2009-98969)
(22) 出願日 平成21年4月15日 (2009.4.15)(71) 出願人 000103367
オーエスジー株式会社
愛知県豊川市本野ヶ原三丁目2番地
(74) 代理人 110000534
特許業務法人しんめいセンチュリー
(72) 発明者 下田 陽一朗
愛知県豊川市一宮町宮前149
社内
Fターム(参考) 4E067 BG00 CA01

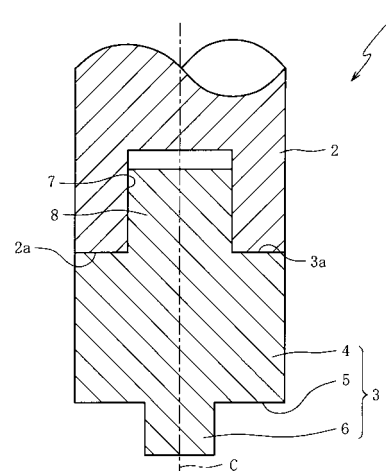
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合用工具

(57) 【要約】

【課題】 シャンクに回転子を確実に保持できると共にシャンクの回転駆動力を回転子に確実に伝達でき、さらに回転子の交換作業性に優れる摩擦攪拌接合用工具を提供すること。

【解決手段】 係合突部と、係合突部を軸線方向に沿って挿抜可能に受け入れる係合凹部とを備える。係合凹部は、係合突部が挿入されることで回転子3に対するシャンク2の軸線Cまわりの相対回転を規制する。さらに超合金製の回転子3の一部が着磁されている。これにより、回転子3の軸線Cまわりの相対回転を規制し、空回りすることなく、シャンク2の回転駆動力を回転子3に確実に伝達できる。また回転子3を磁性材料製のシャンク2に磁力で吸着させ、シャンク2に回転子3を確実に保持できる。さらに回転子3を交換する際には、磁力に抗する力で回転子3を軸線C方向に沿って引き離すだけで、回転子3をシャンク2から取り外すことができ交換作業性に優れる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線まわりに回転される回転子本体およびその回転子本体の前端部に突設されるピンを有する超硬合金製の回転子と、その回転子の後端部に前端部が着装される磁性材料製のシャンクと、を備えた摩擦攪拌接合用工具であって、

前記回転子の後端部または前記シャンクの前端部の一方から突設される係合突部と、

前記回転子の後端部または前記シャンクの前端部の他方に凹設され前記係合突部を軸線方向に沿って挿抜可能に受け入れると共に前記係合突部と軸線まわりに係合する係合凹部と、

前記シャンクおよび前記回転子に形成され前記係合凹部に前記係合突部が挿入されることで互いに当接し前記シャンクに対する前記回転子の軸線方向の相対移動を規制する第 1 面および第 2 面と、を備え、

前記回転子の少なくとも一部が着磁されていることを特徴とする摩擦攪拌接合用工具。

【請求項 2】

前記係合突部および前記係合凹部が、前記軸線に対して点対称状に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の摩擦攪拌接合用工具。

【請求項 3】

前記係合突部は前記回転子の後端部から突設されており、前記係合突部の磁束密度が、前記ピンの磁束密度より大きくされていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の摩擦攪拌接合用工具。

【請求項 4】

前記係合突部が、前記軸線と平行に歯すじが形成された複数の突条を備え、前記係合凹部が、前記軸線と平行に形成された複数の凹溝を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摩擦攪拌接合用工具に関し、特に、シャンクに回転子を確実に保持できると共にシャンクの回転駆動力を回転子に確実に伝達でき、さらに回転子の交換作業性に優れた摩擦攪拌接合用工具に関するものである。

【背景技術】

【0002】

摩擦攪拌接合法は、高速回転させた摩擦攪拌接合用工具のピンを被接合材の接合線に押し込み、所定の速度で接合線に沿って移動させることにより、摩擦攪拌接合用工具と被接合材との間に生じた摩擦熱を利用して被接合材を軟化させ、塑性流動を起させて被接合材同士を接合する方法である。

【0003】

ここで、摩擦攪拌接合用工具は、一般に工具鋼で製造されるが、軟化した被接合材が溶着し易く、また早期に摩耗し耐久性に欠ける。工具鋼の代わりに超硬合金で製造した場合は、耐溶着性と耐久性とを向上できるが、材料コストが増加する。

【0004】

そこで、被接合材に押し込まれるピンを有する回転子と、その回転子に回転駆動力を与えるシャンクとを別体とし、被接合材と接触する回転子を超硬合金で形成すると共に、シャンクを工具鋼で形成し、回転子をシャンクに着脱自在に固定する技術が開示されている（特許文献 1）。特許文献 1 に開示される技術では、回転子の後部側に係止部を切欠き形成すると共に、シャンクに回転子の後部側を挿入する収容部を形成している。回転子の後端部を収容部内に挿入すると共に、収容部内に挿入された回転子の係止部にねじを押し付けて、回転子をシャンクに固定する。

【0005】

また、着脱可能に作られた回転子をシャンクに固定する技術として、摩擦攪拌接合用工

10

20

30

40

50

具の回転に対し逆ねじとなる雄ねじが外周面に形成されたピン棒を、ツール本体（シャンク）に形成された軸孔に螺入して固定する技術がある（特許文献２）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２００５－１９９２８１号公報

【特許文献２】特開２００４－２９１０５７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

10

しかしながら、特許文献１に開示される技術では、被接合材と回転子との間に発生した摩擦熱が回転子およびシャンクに伝わるため、回転子およびシャンクが熱膨張し、振動で回転子の係止部に押し付けたねじが緩み易くなる。ねじが緩むと、回転子が収容部内で空回りして、シャンクの回転駆動力が回転子に伝達されなくなるという問題点があった。また、接合前、回転子を高速回転させるときや、接合後、被接合材に押し込んだ回転子を引き抜くときに、意図しないのに、回転子がシャンクから外れるという問題点があった。

【０００８】

また、特許文献２に開示される技術では、ピン棒には逆ねじが形成されているので、回転させたピン棒を被接合材に押し付けると、ピン棒はシャンクにねじ込まれる傾向となる。このため、摩耗したピン棒や被接合材が溶着したピン棒を、交換するためにシャンクから取り外そうとしても外し難く、交換作業性に欠けるという問題点があった。

20

【０００９】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、シャンクに回転子を確実に保持できると共にシャンクの回転駆動力を回転子に確実に伝達でき、さらに回転子の交換作業性に優れる摩擦攪拌接合用工具を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

この目的を達成するために、請求項１記載の摩擦攪拌接合用工具は、軸線まわりに回転される回転子本体およびその回転子本体の前端部に突設されるピンを有する超硬合金製の回転子と、その回転子の後端部に前端部が着装される磁性材料製のシャンクと、を備えるものであり、前記回転子の後端部または前記シャンクの前端部の一方から突設される係合突部と、前記回転子の後端部または前記シャンクの前端部の他方に凹設され前記係合突部を軸線方向に沿って挿抜可能に受け入れると共に前記係合突部と軸線まわりに係合する係合凹部と、前記シャンクおよび前記回転子に形成され前記係合凹部に前記係合突部が挿入されることで互いに当接し前記シャンクに対する前記回転子の軸線方向の相対移動を規制する第１面および第２面と、を備え、前記回転子の少なくとも一部が着磁されている。

30

【００１１】

請求項２記載の摩擦攪拌接合用工具は、請求項１記載の摩擦攪拌接合用工具において、前記係合突部および前記係合凹部が、前記軸線に対して点対称状に形成されている。

【００１２】

40

請求項３記載の摩擦攪拌接合用工具は、請求項１又は２に記載の摩擦攪拌接合用工具において、前記係合突部は前記回転子の後端部から突設されており、前記係合突部の磁束密度が、前記ピンの磁束密度より大きくされている。

【００１３】

請求項４記載の摩擦攪拌接合用工具は、請求項１から３のいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具において、前記係合突部が、前記軸線と平行に歯すじが形成された複数の突条を備え、前記係合凹部が、前記軸線と平行に形成された複数の凹溝を備える。

【発明の効果】

【００１４】

請求項１記載の摩擦攪拌接合用工具によれば、回転子を構成する超硬合金は、主成分と

50

なる高融点金属の炭化物に鉄系金属（結合剤）を混合して焼結した複合材料であるため、回転子の後端部を着磁（磁化）できる。さらに、摩擦攪拌接合用工具は、係合凹部に係合突部が挿入されることで互いに当接する第1面および第2面を備えているので、回転子を磁性材料製のシャンクに磁力で吸着させることで、シャンクに対する回転子の軸線方向の相対移動を規制して、シャンクの前端部に回転子を確実に保持できるという効果がある。

【0015】

また、摩擦攪拌接合用工具は、係合突部と、係合突部を軸線方向に沿って挿抜可能に受け入れる係合凹部とを備えているので、回転子を交換する際には、磁力に抗する力で回転子を軸線方向に沿って引き離すだけで、回転子をシャンクから取り外すことができ、回転子の交換作業性に優れるという効果がある。また、係合凹部に係合突部が挿入されることで回転子に対するシャンクの軸線まわりの相対回転を規制するので、空回りすることなく、シャンクの回転駆動力を回転子に確実に伝達できるという効果がある。

10

【0016】

請求項2記載の摩擦攪拌接合用工具によれば、請求項1記載の摩擦攪拌接合用工具の奏する効果に加え、係合突部および係合凹部が、軸線に対して点対称状に形成されているので、回転子が被接合材から受ける反作用を偏りなくシャンクに伝達することができる。よって、係合突部および係合凹部が偏荷重によって早期に破損することを防止し、耐久性を向上できるという効果がある。

【0017】

請求項3記載の摩擦攪拌接合用工具によれば、請求項1又は2に記載の摩擦攪拌接合用工具の奏する効果に加え、係合突部は回転子の後端部から突設されているので、係合突部の後端とピンとの距離を大きくとることができ、係合突部の後端とピンとの磁束密度差を大きくできる。さらに、係合突部の磁束密度が、ピンの磁束密度より大きくされているため、ピンが被接合材から受ける吸着力より、回転子の係合突部がシャンクから受ける吸着力を大きくできる。この結果、接合後、回転子を被接合材から引き抜く際、回転子が被接合材に吸着されて被接合材に取り残されることを防止できるという効果がある。

20

【0018】

請求項4記載の摩擦攪拌接合用工具によれば、請求項1から3のいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具の奏する効果に加え、係合突部が軸線と平行に歯すじが形成された複数の突条を備え、係合凹部が軸線と平行に形成された複数の凹溝を備えるから、係合突部と係合凹部との接触面積を増やすことができる。この結果、被接合材と回転子との間に発生した摩擦熱を、シャンクに効率良く伝導して拡散させ放出させることができる。これにより、被接合材の接合部の蓄熱を抑制して、接合部が熱変形することを抑制できる効果がある。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】（a）は本発明の第1実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の側面図であり、（b）は本発明の第1実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の正面図である。

【図2】図1（b）のII-II線における摩擦攪拌接合用工具の断面図である。

【図3】図1（a）のIII-III線における摩擦攪拌接合用工具の断面図である。

40

【図4】本発明の第2実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の軸線と平行方向における軸線を通る断面図である。

【図5】本発明の第3実施の形態における摩擦攪拌接合用工具及び変形例における摩擦攪拌接合用工具の軸線と直交方向における断面図である。

【図6】本発明の第4実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の分解斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の好ましい実施の形態について、添付図面を参照して説明する。図1（a）は本発明の第1実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の側面図であり、図1（b）は本発明の第1実施の形態における摩擦攪拌接合用工具の正面図である。

50

【0021】

まず、摩擦撹拌接合用工具1の概略構成について説明する。図1に示すように、摩擦撹拌接合用工具1は、円筒状に形成されたシャンク2と、シャンク2の前端部に固着された回転子3とを主に備えて構成されている。回転子3は、円筒状の回転子本体4と、回転子本体4の前端部の軸線C上に突設したピン6とを備えており、回転子本体4の前端部のピン6の周囲に肩部5が形成されている。回転子3は、超硬合金製で回転子本体4及びピン6が一体に形成されている。本実施の形態においては、シャンク2は磁性材料である工具鋼で形成されている。

【0022】

次いで、各部の詳細構成について説明する。図2は図1(b)のII-II線における摩擦撹拌接合用工具1の断面図であり、図3は図1(a)のIII-III線における摩擦撹拌接合用工具1の断面図である。

【0023】

図2に示すように、摩擦撹拌接合用工具1のシャンク2の前端部の軸線C上に、凹陷部7が形成されている。回転子3の後端部には、凹陷部7に挿入される凸部8が回転子本体4と一体に軸線C上に突設されている。凸部8の外径は高さ方向(図2上側)に対して同一の大きさに形成されており、凹陷部7の内径は深さ方向(図2上側)に対して同一の大きさに形成されている。

【0024】

ここで、本実施の形態においては、凹陷部7の深さが、凸部8の高さより少し深めに形成されている。この結果、回転子3の後端部に突設された凸部8をシャンク2の凹陷部7に挿入すると、回転子3の凸部8の周囲に形成された回転子3の第2面3aは、シャンク2の凹陷部7の周囲に形成されたシャンク2の第1面2aと軸線C方向に当接する。これにより、シャンク2に対する回転子3の軸線C方向の相対移動が規制され、シャンク2からの軸線C方向の圧力を回転子3に確実に伝達できる。

【0025】

次いで、図3に示すように、摩擦撹拌接合用工具1を軸線Cと直交方向に断面視して、凸部8は円形状に形成されている。凸部8は高さ方向(図3の紙面奥側)に延設されて全体として円筒状に形成されている。回転子3の後端部から、凸部8の外周面に沿って高さ方向(図3の紙面奥側)に亘り、軸線Cに対して点对称状の複数(本実施の形態においては8本)の突条の係合突部8aが突設されている。本実施の形態においては、突条は軸線Cに対して歯すじ8bが平行に形成されている。

【0026】

一方、シャンク2には、凹陷部7の内周面に沿って深さ方向に凹溝状の係合凹部7aが複数個所に形成されている。係合凹部7aはシャンク2の前端部に凹設されており、回転子3の係合突部8aと対応する位置に、軸線Cに対して平行に形成されている。これにより、凹陷部7に凸部8を挿入すると、係合突部8aは係合凹部7aに嵌挿される。

【0027】

また、係合突部8a及び係合凹部7aは、軸線Cと垂直に交差する面において、軸線Cから所定量離れたところに形成されているので、回転子3に対するシャンク2の軸線Cまわりの相対回転が規制され、空回りすることなく、シャンク2の回転駆動力を回転子3に確実に伝達することができる。また、係合突部8aは、軸線Cと平行に歯すじ8bが形成されているので、シャンク2からの回転駆動力が分散することなく回転子3に伝達される。さらに、係合突部8aが、軸線Cと平行に歯すじ8bが形成されており、係合凹部7aが軸線Cに対して平行に形成されているので、回転子3を軸線Cに沿って挿抜でき、回転子3の交換作業性に優れている。

【0028】

なお、回転子3は、高融点金属の炭化物を主成分とし、Fe, Co, Ni等の鉄系金属を結合剤として焼結した超硬合金で形成されている。このため、静電場着磁やパルス着磁によって、回転子3の後端部側(凸部8、係合突部8a及び第2面3a)の少なくとも一

10

20

30

40

50

部を着磁できる。回転子 3 の後端部側の少なくとも一部が着磁されていると、磁性材料製のシャンク 2 に形成された凹陷部 7 に凸部 8 を挿入すれば、回転子 3 は磁力でシャンク 2 に吸着され保持される。このため、接合前、回転子 3 を被接合材（図示しない）の外側で高速回転させるときに、回転子 3 がシャンク 2 から抜けて外れることを防止できる。

【0029】

また、本実施の形態においては、静電場着磁やパルス着磁によって、回転子 3 の凸部 8 及び係合突部 8 a を部分的に着磁するか、若しくは回転子 3 の全体を着磁した後、ピン 6 の近傍を部分的に脱磁している。係合突部 8 a は回転子 3 の後端部から突設されているので、係合突部 8 a の後端とピン 6 との距離を大きくとることができ、係合突部 8 a の後端とピン 6 との磁束密度差を大きくできる。さらに、回転子 3 は、係合突部 8 a の磁束密度がピン 6 の磁束密度より大きくされているため、ピン 6 が被接合材から受ける吸着力より、回転子 3 がシャンク 2 から受ける吸着力を大きくできる。これにより、接合後、回転子 3 を被接合材から引き抜く際、回転子 3 が被接合材に吸着されて取り残されることを防止できる。

【0030】

また、係合突部 8 a 及び係合凹部 7 a が、軸線 C に対して点対称状に形成されているので、接合時に回転子 3 が被接合材（図示しない）から受ける反作用を、偏りなく係合凹部 7 a に伝達することができ、係合突部 8 a や係合凹部 7 a が偏荷重によって早期に破損することを防止し、耐久性を向上できる。

【0031】

また、係合突部 8 a が、軸線 C と平行に歯すじ 8 b が形成された複数の突条を備え、係合凹部 7 a が複数の凹溝を備えているから、係合突部 8 a と係合凹部 7 a との接触面積を増やすことができる。この結果、被接合材（図示しない）と回転子 3 との間に発生した摩擦熱を、係合突部 8 a から係合凹部 7 a に効率良く伝導してシャンク 2 に拡散させ放出させることができる。これにより、連続して摩擦攪拌接合を行う場合でも、被接合材の接合部（図示しない）の蓄熱を抑制して、接合部が熱変形することを抑制できる。

【0032】

次いで、図 4 を参照して、第 2 実施の形態について説明する。図 4 は本発明の第 2 実施の形態における摩擦攪拌接合用工具 11 の軸線 C と平行方向における軸線 C を通る断面図である。第 1 実施の形態においては、凸部 8 の外径が高さ方向に対して同一径の円筒状に形成されており、凹陷部 7 の内径が深さ方向に対して同一の大きさに形成されている場合について説明した。これに対し、第 2 実施の形態においては、凸部 18 が高くなるにつれて外径が漸次小さくなるように形成されており、凹陷部 17 が深くなるにつれて内径が漸次小さくなるように形成されている場合について説明する。

【0033】

なお、第 1 実施の形態と同一の部分については同一の符号を付して、その説明を省略する。また、本実施の形態における摩擦攪拌接合用工具 11 の凸部 18 及び凹陷部 17 の軸線 C と直交方向の断面視における形状は、第 1 実施の形態における摩擦攪拌接合用工具 1 の凸部 8 及び凹陷部 7 の軸線 C と直交方向の断面視における形状と同じものとして説明する。

【0034】

摩擦攪拌接合用工具 11 は、シャンク 2 の前端部の中心の軸線 C 上に凹陷部 17 が形成されている。回転子 3 の後端部には、凹陷部 17 に挿入される凸部 18 が回転子本体 4 と一体に軸線 C 上に形成されている。凹陷部 17 は深さ（図 4 上側）が増すにつれて内径が漸次小さくなるように形成されており、凸部 18 は高さ（図 4 上側）が増すにつれて外径が漸次小さくなるように形成されている。また、凸部 18 は、凸部 18 の最大外径が、凹陷部 17 の最大内径より大きくなるように形成されている。この結果、凸部 18 を凹陷部 17 に挿入すると、凸部 18 の周囲の平坦面と凹陷部 17 の周囲の平坦面とは互いに当接せず、凸部 18 の高さ方向の傾斜面（第 2 面 3 a）と凹陷部 17 の深さ方向の傾斜面（第 1 面 2 a）とが互いに当接し、シャンク 2 に対する回転子 3 の軸線 C 方向の相対移動を規制す

る。

【0035】

これにより、凸部の外径を高さ方向（図4上側）に対して同一の大きさに形成する場合（第1実施の形態の場合）と比較して、凸部18の体積を減らすことができるため、第1実施の形態における作用に加え、回転子3を構成する高価な超硬合金の材料コストを低減させることができる。また、凸部18は高さが増すにつれ外径が漸次小さくなるように形成されているので、凸部の外径を高さ方向に対して同一の大きさに形成する場合（第1実施の形態の場合）と比較して、凹陷部17への凸部18の挿抜を容易にすることができる。

【0036】

次いで、図5を参照して、第3実施の形態における摩擦攪拌接合用工具21及び第3実施の形態の変形例における摩擦攪拌接合用工具31、41、51について説明する。図5（a）は本発明の第3実施の形態における摩擦攪拌接合用工具21の軸線Cと直交方向における断面図であり、図5（b）～図5（d）は第3実施の形態の変形例における摩擦攪拌接合用工具31、41、51の軸線Cと直交方向における断面図である。なお、第1実施の形態と同一の部分については同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0037】

図5（a）に示すように、摩擦攪拌接合用工具21は、回転子3の後端部の凸部28が、軸線Cと直交方向に断面視して三角状に形成されており、高さ方向（図5（a）の紙面奥側）に延設されて全体として三角柱状または三角錐状に突設されている。凸部28の外周面には、軸線Cに対して点対称状に複数（本実施の形態においては3本）の凸稜線28bが形成されており、この凸稜線28bを形成する壁面が係合突部28aとなる。各々の凸稜線28bは、軸線Cを含む仮想平面内に形成されている。また、回転子3の凸部28及び係合突部28aは着磁されている。

【0038】

一方、シャンク2の前端部には、係合突部28aを受け入れる凹陷部27が形成されている。凹陷部27は、軸線Cと直交方向に断面視して三角状に形成されており、内周面に複数（本実施の形態においては3本）の凹稜線が形成されている。凹稜線を形成する壁面が、係合突部28aに対応した係合凹部27aとなる。係合凹部27aをつくる各々の凹稜線は、軸線Cを含む仮想平面内に形成されている。

【0039】

この結果、凹陷部27に凸部28を挿入すると、回転子3の後端部に突設された係合突部28aは、シャンク2の前端部に凹設された係合凹部27aと軸線Cを中心とする回転方向に係合する。係合突部28a及び係合凹部27aは、軸線Cと垂直に交差する面において、軸線Cから所定量離れたところに形成されているので、回転子3に対するシャンク2の軸線Cまわりの相対回転を規制し、空回りすることなく、シャンク2の回転駆動力を回転子3に確実に伝達することができる。

【0040】

また、回転子3の凸部28の各々の凸稜線28bと、シャンク2の凹陷部27の各々の凹稜線とは、いずれも軸線Cを含む仮想平面内に形成されているので、磁力に抗する力で回転子3を軸線C方向に沿って引き離すことで、回転子3をシャンク2から取り外すことができ、回転子3の交換作業性に優れる。

【0041】

また、係合突部28a及び係合凹部27aが、軸線Cに対して点対称状に形成されているので、回転子3が被接合材（図示しない）から受ける反作用を偏りなくシャンク2の係合凹部27aに伝達することができ、係合突部28a及び係合凹部27aが偏荷重によって早期に破損することを防止し、耐久性を向上できる。さらに、係合突部28aが凸部28の凸稜線28bによって形成されているので、加工が容易で、摩擦攪拌接合用工具21の生産性に優れる。

【0042】

次に、図 5 (b) を参照して、摩擦攪拌接合用工具 31 は、回転子 3 の後端部に突設された凸部 38 が、軸線 C と直交方向に断面視して方形状に形成されており、高さ方向 (図 5 (b) の紙面奥側) に延設されて全体として四角柱状または四角錐状に形成されている。凸部 38 の外周面には、軸線 C に対して点対称状に複数 (本実施の形態においては 4 本) の凸稜線 38b が形成されており、この凸稜線 38b を形成する壁面が係合突部 38a となる。

【0043】

一方、シャンク 2 の前端部には、係合突部 38a を受け入れる凹陷部 37 が形成されている。凹陷部 37 は、軸線 C と直交方向に断面視して方形状に形成されて内周面に複数 (本実施の形態においては 4 本) の凹稜線が形成されている。凹稜線を形成する壁面が、係合突部 38a に対応した係合凹部 37a となる。係合凹部 37a をつくる各々の凹稜線は、軸線 C を含む仮想平面内に形成されている。

10

【0044】

この結果、凹陷部 37 に凸部 38 を挿入すると、回転子 3 の後端部に突設された係合突部 38a は、シャンク 2 の前端部に凹設された係合凹部 37a と軸線 C を中心とする回転方向に係合する。係合突部 38a 及び係合凹部 37a は、軸線 C と垂直に交差する面において、軸線 C から所定量離れたところに形成されているので、回転子 3 に対するシャンク 2 の軸線 C まわりの相対回転を規制し、空回りすることなく、シャンク 2 の回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達することができる。

【0045】

また、回転子 3 の凸部 38 の各々の凸稜線 38b と、シャンク 2 の凹陷部 37 の各々の凹稜線とは、いずれも軸線 C を含む仮想平面内に形成されているので、磁力に抗する力で回転子 3 を軸線 C と平行方向に引き離すことで、回転子 3 をシャンク 2 から容易に取り外すことができる。

20

【0046】

また、係合突部 38a が、軸線 C に対して点対称状に形成されているので、回転子 3 が被接合材 (図示しない) から受ける反作用を偏りなくシャンク 2 の係合凹部 37a に伝達することができ、係合突部 38a が偏荷重によって早期に破損することを防止して耐久性を向上できる。さらに、凸部 38 が全体として四角柱状または四角錐状に形成されているので、加工が容易で摩擦攪拌接合用工具 31 の生産性に優れると共に、凸部 38 の断面積を増加させて機械的強度を向上させる。

30

【0047】

次に、図 5 (c) を参照して、摩擦攪拌接合用工具 41 は、回転子 3 の凸部 48 が、軸線 C と直交方向に断面視して円形状に形成されており、高さ方向 (図 5 (d) の紙面奥側) に延設されて全体として円柱状または円錐状に形成されている。凸部 48 の外周面には、軸線 C に対して点対称状に形成された複数 (本実施の形態においては 2 本) の凹溝状の係合凹部 48a を備えている。係合凹部 48a は、凸部 48 の高さ方向 (図 5 (c) 紙面奥側) に亘って、軸線 C を含む仮想平面内に形成されている。

【0048】

一方、シャンク 2 に形成された凹陷部 47 の内周面には、係合凹部 48a と回転方向 (図 5 (c) において矢印で示す) に係合可能な複数 (本実施の形態においては 2 本) の突条の係合突部 47a が、凹陷部 47 の深さ方向 (図 5 (c) 紙面奥側) に亘って、軸線 C を含む仮想平面内に形成されている。

40

【0049】

これにより、上述したように、摩擦攪拌接合用工具 41 は、回転子 3 が空回りすることなく、シャンク 2 の回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達することができると共に、軸線 C 方向に沿って回転子 3 を挿抜できる。また、係合凹部 48a が、軸線 C に対して点対称状に形成されているので、回転子 3 が被接合材 (図示しない) から受ける反作用を偏りなくシャンク 2 の係合突部 47a に伝達することができる。

【0050】

50

次に、図 5 (d) を参照して、摩擦攪拌接合用工具 5 1 の回転子 3 の凸部 5 8 に、外周面の複数個所（本実施の形態においては 4 箇所）に、軸線 C と直交方向に断面視して半円形状の突条からなる係合突部 5 8 a が突設されている。係合突部 5 8 a は回転子 3 の後端部に突設され、凸部 5 8 の高さ方向（図 5 (e) の紙面奥側）亘って、同一断面形状で形成されている。

【0051】

一方、シャンク 2 に形成された凹陷部 5 7 の内周面には、係合突部 5 8 a が嵌挿される複数（本実施の形態においては 4 本）の凹溝状の係合凹部 5 7 a が形成されている。係合凹部 5 7 a は、シャンク 2 の前端部に凹設され、凹陷部 5 7 の深さ方向に亘って形成されている。これにより、摩擦攪拌接合用工具 5 1 は、回転子 3 が空回りすることなく、シャンク 2 の回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達することができると共に、回転子 3 を軸線 C 方向に沿って挿抜できる。また、係合突部 5 8 a が、軸線 C に対して点対称状に形成されているので、回転子 3 が被接合材（図示しない）から受ける反作用を偏りなく係合凹部 5 7 a に伝達することができる。さらに、係合突部 5 8 a の断面形状が、角張らない半円柱状のため、係合突部 5 8 a を欠け難くすることができ耐久性に優れる。

【0052】

次いで、図 6 を参照して、第 4 実施の形態について説明する。図 6 は本発明の第 4 実施の形態における摩擦攪拌接合用工具 6 1 の分解斜視図である。第 1 実施の形態から第 3 実施の形態においては、シャンク 2 の前端部に凹陷部 7, 17, 27, 37, 47, 57 が形成され、その凹陷部 7, 17, 27, 37, 47, 57 に挿入される凸部 8, 18, 28, 38, 48, 58 が回転子 3 の後端部に突設されており、回転子 3 の凸部 8, 18, 28, 38, 48, 58 の外周面に係合突部 8 a, 28 a, 38 a, 58 a 又は係合凹部 48 a が形成され、シャンク 2 の凹陷部 7, 17, 27, 37, 47, 57 の内周面に係合凹部 7 a, 27 a, 37 a, 57 a 又は係合突部 47 a が形成されている場合について説明した。これに対し、第 4 実施の形態においては、シャンク 2 に凹陷部 7, 17, 27, 37, 47, 57 や回転子 3 に凸部 8, 18, 28, 38, 48, 58 を形成することなく、シャンク 2 の前端部 6 2 に係合凹部 6 2 d が凹設され、回転子 3 の後端部 6 3 に係合突部 6 3 b が突設されている場合について説明する。なお、第 1 実施の形態と同一の部分については同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0053】

摩擦攪拌接合用工具 6 1 のシャンク 2 は、シャンク 2 の前端部 6 2 の中心に円筒状の切欠部 6 2 a が設けられている。また、シャンク 2 の前端部 6 2 の中心の切欠部 6 2 a から放射状に外周縁に向かって幅広となる略扇状の切欠部 6 2 b が複数個所（本実施の形態においては 4 か所）に形成されている。この結果、切欠部 6 2 a, 6 2 b の残部として、シャンク 2 の前端部 6 2 に 4 つの略扇状の係合突部 6 2 c が軸線 C に対して点対称状に突設されている。係合突部 6 2 c の側壁 6 2 d は、軸線 C に対して平行に形成されていると共に、回転方向に対して垂直に交差している。

【0054】

一方、摩擦攪拌接合用工具 6 1 の回転子 3 は、回転子 3 の後端部 6 3 の外周縁から中心に向かって幅狭となる略扇状の係合凹部 6 3 a が、軸線 C に対し点対称状となる複数個所（本実施の形態においては 4 か所）に凹設されている。回転子 3 の後端部 6 3 に凹設された 4 つの係合凹部 6 3 a には、シャンク 2 の前端部 6 2 に突設された 4 つの係合突部 6 2 c がそれぞれ挿入される。係合凹部 6 3 a の側壁 6 3 b は、軸線 C に対して平行に形成されていると共に、回転方向に対して垂直に交差している。

【0055】

ここで、本実施の形態においては、シャンク 2 の係合突部 6 2 c の高さは、回転子 3 の係合凹部 6 3 a の深さより少し小さめに形成されている。この結果、シャンク 2 の係合突部 6 2 c を回転子 3 の係合凹部 6 3 a に挿入すると、シャンク 2 の切欠部 6 2 a, 6 2 b の底部（シャンク 2 の第 1 面）が、回転子 3 の係合凹部 6 3 a の残部の頂部 6 3 c（回転子 3 の第 2 面）と軸線 C 方向に当接する。これにより、シャンク 2 に対する回転子 3 の軸

線C方向の相対移動を規制し、シャンク2からの軸線C方向の圧力を回転子3に確実に伝達できる。

【0056】

また、シャンク2の前端部62に突設された係合突部62cを回転子3の係合凹部63aに挿入すると、シャンク2の係合突部62cの側壁62dが、回転子3の係合凹部63aの側壁63bと摩擦撹拌接合用工具61の回転方向（図6において矢印で示す）に当接して係合する。係合突部62c及び係合凹部63aは、軸線Cと垂直に交差する面において、軸線Cから所定量離れたところに形成されているので、シャンク2からの回転駆動力を回転子3に確実に伝達できる。

【0057】

また、本実施の形態においては、回転子3の係合凹部63aの残部の頂部63c（第2面）および係合凹部63aの底部（第1面）が着磁されている。この結果、回転子3の後端部63をシャンク2の前端部62に磁力で吸着させることができる。さらに、係合突部62cの側壁62d及び係合凹部63aの側壁63bが、軸線Cに対して平行に形成されているので、シャンク2に吸着させた回転子3を、磁力に抗する力を加えて軸線Cと平行方向に移動させるだけで、容易に挿抜できる。

【0058】

以上のことから、摩擦撹拌接合用工具61は、回転子3が空回りすることなく、シャンク2の回転駆動力を回転子3に確実に伝達することができる。また、係合突部62c及び係合凹部63aが、軸線Cに対して点対称状に形成されているので、回転子3が被接合材（図示しない）から受ける反作用を偏りなく係合突部62cに伝達することができる。さらに、回転子3の後端部63に係合凹部63aが凹設され、シャンク2の前端部62に係合突部62cが突設されているので、放電加工で係合突部62cや係合凹部63aを形成する場合の加工量を減らすことができ、摩擦撹拌接合用工具61の生産性に優れる。

【0059】

以上、実施の形態に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良変形が可能であることは容易に推察できるものである。例えば、上記実施の形態で挙げた数値（例えば、各構成の数量や寸法等）は一例であり、他の数値を採用することは当然可能である。

【0060】

上記第1実施の形態では、回転子3の凸部8の外周面に沿って8本の係合突部8aが突設され、これに対応する係合凹部7aがシャンク2の前端部に凹設された場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、係合突部8a及び係合凹部7aの数は適宜設定することが可能である。但し、係合突部8a及び係合凹部7aの数を多くするにつれ、1組の係合突部8a及び係合凹部7aに作用する回転方向の力を分散させて係合突部8a及び係合凹部7aを破損し難くできると共に、係合突部8aと係合凹部7aとの接触面積を増やし、回転子3からシャンク2への熱伝導特性を向上させることができる。なお、係合突部8a及び係合凹部7aの数は3～8組が好ましい。2組以下となると熱伝導特性が低下し、9組以上となると断面積が低下し係合突部8aの機械的強度が低下するからである。

【0061】

上記実施の形態では、シャンク2は磁性材料である工具鋼で形成されている場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、他の磁性材料を用いることが可能である。他の磁性材料としては、一般構造用鋼等の鋼、ケイ素鋼、パーマロイ、アモルファス磁性合金などを用いることが可能である。これらの磁性材料を用いた場合にも、後端部を着磁させた回転子を、シャンクに吸着させることが可能である。

【0062】

上記第1実施の形態では、凹陷部7の深さが、凸部8の高さより少し深めに形成されている場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。凹陷部7の深さを、凸部8の高さより少し浅めに形成することも可能である。この場合は、回転子3の後端

10

20

30

40

50

部の凸部 8 をシャンク 2 の凹陷部 7 に挿入すると、凸部 8 の頂部が軸線 C 方向に当接し、凹陷部 7 の底部および凸部 8 の頂部が第 1 面および第 2 面となる。この場合も、シャンク 2 からの軸線 C 方向の圧力を回転子 3 に確実に伝達できる。

【0063】

上記第 3 実施の形態では、回転子 3 の後端部の凸部 2 8 の断面視が三角状の場合、凸部 3 8 の断面視が方形状の場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。凸部の断面視を矩形状とすることも可能である。また、凸部の断面視を五角形状や六角形状の多角形状とすることも可能である。これらの場合も、シャンク 2 からの軸線 C の廻りの回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達できる。

【0064】

上記第 1 実施の形態から第 3 実施の形態においては、シャンク 2 の前端部に凹陷部 7, 1 7, 2 7, 3 7, 4 7, 5 7 が形成され、回転子 3 の後端部にその凹陷部に挿入可能な凸部 8, 1 8, 2 8, 3 8, 4 8, 5 8 が形成された場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。回転子 3 の後端部に凹陷部を形成し、シャンク 2 の前端部に凸部を形成することも可能である。これらの場合も、回転子 3 をシャンク 2 に挿抜可能とすることができる。

【0065】

上記第 4 実施の形態では、シャンク 2 の前端部 6 2 に突設された係合突部 6 2 c の側壁 6 2 d 及び回転子 3 の後端部 6 3 に形成された係合凹部 6 3 a の側壁 6 3 b が、軸線 C に対して平行に形成されており、回転方向に対して直交している場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。係合突部 6 2 c の側壁 6 2 d を回転方向に対して傾斜させる（係合突部 6 2 c の軸線 C に対して垂直方向における断面積を底部から頂部に向けて狭くする）と共に、係合凹部 6 3 a の側壁 6 3 b を回転方向に対して傾斜させる（係合凹部 6 3 a の軸線 C に対して垂直方向における面積を上部から底部に向けて狭くする）ことも可能である。摩擦攪拌接合法は、シャンク 2 及び回転子 3 を高速回転させながら、シャンク 2 で回転子 3 を被接合材（図示しない）に押し付けて接合を行う方法であるから、側壁 6 2 d, 6 3 b が回転方向に対して傾斜していても、係合凹部 6 3 a 及び係合突部 6 2 c が滑ることなく噛み合う。このため、シャンク 2 からの軸線 C の廻りの回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達できる。

【0066】

上記第 4 実施の形態では、係合突部 6 2 c 及び係合凹部 6 3 a の正面視が扇状に形成された場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。係合突部 6 2 c 及び係合凹部 6 3 a の正面視を矩形状や三角状とすることも可能である。この場合も、シャンク 2 からの軸線 C の廻りの回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達でき、シャンク 2 からの軸線 C 方向の圧力を回転子 3 に確実に伝達できる。

【0067】

上記第 4 実施の形態では、シャンク 2 の前端部 6 2 に係合突部 6 2 c が突設され、回転子 3 の後端部 6 3 に係合凹部 6 3 a が凹設された場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、シャンク 2 の前端部 6 2 に係合凹部を凹設し、回転子 3 の後端部 6 3 に係合突部を突設することも可能である。この場合も、シャンク 2 からの軸線 C の廻りの回転駆動力を回転子 3 に確実に伝達でき、シャンク 2 からの軸線 C 方向の圧力を回転子 3 に確実に伝達できる。

【符号の説明】

【0068】

1, 1 1, 2 1, 3 1, 4 1, 5 1, 6 1	摩擦攪拌接合用工具
2	シャンク
2 a	第 1 面
3	回転子
3 a, 6 3 c	第 2 面
4	回転子本体

10

20

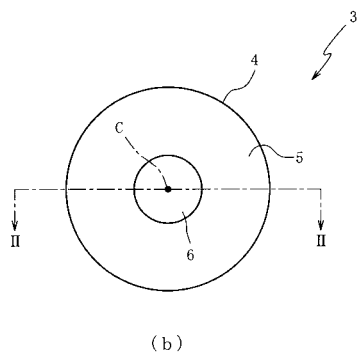
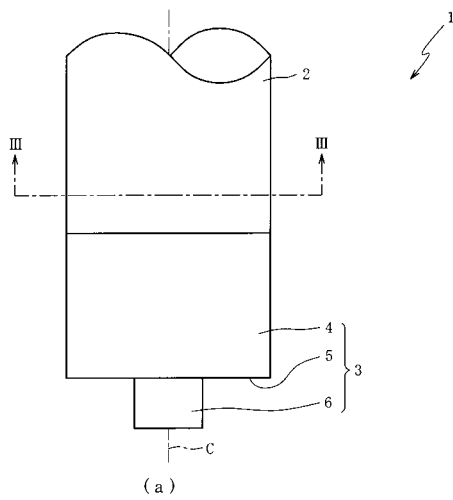
30

40

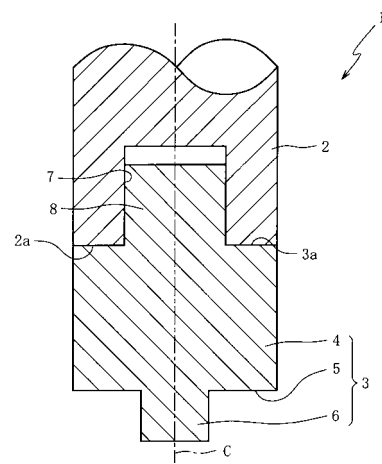
50

6	ピン
7 a, 2 7 a, 3 7 a, 4 8 a, 5 7 a, 6 3 a	係合凹部
8 a, 2 8 a, 3 8 a, 4 7 a, 5 8 a, 6 2 c	係合突部
C	軸線

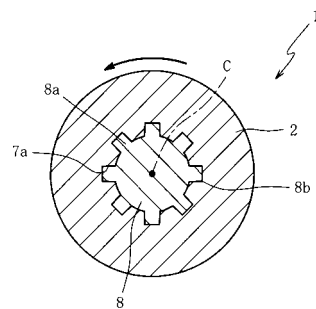
【図 1】



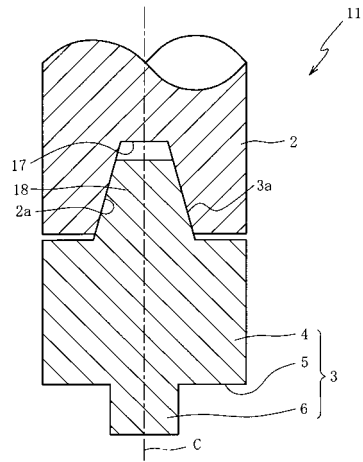
【図 2】



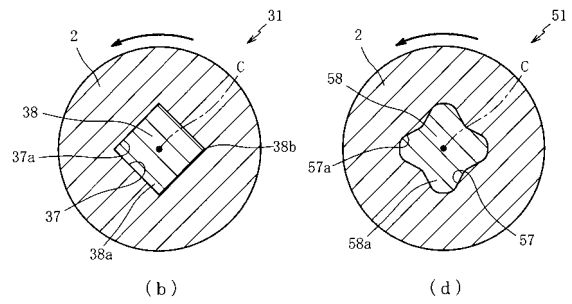
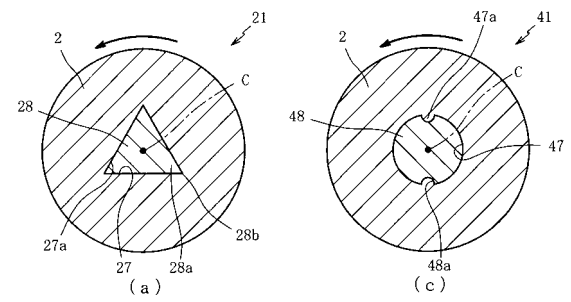
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

