

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3867475号  
(P3867475)

(45) 発行日 平成19年1月10日(2007. 1. 10)

(24) 登録日 平成18年10月20日(2006. 10. 20)

(51) Int. Cl.

**B 2 3 K 20/12 (2006.01)**

F I

B 2 3 K 20/12 3 6 4

B 2 3 K 20/12 3 4 4

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2000-130039 (P2000-130039)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成12年4月28日(2000. 4. 28)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2001-314981 (P2001-314981A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成13年11月13日(2001. 11. 13)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成16年2月9日(2004. 2. 9)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100101306
			弁理士 丸山 幸雄
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(72) 発明者	野村 誠治
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		(72) 発明者	玄道 俊行
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属部材の処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予め3次元形状に成形された複数の金属部材を部分的に重ね合わせ、  
平面状の先端部の略中央に凹部が形成され、軸心周りに回転可能な円筒状の回転工具と、当該回転工具より大径の受け部材とが互いに対向するように取り付けられた多関節ロボットのアーム部により前記回転工具と前記受け部材とを前記金属部材における点在する複数の接合部分に移動させ、

前記複数の接合部分の各々において前記回転工具と前記受け部材とで前記複数の金属部材を挟み込むことで、前記回転工具を回転させながらその先端部を最外表面の金属部材の接合部分に押圧し、当該接合部分の金属組織を摩擦により前記回転工具の回転方向及び金属部材の厚さ方向に攪拌して非溶融の攪拌層を形成すると共に、当該攪拌層を前記回転工具と非接触の金属部材にまで拡大し、前記複数の金属部材をスポット接合することを特徴とする金属部材の処理方法。

【請求項 2】

前記受け部材に代えて軸心周りに回転可能な回転工具を前記多関節ロボットのアームに取り付け、

2つの前記回転工具を回転させながら前記最外表面の金属部材の接合部分を押圧することを特徴とする請求項 1 に記載の金属部材の処理方法。

【請求項 3】

前記2つの回転工具を互いに逆回転させることを特徴とする請求項 2 に記載の金属部材

10

20

の処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アルミニウム合金製鋳物や板材等の金属部材の処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の接合技術は、板材や予め3次元形状にプレス成形された金属部材を重ね合わせ、電気抵抗溶接やアーク溶接、接着剤、ボルト締結、リベット等によって接合している。

【0003】

そして、金属部材が複雑な3次元形状の場合、複数点在する接合部分に対して局所的に接合できるスポット溶接が用いられる。

【0004】

また、他の接合技術として、非溶融の状態での摩擦攪拌する接合方法が特許第2712838号公報に開示されている。この接合技術は、2つの部材を突き合わせた接合面にプローブと呼ばれる突起部を回転させながら挿入及び並進させ、接合面近傍の金属組織を摩擦熱により可塑化させて結合するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記公報に記載の接合技術では、金属部材の表面にプローブを差し込んで移動させるため、プローブの移動軌跡における始点及び終点にプローブを抜き差しした溶接跡(穴)が残ってしまう。このため、溶接跡が見える部位には用いることができないという外観上の問題や、後処理で溶接跡を取り除けるように予め余肉部を形成し、この余肉部にプローブの移動始点及び終点を持ってくるといった工夫が必要であったり、溶接跡が残る場合には金属部材の疲労強度が低下するという問題がある。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされ、その目的は、熱歪みや溶接跡を発生させずに、金属部材同士を強固に接合できる金属部材の処理方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明の金属部材の処理方法は、予め3次元形状に成形された複数の金属部材を部分的に重ね合わせ、平面状の先端部の略中央に凹部が形成され、軸心周りに回転可能な円筒状の回転工具と、当該回転工具より大径の受け部材とが互いに対向するように取り付けられた多関節ロボットのアーム部により前記回転工具と前記受け部材とを前記金属部材における点在する複数の接合部分に移動させ、前記複数の接合部分の各々において前記回転工具と前記受け部材とで前記複数の金属部材を挟み込むことで、前記回転工具を回転させながらその先端部を最外表面の金属部材の接合部分に押圧し、当該接合部分の金属組織を摩擦により前記回転工具の回転方向及び金属部材の厚さ方向に攪拌して非溶融の攪拌層を形成すると共に、当該攪拌層を前記回転工具と非接触の金属部材にまで拡大し、前記複数の金属部材をスポット接合する。

【0008】

また、好ましくは、前記受け部材に代えて軸心周りに回転可能な回転工具を前記多関節ロボットのアームに取り付け、2つの前記回転工具を回転させながら前記最外表面の金属部材の接合部分を押圧する。

【0009】

また、好ましくは、前記2つの回転工具を互いに逆回転させる。

【0014】

【発明の効果】

本発明によれば、先端部の略中央に凹部が形成された回転工具を用いて、接合部分の金属組織を摩擦により回転工具の回転方向及び金属部材の厚さ方向に攪拌して非溶融の攪拌

10

20

30

40

50

層を形成すると共に、当該攪拌層を回転工具と非接触の金属部材にまで拡大し、複数の金属部材をスポット接合することにより、先端部が平滑な工具を用いた場合に比べて、金属組織の全てが十分に攪拌されて、接合強度が高まる。

また、多関節ロボットにより回転工具と受け部材とを金属部材における点在する複数の接合部分に移動させて接合するので、複雑な3次元形状を有し、回転工具を連続して移動できないような接合部分を局所的に接合でき、プレス成形後であっても接合可能になる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0022】

図1は、本発明に係る実施形態の重ね合わせ接合方法を説明する回転工具付近の拡大図である。

【0023】

本実施形態の接合方法は、アルミニウム合金製の板材や予め3次元形状にプレス成形された金属部材の接合に適用され、少なくとも2枚の金属部材を重ね合わせて、最外表面の第1金属部材W1に回転工具1を押圧することにより、重ね合わされた第1及び第2金属部材W1、W2間の金属組織を摩擦熱により非溶融で攪拌して接合するものである。

【0024】

そして、非溶融で攪拌するので、電気抵抗溶接等で発生する熱歪み等の問題を解消することができる。

【0025】

ここで、非溶融で攪拌する状態とは、母材に含有される各成分或いは共晶化合物の中で最も融点が高いものよりもさらに低い温度下で摩擦熱により金属組織を軟化させて攪拌することを意味する。

【0026】

図1に示すように、摩擦攪拌による接合方法は、少なくとも2枚の金属部材W1、W2を重ね合わせ、先端部3が平面状の円筒状の回転工具1を、その軸心周りに回転させながら、先端部3を最外表面の第1金属部材W1に押し付けて、第1金属部材W1、W2を非溶融の状態では摩擦により攪拌させて非溶融攪拌層を形成すると共に、第2金属部材W2にまで非溶融摩擦攪拌層を拡大して第1及び第2金属部材W1、W2を接合する。

【0027】

また、第1及び第2金属部材W1、W2を挟むように回転工具1の先端部3に対向するよう受け部材4が配置されている。受け部材4の外径は、回転工具1の外径以上に設計されている。

【0028】

回転工具1は直径1が10～15mm程度である。回転工具1及び受け部材4は、金属部材よりも硬度の高い鋼材（超合金等）で形成された非摩耗型工具であるが、金属部材は回転工具1より軟質の材質であれば、アルミニウム合金に限定されない。

【0029】

また、図3にも示すように、回転工具1は、先端部3の略中央に凹部3aが形成されている。また、受け部材4の先端部5の略中央にも凹部5aが形成されている。

【0030】

尚、回転工具1の凹部3aと受け部材4の凹部5aとは、いずれか一方又は両方に設けることができる。

【0031】

回転工具1は、後述する多関節ロボット10のアームに回転可能に取り付けられ、接合される金属部材が複雑な3次元形状の場合、複数点在する接合部分に対してスポット的に（局所的に）接合できるよう構成されている。

【0032】

図2は、回転工具を保持及び駆動する多関節ロボットの概略図である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

図 2 に示すように、多関節ロボット 1 0 は、ベース 1 1 に設けられた関節 1 2 に連結されて y 軸中心に揺動すると共に、関節 1 3 で z 軸中心に回転する第 1 アーム 1 4 と、関節 1 5 を介して第 1 アーム 1 4 に連結されて y 軸中心に揺動すると共に、関節 1 6 で x 軸中心に回転する第 2 アーム 1 7 と、関節 1 8 を介して第 2 アーム 1 7 に連結されて y 軸中心に揺動する第 3 アーム 1 9 とを有する。

## 【 0 0 3 4 】

第 3 アーム 1 9 は、回転工具 1 が回転可能に取り付けられると共に、回転工具 1 を回転駆動するモータ 2 0 と、回転工具 1 の先端部 3 に対向するよう配置される受け部材 4 とを備える。回転工具 1 の先端部 3 と受け部材 4 の先端部との間隔はアクチュエータ 2 2 により 10 可変となっており、接合時の金属部材に対する押圧力や 3 枚以上重ね合わせた金属部材でも対応できるよう設計されている。

## 【 0 0 3 5 】

多関節ロボット 1 0 の各アーム、モータ、アクチュエータの動作は、予めティーチングされて制御部 3 0 がコントロールする。

## 【 0 0 3 6 】

回転工具 1 の金属部材に対する押圧力は、金属部材の総板厚や重ね合わせ枚数等に基づいて接合部分ごとに設定され、個々の金属部材の板厚が異なる場合にも適用できる。

## 【 0 0 3 7 】

また、図 4 に示すように、3 枚以上の第 1 乃至第 3 金属部材 W 1 ~ W 3 を接合する場合には、同一外径を有する一对の回転工具 1 A , 1 B で金属部材を挟み込んで接合する。この場合、図 2 の受け部材 4 に代えて回転工具 1 B を回転可能に多関節ロボット 1 0 に取り付けて、互いに対向する回転工具 1 A , 1 B の先端部 3 A , 3 B で第 1 乃至第 3 金属部材 W 1 ~ W 3 を挟み込みながら、各回転工具 1 A , 1 B を逆回転させる。 20

## 【 0 0 3 8 】

また、第 1 及び第 2 金属部材 W 1 、 W 2 の板厚が異なる場合でも接合可能であるが、特に、薄肉側から回転工具 1 を押圧させるとより攪拌しやすくなり、均一な接合処理が実現できる。

## 〔 接合時の金属組織の塑性流動 〕

図 5 は、回転工具の先端部が平滑な場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。 30  
図 6 は、回転工具の先端部に凹部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

## 【 0 0 3 9 】

図 5 に示すように、先端部 3 が平滑な回転工具 1 を用いた場合（受け部材 4 の先端部 5 は、説明の便宜上平滑とする）、所定回転数で回転する回転工具 1 を第 1 金属部材 W 1 に略垂直に押し当てていくと、回転工具 1 と第 1 金属部材 W 1 との間に摩擦が生じて、その表面が軟化して第 1 及び第 2 金属部材 W 1 、 W 2 間の金属組織が非溶融の状態に攪拌されていく。そして、更に回転工具 1 による第 1 金属部材 W 1 に対する押圧力を高めていくと、回転工具 1 に非接触の金属部材 W 2 にまで非溶融の摩擦攪拌層が拡大して、最終的に重ね合わされた第 1 及び第 2 金属部材 W 1 、 W 2 が溶融されることなく接合される 40

## 【 0 0 4 0 】

図 6 に示すように、先端部 3 に凹部 3 a が形成された回転工具 1 を用いた場合（受け部材 4 の先端部 5 は、説明の便宜上平滑とする）、所定回転数で回転する回転工具 1 を第 1 金属部材 W 1 に略垂直に押し当てていくと、回転工具 1 と第 1 金属部材 W 1 との間に摩擦が生じて、その表面が軟化して第 1 及び第 2 金属部材 W 1 、 W 2 間の金属組織が非溶融の状態に攪拌されていく。そして、更に回転工具 1 による第 1 金属部材 W 1 に対する押圧力を高めていくと、回転工具 1 に非接触の第 2 金属部材 W 2 にまで非溶融の摩擦攪拌層が拡大し始める。このとき、金属組織は工具 1 の回転方向に攪拌されると共に、凹部 3 a 内で肉厚方向（金属部材の接合面と交差する方向）に攪拌されて、最終的に重ね合わ 50

された第1及び第2金属部材W1、W2が溶融されることなく接合される。

【0041】

また、回転工具1の凹部3aは攪拌される金属組織の周速が略ゼロとなる凹部内での塑性流動を促進し、受け部材4の凹部5aを設けた場合には回転工具1に接触しない金属部材の塑性流動を促進する。

【0042】

上述のように、回転工具1の先端部3に凹部3aを設けた場合には、接合すべき金属組織の全てが十分に攪拌されて、接合強度が高まるのに対して、凹部3aを設けずに平滑な場合には、金属部材の接合面と交差する方向への攪拌が不十分なため、接合強度は弱いものとなる。

10

[試験結果]

本実施形態の接合処理では、金属部材としてJISで規格化された6000系鋼板(Al-Mg-Si鋼板)を一例として用いるが、5000系鋼板(Al-Mg鋼板)や他の金属材料でも適用可能である。

【0043】

図7は、本実施形態の非溶融摩擦攪拌による接合強度試験方法を示す図である。図8は、図7の接合強度試験方法による結果を示す図である。

【0044】

図7の接合強度試験は、接合された第1及び第2金属部材W1、W2を互いに相反する方向に引張って、接合面が剥がれた時点での引張力を接合強度として測定している。

20

【0045】

また、接合条件は、工具回転数が2000rpm、回転工具1の先端部3の直径が10mm、押圧保持時間は0.2mm押し込み後の時間、金属部材は6000系、板厚が1mmのものを用いた。

【0046】

図8に示すように、先端部3に凹部3aが形成された回転工具1を用いた方が、先端部3が平滑な工具の場合に比べて、接合強度が高くなって要求強度を満たす。

【0047】

また、先端部3が平滑な工具の場合では、図13に示すように、破壊時に金属部材の接合面から剥がれる剥離破断となるのに対して、先端部3に凹部3aが形成された工具を用いた場合には、図11及び図12に示すように、破壊時に接合面は剥がれずに、回転工具1の周囲に対応する部分Waから破断するボタン破断となるため、接合強度が高いことがわかる。

30

【0048】

更に、図14乃至図17に示すように、先端部3に凹部3aが形成された工具を用いて接合した場合には、金属組織の接合界面が均一になるよう十分攪拌されて接合されるため、接合強度が高くなる。

【0049】

また、回転工具1の金属部材に対する押圧保持時間が長いほど接合強度は高くなるが、約10秒以上押圧保持すると、先端部3に凹部3aが形成された回転工具1を用いた場合でも、先端部3が平滑な工具の場合でも接合強度は略同じとなる。

40

[金属部材形状]

本実施形態では、予め3次元形状にプレス成形された金属部材の接合に適している。即ち、図9に示す自動車の車体フレームW1と補強部材W2の接合のように、プレス成形により金属部材が複雑な3次元形状を有し、回転工具1を連続して移動できないような複数点に在る接合部分Pに対して、本実施形態の接合方法を用いることにより局所的に溶接でき、プレス成形後であっても接合可能となる。

【0050】

[変形例]

本実施形態の変形例として、金属部材の歪みを抑制するために、金属部材の接合部分を

50

冷却しながら接合することもできる。冷却方法としては、冷却水中で接合したり、接合部分に冷却水を供給すればよい。

【0051】

また、接合時に金属部材に発生するばりWb（図1.1参照）を取り除くために、図1.0に示すように、回転工具1の先端近傍の側面に拡径部1aを形成してもよい。拡径部1aの軸心方向の位置は、金属部材に押し込まれる先端部3の押し込み量だけ上方に形成される。また、拡径部1aを金属部材を抑えるために用いてもよい。

【0060】

尚、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で上記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施形態の重ね合わせ接合方法を説明する回転工具付近の拡大図である。

【図2】 回転工具を保持及び駆動する多関節ロボットの概略図である。

【図3】 金属部材の接合方法を説明する図である。

【図4】 3枚以上の金属部材の接合方法を説明する図である。

【図5】 回転工具の先端部が平滑な場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

【図6】 回転工具の先端部に凹部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

20

【図7】 本実施形態の非溶融摩擦攪拌による接合強度試験方法を示す図である。

【図8】 図7の接合強度試験方法による結果を示す図である。

【図9】 予め3次元形状にプレス成形された金属部材として、自動車の車体フレームを接合する場合について示す図である。

【図1.0】 本実施形態の回転工具の変形例として、工具の外周に拡径部を形成した回転工具を示す図である。

【図1.1】 本実施形態により接合された金属部材の接合部分の金属組織を示す断面図である。

【図1.2】 接合強度試験によるボタン破断時の金属部材の状態を示す図である。

【図1.3】 接合強度試験による剥離破断時の金属部材の状態を示す図である。

30

【図1.4】 図1.1に対応し、本実施形態により接合された金属部材の接合部分の金属組織の断面写真を示す図である。

【図1.5】 図1.4のI部の拡大写真を示す図である。

【図1.6】 図1.5のII部の金属部材の金属組織の断面写真を示す図である。

【図1.7】 図1.6の拡大写真を示す図である。

【符号の説明】

1 回転工具

3 先端部

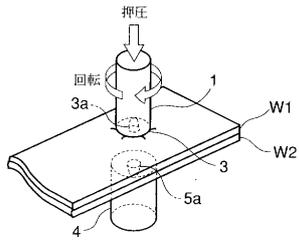
4 受け部材

10 多関節ロボット

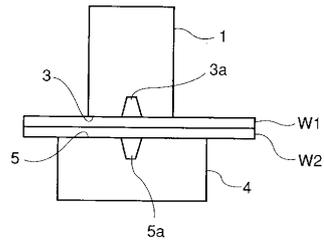
40

W1 ~ W3 金属部材

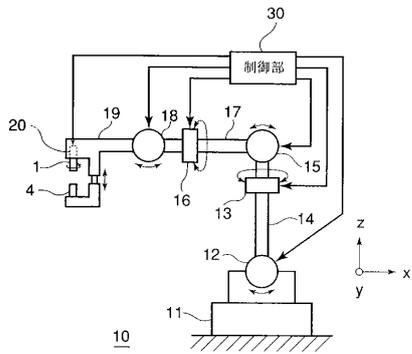
【図1】



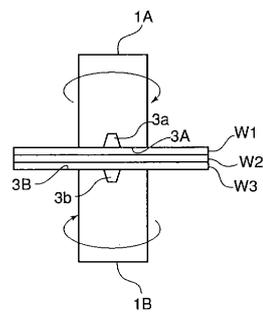
【図3】



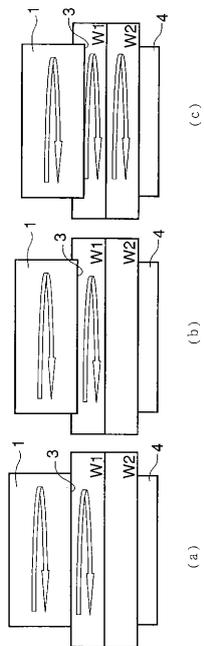
【図2】



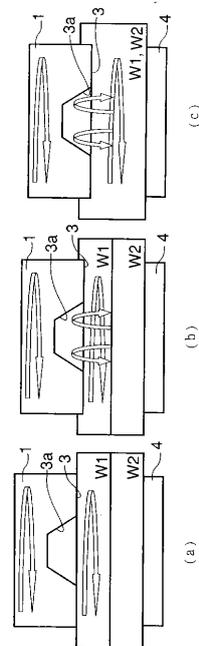
【図4】



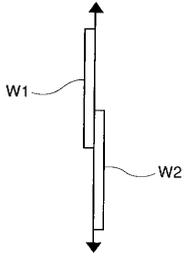
【図5】



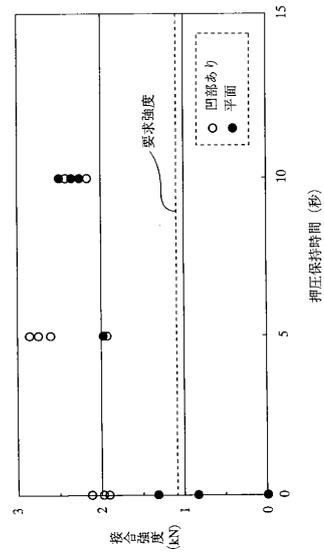
【図6】



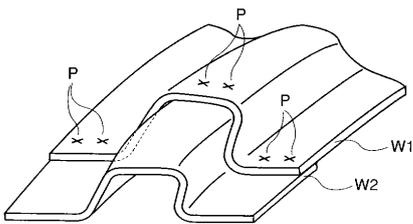
【 図 7 】



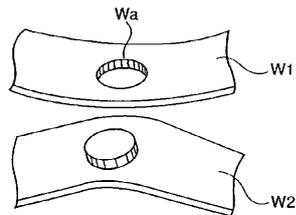
【 図 8 】



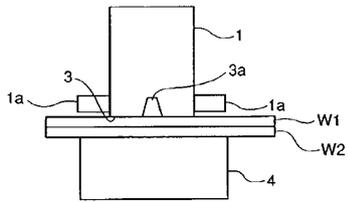
【 図 9 】



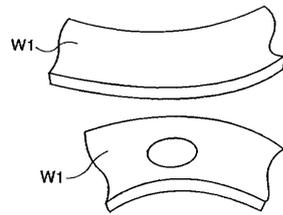
【 図 12 】



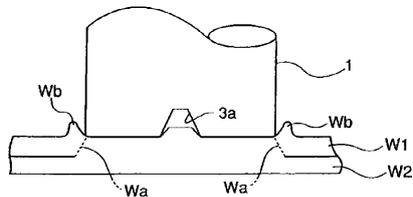
【 図 10 】



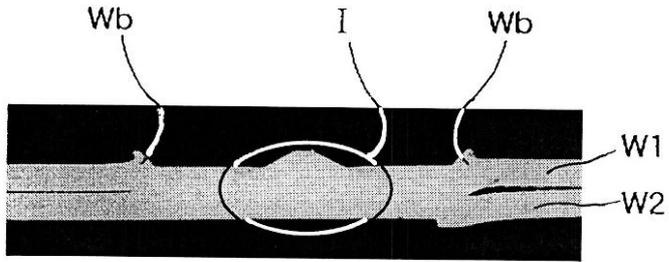
【 図 13 】



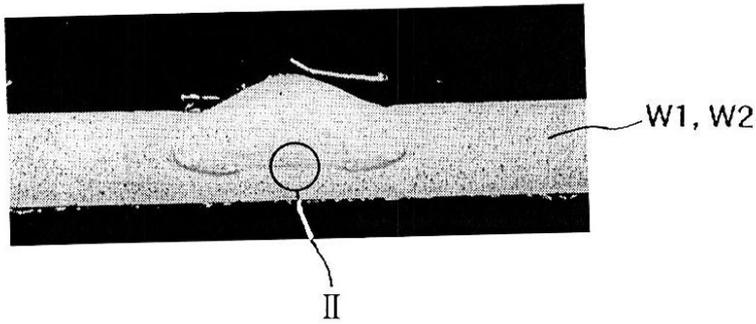
【 図 11 】



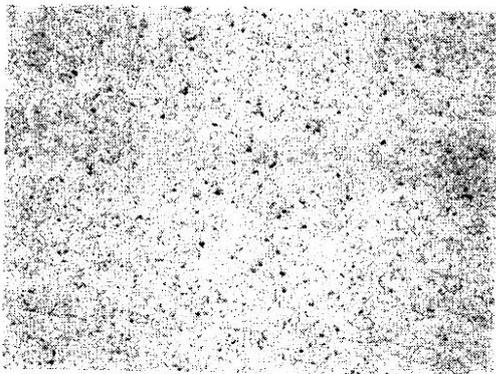
【 図 1 4 】



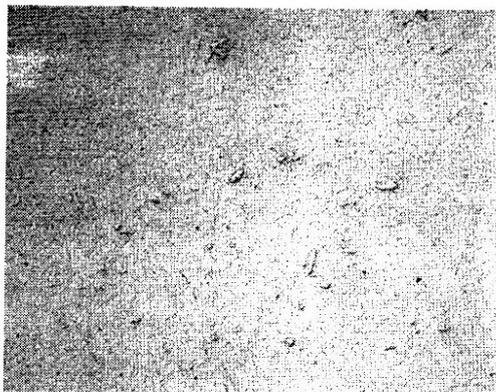
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



---

フロントページの続き

審査官 加藤 昌人

(56)参考文献 独国特許出願公開第19731638(DE,A1)

特公昭60-033587(JP,B2)

特開2000-042781(JP,A)

特開平10-052769(JP,A)

特開平10-137951(JP,A)

特開平10-183316(JP,A)

篠田 剛,Friction Stir Weldingの概勢,軽金属溶接,日本,軽金属溶接構造協会,1999  
年 9月13日,Vol.37, No.9

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B23K 20/12