(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2004 年12 月9 日 (09.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/105994 A1

(51) 国際特許分類[7]: B23K 20/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008011

(22) 国際出願日: 2004 年6 月2 日 (02.06.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-156602 2003 年6 月2 日 (02.06.2003) JP
特願2004-118069 2004 年4 月13 日 (13.04.2004) JP
特願2004-149581 2004 年5 月19 日 (19.05.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区大手町二丁目６番３号 Tokyo (JP). 福寿工業株式会社 (FUKUJU INDUSTRY CORPORATION LTD) [JP/JP]; 〒5016274 岐阜県羽島市小熊町西小熊４００５番地 Gifu (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長谷川 泰士 (HASEGAWA, Yasushi) [JP/JP]; 〒2938511 千葉県富津市新富２０－１ 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP). 本間 竜一 (HONMA, Ryuichi) [JP/JP]; 〒2938511 千葉県富津市新富２０－１ 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP). 高木 豊 (TAKAGI, Yutaka) [JP/JP]; 〒5016274 岐阜県羽島市小熊町西小熊４００５番地 福寿工業株式会社内 Gifu (JP).

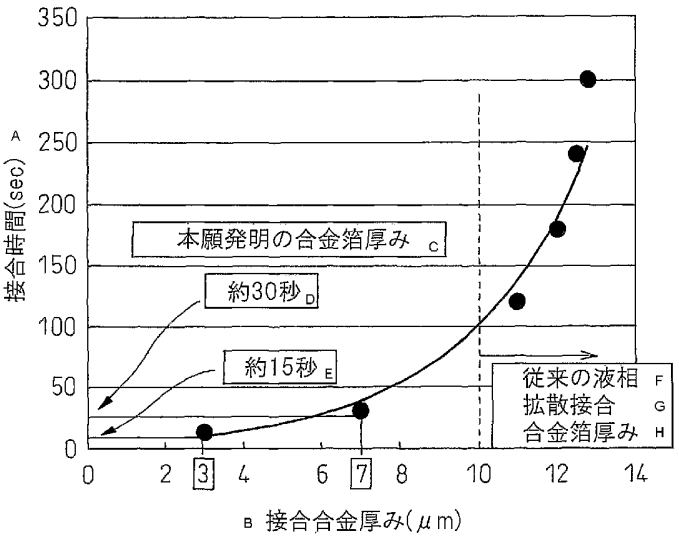
(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目５番１号 虎ノ門３７森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: LIQUID PHASE DIFFUSION WELDING METHOD FOR METALLIC MACHINE PART AND METALLIC MACHINE PART

(54) 発明の名称: 金属機械部品の液相拡散接合方法および金属機械部品



A...WELDING TIME
B...THICKNESS OF ALLOY TO BE WELDED
C...THICKNESS OF ALLOY FOIL IN INVENTION OF THIS APPLICATION
D...APPROXIMATELY 30 SEC.
E...APPROXIMATELY 15 SEC.
F...CONVENTIONAL LIQUID PHASE
G...DIFFUSION WELDING
H...THICKNESS OF ALLOY FOIL

(57) Abstract: A liquid phase diffusion welding method for a metallic part capable of increasing the quality and productivity of a joint part by achieving the shortage of welding time, the uniformization of welding structure, and increases in the tensile strength and fatigue strength of a joint to increase the quality and reliability thereof. An amorphous alloy foil for liquid phase diffused welding is disposed on the fusion face of a metal material. As a primary welding, the amorphous alloy foil and the metal material are fused and press-welded to each other by a resistance welding to form the joint part. As a second welding, the joint part is re-heated to the melting point of the amorphous alloy foil or higher and then the temperature is maintained until the solidification of the joint part is completed.

[続葉有]

WO 2004/105994 A1

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

接合時間の短縮化、接合組織の均一化および引張強度、疲労強度等の継ぎ手品質・信頼性の向上を達成し、継ぎ手部の品質と生産性に優れた金属部品の液相拡散接合方法である。

金属材料の開先面に液相拡散接合用の非晶質合金箔を介在させ、一次結合として、抵抗溶接により前記非晶質合金箔と前記金属材料とを溶融圧接して継ぎ手部を形成し、次に二次結合として、前記継ぎ手部を前記非晶質合金箔の融点以上に再加熱した後、保持して前記継ぎ手部の凝固過程を完了させる液相拡散接合を行う。

明　細　書

金属機械部品の液相拡散接合方法および金属機械部品

技術分野

本発明は、金属機械部品の製造方法および金属機械部品に関し、詳しくは、自動車用部品などに用いられる金属機械部品の液相拡散接合方法および金属機械部品に関する。

背景技術

従来、金属材料同士の接合方法として溶接方法が主に用いられてきたが、近年、これに替わる新たな工業的接合技術として、液相拡散接合法の適用が普及しつつある。

液相拡散接合法とは、被接合材料の接合面、すなわち開先面間に、被接合材料に比較して低融点の非晶質合金箔、具体的には結晶構造の５０％以上が非晶質であり、かつ拡散律速の等温凝固過程を経て接合継ぎ手を形成する能力を有する元素、例えば、Ｂ或いはＰを含有し、ＮｉないしＦｅの基材からなる多元合金箔を介在させた後、継ぎ手をこの非晶質合金箔の融点以上の温度に加熱・保持し、等温凝固過程で継ぎ手を形成する技術である。

この液相拡散接合法は、通常の溶接法に比べて低入熱で接合が可能であるため熱膨張、収縮に伴う溶接部の残留応力が殆ど生じないこと、溶接法のような溶接部の余盛りが発生しないことから接合表面が平滑で、しかも精密な接合継ぎ手を形成できるという特徴を有している。

特に、液相拡散接合は面接合であるため、接合面の面積に依存することなく接合時間が一定で、しかも比較的短時間で接合が完了し

うるという点から従来の溶接法とは全く異なった概念の接合技術である。従って、被接合材の開先面間に挿入した非晶質合金箔の融点以上の温度に継ぎ手を所定時間保持できれば、その開先形状を選ばずに、面同士の接合を実現できるという利点を有している。

本出願人は、この液相拡散接合法を用いて内部に管路を備えた金属製機械部品を製造する方法について既に特開２００３－１８１６５１号公報および特開２００１－３２１９６３号公報で提案した。

しかし、これらの特許文献に開示された液相拡散接合は接合時間が比較的短時間であるものの、拡散律速で等温凝固が進行する以上、非晶質合金箔中の拡散原子が継ぎ手の融点を十分に上昇させるに足る量だけ被接合材中へ拡散・散逸するためには、厚さ１０μｍの非晶質合金箔を用いた場合で、合金箔の融点以上の温度に相当する、約９００～１３００℃で約６０秒以上の等温保持をする必要がある。

液相拡散接合に用いる非晶質合金箔の厚さを薄くすることにより、ある程度までは接合時間を短くすることは可能となるものの、被接合材開先面の加工精度による接合欠陥および継ぎ手強度の劣化への影響が大きくなるため合金箔の厚さ低下にも限界がある。実際には、接合用箔の融点降下のために拡散原子の濃度を高めたり、被接合材料の化学成分に依存することで接合用合金箔は接合時に母材溶融を誘引し、この結果、実質的な接合用合金箔の厚みは５０μｍを超えることが少なくない。

また、液相拡散接合における加圧応力を高めることによっても、ある程度までは接合時間を短くすることは可能となるものの、加圧応力を高くすることにより被接合材料の座屈変形が生じやすくなるため、加圧応力の増加にも限界がある。

したがって、特開２００３－１８１６５１号公報および特開２０

０１－３２１９６３号公報に開示された液相拡散接合を用いて金属製機械部品の製造する方法において、金属製機械部品の生産性の向上および製造コストの低減のために液相拡散接合の継ぎ手品質を維持しつつ接合時間を従来よりも短縮することが工業的な課題となっていた。

一方、従来から金属製機械部品の接合に多く用いられている接合技術として、電気抵抗溶接法が知られている。

電気抵抗溶接法は、金属に電流を流して生じる抵抗加熱を利用し、大電流を与えて瞬時に被接合材の開先を溶融させつつ開先を加圧し、接合継ぎ手を形成する方法である。

例えば、熱電対を温度測定用に被測温体に溶着したり、自動車のフレーム材に鋼板を接合するなど、比較的接合面積が小さく、高い接合強度を要求しない場合には、スポット溶接、プロジェクション溶接、アップセット溶接などの電気抵抗溶接法が簡易接合法として多用され、逆に、比較的接合面積の大きい開先を接合する場合には、大電流で高い加圧力を付加できるフラシュバット溶接や連続電気抵抗溶接が金属鋼管のシーム溶接等で利用されている。

しかし、これらの抵抗溶接を用いて金属製機械部品を製造する場合には、接合条件の変動により、例えば、接合部での酸化物系介在物の残留による接合欠陥や、溶接電流不足による、所謂「冷接」と呼ばれる溶融不十分による溶接欠陥が発生する場合がある。また、接合時の加圧により大きな変形が生じ、溶接部において微細な割れが発生したり、開先端部が未接合状態で残存することにより、継ぎ手性能、特に疲労強度の低下の原因となっていた。特に少なくとも一方が円筒状金属材料を被溶接材料とする場合に継ぎ手疲労強度の低下が顕著となる傾向があり、この対策として、従来、例えば、材料設計の変更や溶接部形状の改善のための後処理を必要とし、継ぎ

手設計の自由度の制約、コストの増大などの問題があった。

これに加えて、抵抗溶接では接合部幅が極めて狭く、しかも開先変形が生じる場合もあるため、非破壊検査による品質保証がし難い等の理由から、特に信頼性が要求される継ぎ手の接合において抵抗溶接における接合品質の向上が工業的な技術的課題である。

更に、特開平１１－９０６１９号公報、特開平１１－９０６２０号公報および特開平１１－９０６２１号公報には、Ａｌ系のシリンダーヘッド本体とＦｅ系のバルブシートの接合において液相拡散接合と通電式抵抗溶接を併用して金属部材を接合する方法と接合装置が開示されているが、何れも一次接合のみの単なる、ろう材を介在させた抵抗溶接に過ぎないものである。

すなわち、上述の特許文献で開示された方法における一次接合で生じた抵抗溶接部の未等温凝固組織を、液相拡散接合組織とするための等温凝固拡散処理を行なっていないため接合部の品質を十分に向上することは困難である。

また、上述した技術ではろう材は極く薄くなるまで加圧排出されるが、そこまでを製造プロセスとして捕らえており、従って、接合部組織の均一化は考慮されていない。更に、これらの開示技術はＦｅと、例えばＡｌ等の非鉄金属の異材接合についての継ぎ手の形成技術であって、鉄鋼材料同士、特に鉄基材料同士の接合については何らの記載もない。元より、鉄基材料同士は通常の溶接が適用でき、異材継ぎ手の接合には通常の溶接技術の適用が困難であることから、鉄基材料同士を接合する技術は上記特許文献には記載されていない。

発明の開示

本発明は、上述した従来技術が抱える問題点に鑑みて、従来の液

相拡散接合法に比べて接合時間の短縮化が可能であり、従来の抵抗溶接法に比べて接合組織の均一化および引張強度、疲労強度等の継ぎ手品質・信頼性の向上を達成し、継ぎ手部の品質と生産性に優れた金属機械部品の液相拡散接合方法およびそれを用いて組み立てた金属機械部品を提供することを目的とする。

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その要旨は次のとおりである。

（１）金属材料の開先面に液相拡散接合用の非晶質合金箔を介在させ、一次接合として、抵抗溶接により前記非晶質合金箔と前記金属材料とを溶融圧接して継ぎ手部を形成し、次いで、二次接合として、前記継ぎ手部を前記非晶質合金箔の融点以上に再加熱した後、保持して前記継ぎ手部の凝固過程を完了させる液相拡散接合を行うことを特徴とする金属機械部品の液相拡散接合方法。

（２）前記再加熱した後の保持時間が３０秒以上であることを特徴とする（１）記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（３）前記非晶質合金箔の組成が、ＮｉまたはＦｅを基材とし、拡散原子としてＢ、Ｐ及びＣのうちの１種または２種以上を各々０．１～２０．０原子％含有し、さらに、Ｖを０．１～１０．０原子％含有することを特徴とする（１）または（２）記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（４）前記抵抗溶接が、通電加熱方式のスポット溶接、プロジェクション溶接、アップセット溶接およびフラシュバット溶接のうちの何れか１種の溶接方法であり、かつ、前記抵抗溶接による前記非晶質合金箔と前記金属材料との溶融圧接の時間が１０秒以下であることを特徴とする（１）～（３）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（５）前記抵抗溶接における電流量が１００～１００，０００Ａ

／ｍｍ2 であることを特徴とする（１）～（４）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（６）前記抵抗溶接による前記非晶質合金箔と前記金属材料との溶融圧接における加圧力が１０～１０００ＭＰａであることを特徴とする（１）～（５）のうちの何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（７）前記抵抗溶接により形成した継ぎ手部の断面組織における未等温凝固組織の加圧方向の厚みが、平均で１０μｍ以下であることを特徴とする（１）～（６）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（８）前記抵抗溶接により形成した継ぎ手部の継ぎ手効率が０．５～２．０であることを特徴とする（１）～（７）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

ただし、継ぎ手効率とは、非晶質合金箔と金属材料を溶融圧接した後の継ぎ手部位の面積に対する金属材料の開先面の面積の比とする。

（９）前記継ぎ手部の凝固過程の完了後、０．１～５０℃／秒の冷却速度で冷却して継ぎ手組織を制御することを特徴とする（１）～（８）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（１０）金属材料と液相拡散接合で形成された継ぎ手部からなる金属機械部品であり、該金属機械部品の接合ままの金属組織における旧γ結晶の最大粒径は５００μｍ以下であることを特徴とする金属機械部品。

（１１）前記金属材料の少なくとも一方が円筒状金属材料であり、該円筒状金属材料の端部と他方の金属材料面とを突き合わせて前記一次接合をする際に、突き合わせ接点に対する前記円筒状金属材料の内面側開先高さＡ、及び、外面側開先高さＢ、並びに、前記突き

合わせ接点から外周までの距離Ｃが下記（１）式を満足するように、前記円筒状の金属材料端部にＶ字開先を形成することを特徴とする（１）～（９）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

０．２≦Ｂ／Ａ≦１、かつ、Ｃ／ｔ≦０．５　・・・・　（１）

但し、Ａは円筒状金属材料の内面側開先高さ、Ｂは円筒状金属材料の外面側開先高さ、Ｃは円筒状金属材料の突き合わせ接点から外周までの距離、ｔは円筒状金属材料の肉厚をそれぞれ示す。

（１２）前記一次接合後の開先端部における最大残存高さが前記非晶質合金箔の厚みの３倍以下であることを特徴とする（１１）に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（１３）前記一次接合後の継ぎ手効率が０．８以上であることを特徴とする（１１）または（１２）に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

（１４）前記二次接合後の開先端部の最大残存高さが７０μｍ以下であることを特徴とする（１１）～（１３）の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

図面の簡単な説明

図１は、液相拡散接合用非晶質合金箔が溶融、凝固して形成された合金層の厚みと、その合金層の等温凝固が終了するまでの保持時間との関係を示す図。

図２は、本発明法の２次接合（液相拡散接合）における等温凝固保持時間と接合継ぎ手強度との関係を示す図。

図３は、円筒状金属材料と金属材料を突合せ接合する場合の実施態様を示す斜視図。

図４は、円筒状金属材料と金属材料の一次接合時の開先断面図。

訂正された用紙(規則91)

図５は、金属機械部品を接合する前の鋼管の中心軸を通り接合面に垂直な開先断面図。

図６は、一次接合前の円筒状金属材料の内面側開先高さＡに対する外面側開先高さＢの比（Ｂ／Ａ）と一次接合後の開先端部の最大残存高さとの関係図。

図７は、角断面配管と分岐管を溶接して金属機械部品を製造する場合の実施態様を示す図。

図８は、図７における組み立て時の角断面配管の内部管路軸方向からの断面透視図。

図９は、金属材料と中空金属材料を突合せ接合する場合の実施態様を示す斜視図。

図１０は、金属機械部品を接合する前の中空金属材料の中心軸を通り接合面に垂直な開先断面図。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の詳細を説明する。

本発明法は、被接合材料として金属材料を用い、この金属材料端部に形成された開先面間に液相拡散接合用の非晶質合金箔を介在させて突合せた後、一次接合として、抵抗溶接により前記非晶質合金箔と前記金属材料とを溶融圧接して継ぎ手部を形成する。

この一次接合では、例えば、被接合材料の開先面（突合せ面）に溶接電流を供給し加熱溶融させるための電極を各被接合材料に配置し、圧接に必要な応力を開先面間に負荷するための応力付加機構、例えば、油圧作動インストロン型の引張・圧縮装置などを適用した抵抗溶接装置が用いられる。

この一次接合では、抵抗溶接の溶接入熱によって被接合材料の開先面と液相拡散接合用合金箔は溶融し、その加圧応力でアップセッ

トされて加熱溶融時に生成した酸化物および開先表面に存在していた爽雑物を溶融メタルと共に接合面外に排出される。

また、一次接合において、被接合材料の開先面間に挿入する液相拡散接合用の非晶質合金箔は、被接合材料である鉄鋼材料に比較して低融点であり、箔の体積の５０％以上が非晶質の構造を有する非晶質合金箔が用いられる。

被接合材の開先面間に９００～１２００℃程度の被接合材料に比べて低融点の液相拡散接合用合金箔を介在して抵抗溶接により溶融圧接することによって、開先面に液相拡散接合用合金箔が均一に溶融されると同時に、加熱溶融で生成した酸化物および開先表面に残留していた爽雑物を溶融メタルと共に接合面外に排出される効果が促進される。

なお、本発明における液相拡散接合用の非晶質合金箔の組成は、ＮｉまたはＦｅを基材とし、拡散原子としてＢ、Ｐ及びＣのうちの１種または２種以上を各々０．１～２０．０原子％含有し、さらに、一次接合の際に接合面間において生成された酸化物を低融点化する作用を有するＶを０．１～１０．０原子％含有するものであることが好ましい。

液相拡散接合用合金箔中のＢ、Ｐ及びＣは、二次接合としての液相拡散接合を達成するために必要な等温凝固を実現させるための拡散元素として、あるいは融点を被接合材よりも低くするために必要な元素であり、その作用を充分に得るために０．１原子％以上含有する必要があるが、過度に添加すると、結晶粒に粗大な硼化物、金属化合物、または、炭化物が生成し接合部強度が低下するためその上限を２０．０原子％とするのが好ましい。

液相拡散接合用合金箔中のＶは、一次接合としての抵抗溶接時に開先面間で生成した酸化物あるいは残留酸化物（Fe_2O_3）と瞬時

に反応し、低融点複合酸化物（$V_2O_5-Fe_2O_3$、融点：約８００℃以下）に変える作用を有し、抵抗溶接時の加圧応力により低融点複合酸化物を溶融金属とともに溶融・排出し、接合部の酸化物系介在物を低減する効果がえられる。この作用・効果を充分に得るためには、Ｖを０．１原子％以上含有させるのが好ましい。一方、Ｖを１０．０原子％を超えて過度に添加すると、Ｖ系酸化物の個数が増加し残留酸化物が却って増加し、また、液相拡散接合用合金箔の融点を高め、二次接合としての液相拡散接合を困難とするため、その上限を１０．０原子％とするのが好ましい。

また、本発明において一次接合として用いられる抵抗溶接は、通電加熱方式のスポット溶接、プロジェクション溶接、アップセット溶接およびフラシュバット溶接のうちの何れか１種の溶接方法が用いられる。通常、スポット溶接、プロジェクション溶接、アップセット溶接は、比較的接合面積が小さく、高い接合強度を要求しない場合の接合に適し、フラシュバット溶接は、大電流で高い加圧力を付加できるため、比較的接合面積の大きい開先を接合する場合に適している。これらの抵抗溶接方法の選択は、特に限定する必要はなく、各溶接方法の特徴と接合継ぎ手の要求特性および溶接条件などに応じて適時選択し、生産性向上のために溶接時間を１０秒以下とするのが好ましい。

また、一次接合における抵抗溶接の溶接入熱は、開先面および開先面間の液相拡散接合用の非晶質合金箔を短時間で溶融するためには電流密度を１００Ａ／mm^2以上とする必要があり、一方、過度に電流密度を上げると非晶質合金箔の溶融金属が乱れて、開先面に所定厚みで均一に分布させることが困難となるため、その上限を１００，０００Ａ／mm^2以下とする必要がある。したがって抵抗溶接の電流密度を１００ ～１００，０００Ａ／mm^2 とするのが好

ましい。

また、一次接合における抵抗溶接の加圧応力は、開先面間の液相拡散接合用の非晶質合金箔を溶融、凝固して形成される接合合金層の厚みを１０μｍ以下までに低減し、二次接合としての液相拡散接合の接合時間を短縮化するためには、１０ＭＰａ以上必要であり、一方、過度に加圧応力が高いと接合継ぎ手の変形が生じるため１０００ＭＰａ以下とする必要がある。したがって抵抗溶接の加圧応力は、１０～１，０００ＭＰａとするのが好ましい。なお、接合継ぎ手の変形程度は、被接合材料の溶接温度でのヤング率によって変化するため、加圧応力の上限は被接合材料の材質によって調整するのがよりこのましい。

更に、一次接合における抵抗溶接により形成した継ぎ手部の継ぎ手効率（鉄鋼材料の開先面の面積／非晶質合金箔と鉄鋼材料を溶融圧接した後の継ぎ手部位の面積）は、開先の形状に起因する接合後の継ぎ手拘束効果を加味し、継ぎ手の静的引張り強さを母材並み以上の引張り強さを確保するために０．５以上必要であり、また、抵抗溶接時の高加圧応力によって継ぎ手部位が膨潤する結果、継ぎ手部面積が母材部断面積より広くなる場合を考慮し、良好な継ぎ手特性を得るためにその上限を２．０とすることが好ましい。

上記に示した一次接合により、被接合材の開先面間に挿入した液相拡散接合用の非晶質合金箔を短時間で溶融圧接することによって、非晶質合金が溶融、凝固して形成される極めて薄い厚みの接合合金層を形成できる。本発明者らによる実験では、光学顕微鏡による継ぎ手断面組織の観察結果から、一次接合で得られた非晶質合金箔が溶融、凝固した組織からなる接合合金層の厚みは最大で７μｍ以下、平均厚みで３μｍ以下となることを確認している。

このように極めて薄い液相拡散接合用の非晶質合金が溶融、凝固

して形成される接合合金層は、その後の二次接合としての液相拡散接合において、非晶質合金箔の融点以上の温度で約１５秒間保持することにより実質的に等温凝固はほぼ終了し、約３０秒間の保持であれば、被接合材料として通常炭素鋼を用いる場合では、完全な等温凝固組織を得られることを、拡散方程式による推定計算および実験により確認している。

図１は、液相拡散接合用非晶質合金箔が溶融、凝固して形成された合金層（本発明法の場合は一次接合後の合金層、従来法の場合は加圧溶融後の合金層）の厚みと、その合金層の等温凝固が終了するまでの保持時間（未等温凝固組織が観察できなくなるまでの保持時間）との関係を示した図である。

従来の液相拡散接合法では、加圧力の増加により液相拡散接合用非晶質合金箔が溶融、凝固して形成された合金層の厚みをある程度まで低減することは可能であるが、加圧力の増加により継ぎ手変形が発生するため、図１に示すようにその合金層の厚みは１０μｍ以下に薄くすることは困難であり、液相拡散接合の等温凝固が完了するまでの保持時間は１００秒以上必要であった。仮に、従来法で等温凝固保持時間を１００秒以下にした場合には、接合合金層に非晶質合金箔の未等温凝固組織が残留してしまい、継ぎ手の強度、靭性などの特性は母材に比較して著しく低下してしまうという問題が生じる。

これに対して、本発明法では、一次接合（抵抗溶接）により、液相拡散接合用の非晶質合金箔が溶融、凝固して生成した接合合金層の平均厚みは７μｍ以下に低減することができ、これに続く二次接合（液相拡散接合）により液相拡散接合の等温凝固が完了する（接合合金層の未等温凝固組織が完全に消失する）までの保持時間を３０秒以下に短縮することができる。本発明者らの実験では、図に示

すように、一次接合（抵抗溶接）により接合合金層の平均厚みを３μｍまで薄くすることができることを確認し、この場合には二次接合（液相拡散接合）により１５秒の保持時間で等温凝固が完了する（接合合金層の未等温凝固組織が完全に消失する）ことが期待できる。以上から、本発明法により従来の液相拡散性接合に比べて同等以上の継ぎ手品質を維持しつつ接合時間を大幅に短縮し、生産性の向上が期待できる。

図２は、本発明法の二次接合（液相拡散接合）における等温凝固保持時間と接合継ぎ手強度との関係を示した図である。

なお、接合継ぎ手強度は、継ぎ手を接合面から引き離す方向に引張り試験を実施した場合の母材の引張強さに対する接合継ぎ手の引張強さの比で示した。この値が１の場合は、母材で破断したことを意味し、１以下の場合は、接合部で破断したことを意味する。

実際の接合では、本発明の一次接合（抵抗溶接）により開先面に形成される液相拡散接合用非晶質合金箔が溶融、凝固して生成される接合合金層の厚みは、開先面の位置によってバラツキが生じるが、図２から、二次接合（液相拡散接合）における等温凝固保持時間を少なくとも３０秒以上とすることにより継ぎ手の引張り試験結果は母材破断となり、母材の引張強さ以上の良好な継ぎ手強度が得られる。

本発明法では、上記実験結果を踏まえ、従来の液相拡散接合法と同等以上の継ぎ手強度を確保するために二次接合（液相拡散接合）の等温凝固保持時間を３０秒以上とするのが好ましい。

なお、二次接合（液相拡散接合）の等温凝固保持時間は、増加するとともに所定の継ぎ手強度を安定して得ることができるが、過度に等温凝固保持時間を増加すると、継ぎ手の金属組織の旧γ結晶粒径が粗大化し、継ぎ手の靭性が低下するためその上限は１００秒以

下とするのがより好ましい。

本発明では、二次接合後、つまり、液相拡散接合の等温凝固が終了後に、さらに、被接合材料の鋼種に応じて冷却速度を制御することにより所望の金属組織、例えば、炭素鋼であれば、フェライト＋パーライト、フェライト、ベイナイト、マルテンサイト等の金属組織が得られ、また、オーステナイト鋼であれば接合時に生じる析出物などの介在物を再固溶する作用により良好な金属組織を有する接合継ぎ手を得ることが可能となる。

本発明では、自動車用機械部品に要求される継ぎ手の強度、靭性の向上のために最低限必要な低温変態組織（ベイナイトまたはマルテンサイト）割合を確保するために、二次接合後、つまり、液相拡散接合の等温凝固が終了後の冷却速度を０．１℃／秒以上とするのが好ましく、過度の冷却は、靭性、延性の低下などの原因となるため冷却速度の上限を５０℃／秒とするのが好ましい。上記冷却速度の制御により、フェライト鋼同士、オーステナイト鋼同士、またはフェライト鋼とオーステナイト鋼の異材継ぎ手であっても、健全かつ親和性の高い継ぎ手を形成することができる。

なお、本発明法において、上述の冷却後に、さらに、金属組織を調質する目的で、再加熱して焼き入れ、焼き戻し、焼き入れ＋焼き戻し、などの熱処理を単独でまたは複数回繰り返したり、組み合わせたりして適用することも可能であり、この場合には継ぎ手組織はより一層均質化されて、本発明の効果を更に高めることができる。

なお、残留オーステナイトを忌避する材料では深冷化処理も有効であり、時効による変形を抑制することができる。

上記に示した本発明の実施形態により、従来の単独の抵抗溶接法に比べて継ぎ手の変形量を低減でき、金属機械部品の組み立てを行なう場合など、穿孔、切削、切断などの通常の機械加工を駆使して

も加工できない形状の機械部品、或いは組み合わせの困難な難溶接材料の異材継ぎ手を含む機械部品、更には削り出しのよって大きな材料コストの上昇が起こるような機械部品の組み立てに適用することが可能で、生産性の向上、更にはコスト低減などの効果も同時に得ることができる。さらに、本発明の実施形態により、一次接合（抵抗溶接）後に接合面に微小な割れが発生した場合でも、その後の二次接合（液相拡散接合）により未溶融非晶質合金箔をさらに溶融し割れに流入させて微小な割れを修復でき、さらに未等温凝固組織からな合金層を完全な等温凝固組織に変える効果が得られるため従来の抵抗溶接法に比べて継手強度及び疲労強度などが高く、品質に優れた接合継ぎ手を得ることができる。

また、発明の実施形態により、従来の単独の液相拡散接合法に比べて同等以上の継ぎ手品質を維持しつつ、非晶質合金箔の等温凝固保持時間、つまり、接合継ぎ手を非晶質合金箔の融点以上の再加熱温度で保持する時間を大幅に短縮することが可能であることから、従来に比べて、接合継ぎ手の等温凝固保持における結晶粒径の成長による粗大化が大幅に抑制できる。その結果、本発明法により組み立てられた鉄鋼材料と液相拡散接合で形成された継ぎ手部からなる金属機械部品は、接合ままの金属組織における旧γ結晶の最大粒径が５００μｍ以下と小さく、従来の液相拡散接合法で得られる継ぎ手（最大粒径１ｍｍを上回る結晶粒径）に比べて靭性を向上することができる。

さらに、本発明の実施形態における二次接合（液相拡散接合）時には、単独の液相拡散接合時に必須となる接合面の加圧をしないか、あるいは加圧力を低減できるため、簡易的な加圧治具のみで良好な液層拡散接合部を得ることが可能となる。このため、本発明法によれば、高温で接合面を均一加圧するような高度な加圧技術を必要

とせずに溶接欠陥の発生がない接合部品質に優れた液層拡散接合を低コストで実現することが可能となる。

したがって、従来の液相拡散接合で組み立てられた金属機械部品において、さらに継ぎ手靭性を向上するために必要とされるＱＴなどの熱処理を簡略することができ生産性とともに製造コストを低減することが可能となる。

上記で示した発明の実施形態により、単独の抵抗溶接法や液相拡散接合法などの従来接合法に比べ金属材料の接合継ぎ手を高品質かつ高生産性で製造することが可能である。しかし、図３に示すように被接合材料である金属材料の少なくとも一方が円筒状金属材料１１の端部を他方の金属材料１２とを突き合わせて一次接合（抵抗溶接）を行なう際には、以下の問題が想定されるため、上記で示した本発明の効果を安定して発揮させ、疲労強度などの継ぎ手品質を安定して向上させるためには、以下に説明する実施形態を用いるのが好ましい。

つまり、円筒状金属材料１１を金属材料１２に突き合わせて一次接合（抵抗溶接）を行なう場合には、図４（図３の断面図）に示すように一次接合時の加圧力１４と熱応力により円筒状金属材料１１の開先部が外面側方向１５、つまりラッパ状に開き、一次接合後の円筒状金属材料１１外面側の開先端部１３にはノッチ状の開先が残存しやすくなる。本発明では、一次接合後に引き続き行なわれる二次接合(液相拡散接合)により、未溶融非晶質合金箔をさらに溶融しノッチ状の開先残存部に流入させる効果により、従来の単独の抵抗溶接に比べてノッチ状の開先残存部を減少できる。しかし、一次接合後に開先端部の最大残存高さ１７が大きくなり過ぎると、引き続き二次接合を行なっても平滑な接合部を得ることは困難となり、開先残存部のノッチ先端が応力集中部となり、継ぎ手特性、特に疲労

強度が低下する原因となるので好ましくない。

本発明では、少なくとも一方が円筒状金属材料を一次接合（抵抗溶接）する場合の上記問題を解消し、より安定して継ぎ手特性を向上させるために、さらに、以下のような条件を規定することが好ましい。

図５は、円筒状金属材料１１の端部と金属材料面とを突き合わせる（加圧していない状態）際に、突き合わせ接点に対する円筒状金属材料の内面側開先高さＡ及び外面側開先高さＢと、突き合わせ接点から外周までの距離Ｃと、円筒状金属材料１１の肉厚ｔとの関係を説明するための開先断面図を示す。なお、この図の断面方向は、円筒状金属材料１１の中心軸を通り接合面に垂直な断面である。

本発明では、円筒状金属材料１１と金属材料１２の一次接合時に図４に示すような加圧力１４と熱応力により円筒状金属材料１１の開先部が外面側方向１５に開くことを抑制し、一次接合後の開先端部の最大残存高さ１７を低減するために、図５に示す、突き合わせ接点１６に対する円筒状金属材料の内面側開先高さＡ及び外面側開先高さＢと、突き合わせ接点１６から外周までの距離Ｃと、円筒状金属材料１１の肉厚ｔとの関係を適正条件とすることが好ましい。

図６は、一次接合前（加圧していない状態）の円筒状金属材料の内面側開先高さＡに対する外面側開先高さＢの比、つまり、Ｂ／Ａと一次接合後の開先端部の最大残存高さ１７との関係図を示す。なお、円筒状金属材料１１の肉厚ｔに対する突き合わせ接点１６から外周までの距離Ｃの比、つまり、Ｃ／ｔは０．５で行なった。

Ｂ／Ａの値が０．２～１の条件で、一次接合後の最大残存高さを十分に低減することが可能となることが判る。一方、Ｂ／Ａの値が０．２未満になると円筒状金属材料１１の内面側開先端部の残存高さが大きくなり、また、Ｂ／Ａの値が１を超えると、円筒状金属材

料１１の外面側開先端部の残存高さが大きくなり、いずれの場合も一次接合後の開先端部の最大残存高さは０．１ｍｍより高くなる。この場合には、一次接合後に引き続き行なわれる二次接合(液相拡散接合)による開先残存部の修復作用によっても継ぎ手部の開先残存部を十分に低減することが困難となるため好ましくない。

また、図６は、円筒状金属材料１１の肉厚ｔに対する突き合わせ接点１６から外周までの距離Ｃの比、つまり、Ｃ／ｔの値は０．５の条件で行なった結果である。このＣ／ｔの値が０．５以下に小さくなる条件では、図４に示すような一次接合時に加圧力１４が負荷された場合に、円筒状金属材料１１の開先端部を外面側方向１５の応力を受けて外面側開先端部が優先的に変形しやすくなるため、一次接合後の開先端部の最大残存高さはより低減する。しかしながら、このＣ／ｔの値が０．５よりも大きく場合には、一次接合時に加圧力１４が負荷された場合に、円筒状金属材料１１の内面側開先端部が優先的に変形しやすくなり、上記Ｂ／Ａの値が０．２～１の条件でも、一次接合後の開先端部の最大残存高さを０．１ｍｍ以下に低減することができなくなるため好ましくない。

以上の知見を踏まえ、本発明では、金属材料の少なくとも一方が円筒状金属材料の場合に、この円筒状金属材料の端部と他方の金属材料面とを突き合わせて一次接合（抵抗溶接）をする際に、突き合わせ接点に対する前記円筒状金属材料の内面側開先高さＡ、及び、外面側開先高さＢ、並びに、前記突き合わせ接点から外周までの距離Ｃが下記（１）式を満足するように、前記円筒状の金属材料端部にＶ字開先を形成することが好ましい。これにより、少なくとも一方が円筒状金属材料の溶接継ぎ手の疲労強度を安定して十分に向上することが可能となる。

０．２≦Ｂ／Ａ≦１、かつ、Ｃ／ｔ≦０．５　・・・・　（１）

また、上記本発明の実施形態において、図４に示す、一次接合（抵抗溶接）後の円筒状金属材料１１の開先端部の最大残存高さ１７は、できる限り低減した方が、引き続き行なわれる二次接合（液相拡散接合）時の未溶融非晶質合金箔の溶融、補修作用によって開先端部の未接合残存部は充分に低減し、継ぎ手の疲労強度をより安定して向上するために好ましい。非晶質合金箔の厚みの３倍を超える場合には、二次接合による未溶融非晶質合金箔の溶融、補修作用によっても継ぎ手の疲労強度をより安定して向上させることは困難となる。

このため、上記本発明の実施形態において、二次接合による未溶融非晶質合金箔の溶融、補修作用効果を考慮して一次接合後の開先端部の最大残存高さを非晶質合金箔の厚みの３倍以下にすることが好ましい。

また、上記本発明の実施形態において、図４に示す、一次接合（抵抗溶接）時の加圧力１４や溶接電流が低いなどの条件が適切でない場合には、円筒状金属材料１１の一次接合（抵抗溶接）後の開先端部の最大残存高さが上記適正範囲であっても、一次接合後に開先面間に非晶質合金箔が溶融凝固してなる接合合金層を均一に形成することができず、突き合わせ接点近傍は圧着されてもその他の開先面の圧着が不十分となる。また、一次接合（抵抗溶接）時の円筒状金属材料１１の外面側方向応力によって生じた残留応力の影響により二次接合までに接合合金層が剥離してしまう可能性も生じる。

これらの問題を抑制し、一次接合後に開先面間に均一な接合合金層を形成し、二次接合までに剥離しない密着性の良好な接合合金層を形成するために、上記本発明の実施形態において、一次接合後の継ぎ手効率を０．８以上とするのが好ましい。

また、上記本発明の実施形態において、二次接合後の開先端部の

最大残存高さは、できる限り低い方が開先端部の形状改善のための後加工を用いずに継ぎ手疲労強度をより向上できるため、好ましい。

上記本発明の実施形態において、二次接合時の未溶融非晶質合金箔の溶融、補修作用により接合部は平滑にできるが、より継ぎ手の疲労強度向上させるためには、二次接合後の開先端部の最大残存高さを７０μｍ以下とすることが好ましい。

実施例

本発明の効果を以下の実施例により説明する。

（実施例１）

表１に示す記号Ａ～Ｃの３種類の化学成分と融点を有する液相拡散用の非晶質合金箔と、表２に示す記号ａ～ｆの化学成分を有する鉄鋼、Ｎｉ合金又はＴｉ合金からなる被接合材料を用いて、表３、表４に示す接合条件で金属機械部品を製造した。

得られた金属機械部品は、接合面から引き離す方向での引っ張り試験、および、接合部の０℃でのシャルピー衝撃試験を行い、継手強度及び継手靭性の評価をおこなった。また、金属機械部品の接合応力加圧方向での変形量を測定し、変形量の評価も合わせて行なった。その結果を表３及び表４に示す。

なお、表３及び表４において、継手強度の評価は、母材の引張強さに対する接合継ぎ手の引張強さの比で示した。この値が１の場合は、母材で破断したことを意味し、１以下の場合は、接合部で破断したことを意味する。また、継手靭性の評価は、０℃での吸収エネルギーが２１Ｊ以上の場合は良好○、２１Ｊ未満の場合は不良×として示した。

なお、表３に示すＮｏ．２～８は、以下に示すような要領で金属機械部品を製造した。図７および図８は、角断面の配管本体１の内

部管路３の長手方向中央部の上面に形成された分岐口４に、別の分岐管２を接合することにより、内部にＴ分岐配管を有する自動車用金属機械部品を製造する場合の実施例を説明するために模式図である。なお、図７は、自動車用金属機械部品の斜視図であり、図８は、分岐管２の中心軸を通り、内部管路３の中心軸に垂直な断面図を示す。

図７に示すように接合面となる分岐管２の端部は、予め機械加工により４５°の角度を有するＶ字開先を付与し、分岐管２の開先９と配管本体１の接合面とをリング状の液相拡散接合用合金箔５を介して突合せた後、分岐管２および配管本体１にそれぞれ密着した電極７、１０により開先部分に直流電流を流すと同時に、６の方向に加圧応力を負荷した。なお、加圧応力は分岐管２の上方から油圧で作動する応力伝達板（図示せず）を通じて負荷した。その結果、分岐管２の開先９は圧壊してほぼ分岐管２の厚み８と同一となるまで変形し、また、分岐管２と配管本体１の開先間に介在させた液相拡散接合用合金箔５は、一度溶融後凝固して合金層を形成するものの、接合時間が極く短時間であるために平均厚みが３μｍの未等温凝固組織、つまり、拡散律速等温凝固は終了していない、いわゆる「ろう付け組織」となっていた。次に、二次接合として、この接合継ぎ手を高周波誘導加熱コイルおよび抵抗発熱体を有する電気炉で１１５０℃の再加熱温度に昇温し、所定時間保持することにより一次接合で形成された接合合金層の液相拡散の等温凝固を終了後、冷却した。

また、表３に示すＮｏ．１、９は、以下に示すような要領で金属機械部品を製造した。

被接合材料として２本の直径５ｍｍφ、長さ５０ｍｍの丸棒を用い、開先端面は完全Ｉ型となし、開先面粗さをＲｍａｘ：１０μｍ

以下に研削仕上げした。これらの開先間に直径５ｍｍφの液相拡散接合用合金箔を介在させ、次いで、被接合材料に直流電流を流すと同時に加圧応力を負荷して一次接合として抵抗溶接で継ぎ手を形成した。丸棒同士の同軸度に狂いがないことを確認後、１００ｍｍ長さとなった継ぎ手を二次接合として抵抗発熱体を有する電気炉内で再加熱温度に昇温し、保持した後、冷却した。その後の熱処理は一切実施していない。

なお、表４に示すＮｏ．１０および１１は、上記金属機械部品を製造する際に、二次接合（液相拡散接合）を実施しない比較例を示し、Ｎｏ．１２および１３は、上記金属機械部品を製造する際に、一次接合（抵抗溶接）を実施しない比較例を示す。また、表４に示すＮｏ．１４は、上記金属機械部品を製造する際に一次接合（抵抗溶接）と二次接合（液相拡散接合）を実施するが接合条件は本発明の範囲から外れた比較例を示す。

表３に示す結果から、本発明の接合方法により本発明範囲内の接合条件で金属機械部品を製造したＮｏ．１～９は、いずれも継手強度が常に母材の引張り強さを上回っており、接合応力付加方向の変形量が５％以下と機械部品として使用性能が満足できるものであった。また、液相拡散接合の保持時間が短いために継ぎ手の最大結晶粒度は５００μｍ以下と微細であり継ぎ手靭性も良好であった。

表４に示すＮｏ．１０～１４はいずれも本発明法の接合条件の範囲から外れる比較例である。Ｎｏ．１０と１１は抵抗溶接のみを使用した場合の比較例であり、この場合、Ｎｏ．１０では液相拡散接合用非晶質合金箔を介在させているものの、その組織は未等温凝固組織、すなわち、ろうづけ組織であるため、継手強度は母材強度よりも低く、評価の値は基準となる１を下回り、接合部で破断した。特にＮｏ．１１は液相拡散接合用非晶質合金箔も使用していない抵

抗溶接のみのため、夾雑物や欠陥が接合界面に残留し、継ぎ手強度が低下している。通常の抵抗溶接ではこのような不安定な継手強度となることがあり、その欠陥検出は実質的に不可能である。

また、Ｎｏ．１２と１３は液相拡散接合のみで５ＭＰａの接合応力を付加して接合した比較例である。Ｎｏ．１２の比較例では接合保持時間を４０秒と短くした場合であるが、継手の結晶粒を小さくすることができたものの、液相拡散接合は全く完了せず、従って継手強度が低下した。Ｎｏ．１３の比較例は抵抗溶接の付加を省いたことを補うために液相拡散接合の保持時間を長くとったが、そのために継ぎ手強度は向上したが、金属組織の結晶粒が粗大化したため、０℃での吸収エネルギーが１０Ｊ未満となり、継ぎ手の靭性が低下した。

また、Ｎｏ．１４は、二次接合における液相拡散接合温度が８２０℃と本発明の条件より低く外れ、液相拡散接合用の非晶質合金箔の融点に到達しなかったため、抵抗溶接で形成されたろうづけ組織はさらに硼化物とＮｉ基合金に分離して脆化し、継手強度が分離してしまった。

表１．接合箔の化学成分（at%）

接合箔記号	Base	Si	B	P	V	融点(℃)
A	Ni	3.5	8		11	1073
B	Fe	2.5	12		8	1122
C	Ni	0.8		15	7	942

表２．被接合材の主要化学成分（mass%）

被接合材記号	鋼種	C	Si	Mn	Fe	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N	Al	Ti
a	STPA28	0.1	0.3	0.5	bal.	9	—	1	0.05	0.2	0.04	—	—
b	SCM440	0.4	0.25	0.7	bal.	1	—	0.25	—	—	—	—	—
c	SUH11	0.5	1.8	0.2	bal.	9	—	0.5	—	—	—	—	—
d	SUH35	0.5	0.2	9	bal.	21	—	4	—	—	0.4	—	—
e	INCONEL600	0.1	0.12	0.5	8.3	17	bal.	—	—	—	—	—	—
f	Ti-6Al-4V	0.05	—	—	0.16	—	—	—	—	4.24	—	6.21	Bal.

表３．本発明方法の工程条件と継手特性

実施No.	被接合材記号	一次接合（抵抗溶接による液相拡散接合のための仮付け）					二次接合（液相拡散接合）					継手評価			区分
		抵抗溶接の電流値	加圧力	接合線の総酸化物長さ	接合層幅	継手効率	接合保持時間	接合後冷速	液相拡散接合温度	継手の最大結晶粒径	接合箔記号	継手強度/母材強度	継ぎ手靭性	変形量	
		(A/mm^2)	(MPa)	(μm)	(μm)		(sec)	℃/s	℃	(μm)				(%)	
1	a	180	50	0.2	4	0.8	31	5	1180	180	A	1.02	○	3.1	発明例
2	d	1200	50	0.1	4	1.3	38	5	1170	190	A	1.1	○	3.7	発明例
3	f	1500	80	0	6	1.2	90	5	980	250	C	1.03	○	3.6	発明例
4	b	1200	80	0.3	3	1.5	240	5	1190	300	B	1.2	○	4.1	発明例
5	c	25000	40	0.1	2	1.4	35	0.3	1240	240	A	1.05	○	3.9	発明例
6	e	40000	30	0	5	1.8	1200	14	1200	480	B	1.02	○	4.5	発明例
7	a	1800	90	0	2	1.1	90	2	1150	140	B	1.08	○	3.6	発明例
8	b	1200	30	0.3	6	1.9	81	1	1250	150	A	1.4	○	3.8	発明例
9	e	600	20	0.2	7	0.7	2400	10	1280	450	A	1.2	○	3.8	発明例

接合線の総酸化物長さ＝光学顕微鏡で観察した接合部断面組織の接合層概略中心線上に存在する酸化物系介在物の長さの総和／接合層の長さ
接合層幅＝接合部断面組織の、抵抗溶接時加圧方向と平行な接合層の厚み
継手効率＝（被接合材料の開先面積）／（接合用金属箔が介在している接合後の継ぎ手部位の面積）
継手の最大結晶粒径＝接合後の接合層と熱影響部における旧γ粒径、もしくはフェライト粒径のうち、最大のものの直径
継ぎ手靭性＝０℃での吸収エネルギーが21Ｊ以上の場合は○、21Ｊ未満の場合は×とした。
変形量＝接合応力付加方向の変形量

表４．比較例の工程条件と継手特性

実施No.	被接合材記号	一次接合（抵抗溶接による液相拡散接合のための仮付け）					二次接合（液相拡散接合）					継手評価			区分
		抵抗溶接の電流値	加圧力	接合線の総酸化物長さ	接合層幅	継手効率	接合保持時間	接合後冷速	液相拡散接合温度	継手の最大結晶粒径	接合箔記号	継手強度/母材強度	継ぎ手靭性	変形量	
		(A/mm^2)	(MPa)	(μm)	(μm)		(sec)	℃/s	℃	(μm)				(%)	
10	a	110	40	0.2	5	0.9	適用しない					0.6	○	5.1	比較例
11	b	180	30	18(箔を介在しない)	—	1.1						0.4	○	5.6	比較例
12	c	適用しない					40	0.5	1150	240	A	0.3	○	2.8	比較例
13	e						7200	0.2	1240	1200	B	1.1	×	3.7	比較例
14	d	560	60	0.5	7	1.2	1500	0.7	820	450	A	0	○	5.3	比較例

接合線の総酸化物長さ＝光学顕微鏡で観察した接合部断面組織の接合層概略中心線上に存在する酸化物系介在物の長さの総和／接合層の長さ
接合層幅＝接合部断面組織の、抵抗溶接時加圧方向と平行な接合層の厚み
継手の最大結晶粒径＝接合後の接合層と熱影響部における旧γ粒径、もしくはフェライト粒径のうち、最大のものの直径
継ぎ手靭性＝０℃での吸収エネルギーが21Ｊ以上の場合は○、21Ｊ未満の場合は×とした。
変形量＝接合応力付加方向の変形量

（実施例２）

次に、上記実施例１の表３に示すＮｏ．２～８の本発明例と同様な要領で図８に示す分岐管２と配管本体１を接合する際に、表５、表６および表７に示すように、円筒状金属材料である分岐管２の肉厚ｔなどの寸法及び突き合わせ時の分岐管２の開先条件（内面側開先高さＡ、外面側開先高さＢ、突き合わせ接点から外周までの距離Ｃ）を変えた条件で接合し金属機械部品を製造し、継ぎ手の機械的特性、特に疲労強度を測定し評価した。なお、使用した液相拡散用の非晶質合金箔及び被接合材料の化学組成は、実施例１と同様である。また、表５及び６に示す接合条件以外は、実施例１と同様の要領で行なった。

得られた金属機械部品は、接合面から引き離す方向での引っ張り試験、および、疲労試験を行い、継手強度及び継手疲労強度の評価をおこなった。その結果を表６及び表７に示す。

なお、表６及び表７において、継手強度の評価は、母材の引張強さに対する接合継ぎ手の引張強さの比で示した。この値が１の場合は、母材で破断したことを意味し、１以下の場合は、接合部で破断したことを意味する。また、継ぎ手の疲労強度を測定し評価は、得られた金属機械部品の内圧疲労試験を行い、応力範囲２０～２００ＭＰａで、繰り返し数１０００万回（１５Ｈｚ）の耐久試験後に亀裂及び破断がないものを合格○、亀裂または破断したもの不合格×と評価した。

表６に示すＮｏ．１５～２８、および、表７に示すＮｏ．２９～３２は、何れも、本発明で規定する一次接合(抵抗溶接)と二次接合（液相拡散接合）を行なうことにより、実施例１で示した発明例と同様に継ぎ手強度が母材強度以上になり従来法に比べて継ぎ手特性に優れた結果が得られた。

これらの発明例のうちで、表６に示すＮｏ．１５～２８は、本発明のより好ましい実施形態の中で規定する円筒状金属材料の開先条件が本発明範囲内で行い、一方、表７に示すＮｏ．２９～３２は、そのより好ましい本発明範囲を外れた条件で行なった発明例である。

表６に示すＮｏ．１５～２８は、円筒状金属材料である分岐管２の内面側開先高さＡ及び外面側開先高さＢ、突き合わせ接点から外周までの距離Ｃ、分岐管２の肉厚ｔとの関係が本発明のより好ましい条件である０．２≦Ｂ／Ａ≦１、かつＣ／ｔ≦０．５の条件を満足しているため、いずれの接合継ぎ手も内圧疲労試験後の破壊はなく、優れた継ぎ手疲労強度が得られた。また、液相拡散接合の保持時間が短いために継ぎ手の最大結晶粒度は５００μｍ以下と微細であり継ぎ手靭性も良好であった。これらの中でも、さらに、一次接合後の開先端部の最大残存高さ、一次接合後の継ぎ手効率、および、二次接合後の開先端部の残存高さの何れの条件も本発明のより好ましい範囲内にあるＮｏ．１６～２２、２４、２６～２８は、これらの好ましい条件の何れかの条件が外れているＮｏ．１５、２３、２５に比べて継ぎ手疲労試験はさらに向上する結果が得られた。

一方、表７のＮｏ．２９～３２は、いずれも分岐管２の内面側開先高さＡ及び外面側開先高さＢ、突き合わせ接点から外周までの距離Ｃ、分岐管２の肉厚ｔとの関係が本発明のより好ましい範囲から外れた発明例である。

Ｎｏ．２９及び３０は分岐管２の開先の高さの比Ｂ／Ａが１より大きい、つまり外面側の開先高さが内面側よりも高い場合である。この場合、もともと外面側が高い上に抵抗溶接中のラッパ状に管が僅かに開くという変形によってより外面側の開先が残存しやすくなり、抵抗溶接後の継ぎ手断面を観察した結果、開先端部の残存高さ

は１００μｍ以上と大きくなり、継ぎ手効率も低下した。また、Ｎｏ．３０は突き合わせ接点の位置が内面側に寄っている、つまりＣ／ｔ＞０．５であるため、内面側の開先が優先的に変形し、その結果外面側の開先端部が大きく残存した。

Ｎｏ．３１は開先の高さの比Ｂ／Ａは発明範囲内であるが、突き合わせ接点の位置がＣ／ｔ＞０．５である場合で、Ｎｏ．３０と同様に開先の内面側に変形が集中したため、外面側の開先端部が残存し、残存高さが１００μｍ以上と大きくなった。

以上の結果、Ｎｏ．２９～３１は内圧疲労試験において外面側の開先端部から亀裂が発生し所定の繰り返し数に満たない回数で破断した。

Ｎｏ．３２は開先の高さの比Ｂ／Ａが０．２以下、つまり内面側の開先の高さが外面側の開先の高さの５倍以上の例である。この場合、抵抗溶接中外面側の開先が変形し、端部まで密着していたが内面側の開先の残存が多く、開先端部の残存高さは内面側で１００μｍ以上と大きくなった。その結果、比較例３２は内圧疲労試験において内面側の開先端部から亀裂が発生し所定の繰り返し数に満たない回数で破断した。

表５．分岐管種類

分岐管記号	試験片寸法（mm）		
	外径	内径	肉厚
i	10	6	2
ii	26	17	4.5
iii	42	32	5
iv	50	38	6

表６．本発明方法の工程条件と継ぎ手特性

実施No	被接合材記号	試験片寸法(mm)						一次接合(抵抗溶接による液相拡散接合のための仮付け)			
		管記号	開先部の寸法					抵抗溶接の電流値	加圧力	開先端部の最大残存高さ	継ぎ手効率
			A(内面側)	B(外面側)	C	B/A	C/t	(A/mm^2)	(MPa)	(mm)	
15	a	i	0.07	0.06	1.00	0.86	0.50	500	45	0.109	0.85
16	c	i	0.06	0.06	1.00	1.00	0.50	350	50	0.066	0.93
17	e	i	0.06	0.02	1.00	0.33	0.50	300	60	0.058	0.96
18	b	i	0.06	0.02	0.70	0.33	0.35	350	50	0.044	0.99
19	a	ii	0.04	0.02	2.25	0.50	0.50	250	60	0.074	0.95
20	c	ii	0.05	0.02	2.00	0.40	0.44	250	60	0.035	0.94
21	b	ii	0.04	0.02	1.50	0.50	0.33	250	60	0.068	0.98
22	a	iii	0.07	0.03	2.00	0.43	0.40	175	45	0.051	0.91
23	a	iv	0.08	0.07	3.00	0.88	0.50	390	50	0.113	0.79
24	b	iv	0.05	0.03	2.00	0.60	0.33	250	60	0.072	0.94
25	d	iv	0.10	0.02	2.00	0.20	0.33	255	60	0.098	0.87
26	e	iv	0.08	0.04	3.00	0.50	0.50	390	50	0.045	0.91
27	f	iv	0.05	0.02	3.00	0.40	0.50	250	60	0.066	0.96
28	c	iv	0.05	0.01	2.00	0.20	0.33	250	60	0.044	0.98

開先端部の最大残存高さ＝一次接合あるいは二次接合後における開先端部と接合面との円筒軸方向距離の最大値

表６（続き）．本発明方法の工程条件と継ぎ手特性

実施No	二次接合(液相拡散接合)					継ぎ手評価		区分
	接合保持時間 (sec)	接合後の冷速 (℃/s)	液相拡散接合温度 (℃)	開先端部の最大残存高さ (mm)	接合箔記号	継ぎ手強度/母材強度	内圧疲労試験	
15	3600	10	1280	0.072	A	1.03	○	発明例
16	1800	2	1150	0.013	B	1.13	○	発明例
17	60	2	1250	0	C	1.15	○	発明例
18	360	50	1180	0	B	1.14	○	発明例
19	420	5	1200	0	A	1.1	○	発明例
20	2400	10	1170	0	A	1.19	○	発明例
21	90	5	1240	0	C	1.08	○	発明例
22	1800	2	1150	0.011	C	1.07	○	発明例
23	1800	0.1	1160	0.081	A	1.03	○	発明例
24	400	5	1200	0.005	C	1.07	○	発明例
25	1200	5	1150	0.076	B	1.04	○	発明例
26	30	10	1250	0.023	A	1.05	○	発明例
27	600	10	1160	0	A	1.09	○	発明例
28	400	5	1200	0	B	1.16	○	発明例

内圧疲労試験＝応力範囲20－200MPa／繰り返し数1000万回(15Hz)の耐久試験後に合格したものを○、不合格を×とした

表７．比較例の工程条件と継手特性

実施No	被接合材記号	試験片寸法(mm)						一次接合(抵抗溶接による液相拡散接合のための仮付け)			
		管記号	開先部の寸法					抵抗溶接の電流値	加圧力	開先端部の最大残存高さ	継ぎ手効率
			A(内面側)	B(外面側)	C	B/A	C/t	(A/mm^2)	(MPa)	(mm)	
29	a	i	0.07	0.10	1.00	1.43	0.50	500	50	0.176	0.72
30	b	ii	0.05	0.06	3.00	1.20	0.67	450	60	0.200	0.61
31	a	iii	0.07	0.07	3.00	1.00	0.60	300	65	0.156	0.73
32	a	iv	0.08	0.01	2.50	0.13	0.42	380	50	0.320	0.67

開先端部の最大残存高さ＝一次接合あるいは二次接合後における開先端部と接合面との円筒軸方向距離の最大値

表７（続き）．比較例の工程条件と継手特性

実施No	二次接合(液相拡散接合)					継ぎ手評価		．区分
	接合保持時間	接合後の冷速	液相拡散接合温度	開先端部の最大残存高さ	接合箔記号	継ぎ手強度/母材強度	内圧疲労試験	
	(sec)	(℃/s)	(℃)	(mm)				
29	600	10	1250	0.123	A	1.03	×	発明例
30	360	5	1200	0.135	B	1	×	発明例
31	400	5	1200	0.122	C	1.06	×	発明例
32	550	2	1200	0.25	B	1.06	×	発明例

内圧疲労試験＝応力範囲20－200MPa／繰り返し数1000万回(15Hz)の耐久試験後に合格したものを○、不合格を×とした

（実施例３）

次に、図９に示すように、従来は鋳造や鍛造削り出し等で製作していた各種原動機用カムシャフトなどの中空の金属機械部品を製造する際に本発明接合法を適用した実施例について説明する。

表１に示す記号Ａ及びＢの２種類の化学成分と融点を有する液相拡散用非晶質合金箔と、表２に示す記号ａ及びｂの化学成分を有する鉄鋼からなる被接合材料を用いて、表８に示す接合条件で以下の要領で図９に示す金属機械部品を製造した。

つまり、図９に示すように、接合面となる中空金属材料１８の端部に、予め機械加工により４５°の角度を有するＶ字開先を付与し、中空金属材料１８の開先１９と金属材料２０の接合面とをリング状の液相拡散接合用合金箔２１を介して突合せた後、中空金属材料１８および金属材料２０にそれぞれ密着させた電極２２、２３により開先１９部分に直流電流を流すと同時に加圧応力２４を負荷した。なお、加圧応力２４は中空金属材料１８の上方から油圧で作動する応力伝達板（図示せず）を通じて負荷した。その結果、中空金属材料１８の開先１９は圧壊してほぼ中空金属材料１８の厚み２５と同一となるまで変形し、また、中空金属材料１８と金属材料２０の開先間に介在させた液相拡散接合用合金箔２１は、一度溶融後凝固して合金層を形成するものの、接合時間が極く短時間であるために平均厚みが３μｍの未等温凝固組織、つまり、拡散律速等温凝固は終了していない、いわゆる「ろう付け組織」となっていた。次に、二次接合として、この接合継ぎ手を高周波誘導加熱コイルおよび抵抗発熱体を有する電気炉で表８記載の再加熱温度に昇温し、所定時間保持することにより一次接合で形成された接合合金層の拡散律速等温凝固を終了後、冷却した。

得られた金属機械部品は、接合面から引き離す方向での引っ張り

試験、および、接合部の０℃でのシャルピー衝撃試験を行い、継手強度及び継手靭性の評価をおこなった。また、金属機械部品の接合応力加圧方向での変形量を測定し、変形量の評価も合わせて行なった。その結果を表８に示す。

なお、表８において、継手強度の評価は、母材の引張強さに対する接合継ぎ手の引張強さの比で示した。この値が１の場合は、母材で破断したことを意味し、１以下の場合は、接合部で破断したことを意味する。また、継手靭性の評価は、０℃での吸収エネルギーが２１Ｊ以上の場合は良好○、２１Ｊ未満の場合は不良×として示した。

表８に示す結果から、本発明の接合方法により本発明範囲内の接合条件で金属機械部品を製造したNo３３～３５は、いずれも一次接合後の接合層の厚さが平均で１０μｍ以下であり、二次接合後に測定した継手強度が常に母材の引張り強さを上回っていた。また接合応力付加方向の変形量が５％以下と機械部品として使用性能が満足できるものであった。また、液相拡散接合の保持時間が短いために継ぎ手の最大結晶粒度は５００μｍ以下と微細であり継手靭性も良好であった。

表８．本願発明方法の工程条件と継手特性

実施No.	被接合材記号	一次接合(抵抗溶接による液相拡散接合のための仮付け)					二次接合(液相拡散接合)					継手評価			区分
		抵抗溶接の電流値 (A/mm^2)	加圧力 (MPa)	接合線の総酸化物長さ (μm)	接合層幅 (μm)	継手効率	接合保持時間 (sec)	接合後冷速 ℃/s	液相拡散接合温度 ℃	継手の最大結晶粒径 (μm)	接合箔記号	継手強度/母材強度	継ぎ手靱性	変形量 (%)	
33	a	180	100	0.4	5	0.9	60	5	1200	180	A	1.09	○	3.8	発明例
34	a	220	110	0.1	2	1.1	90	5	1200	200	B	1.04	○	4.4	発明例
35	b	180	90	0.3	3	1.1	60	5	1250	160	B	1.01	○	4.1	発明例

接合線の総酸化物長さ＝光学顕微鏡で観察した接合部断面組織の接合層概略中心線上に存在する酸化物系介在物の長さの総和／接合層の長さ
接合層幅＝接合部断面組織の、抵抗溶接時加圧方向と平行な接合層の厚み
継手効率＝(被接合材料の開先面積)／(接合用金属箔が介在している接合後の継ぎ手部位の面積)
継手の最大結晶粒径＝接合後の接合層と熱影響部における旧γ粒径、もしくはフェライト粒径のうち、最大のものの直径
変形量＝接合応力付加方向の変形量

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明は液相拡散接合を用いて継ぎ手を形成して機械金属部品を製造する際に、金属材料の開先間に液相拡散接合用非晶質合金箔を介在させ、一次接合として、抵抗溶接により非晶質合金箔を溶融圧接して、非晶質合金箔が溶融、凝固して形成される極めて薄い厚みの接合合金層を設け、引き続き、非晶質合金箔の融点以上の再加熱温度で、後液相拡散接合の等温凝固過程を付与することで組織の均質性と、引張強度、靭性、疲労強度等の良好な機械的特性を有し、変形量の少ない継ぎ手を得ることができる。その結果、継ぎ手品質及び信頼性の高い金属機械部品を高い生産性で製造することができる。また、従来の抵抗溶接方法では問題であった、少なくとも一方が円筒状金属材料からなる接合継ぎ手の疲労強度についても、本発明の一次接合と二次接合の相互作用によって溶接部の微細な割れの発生を低減し、開先端部の未接合残存量を減少することができ、疲労強度に優れた継ぎ手及びそれによる金属機械部品を製造することができる。

本発明は、従来、通常の機械加工、研削、穿孔では製造できない形状の金属機械部品、更には生産性が低く、材料歩留まりの低い高コストの金属機械部品を、高生産性で、かつ低コストで製造できる全く新しい金属機械部品の溶接技術を提供するものであり、液相拡散接合の適用により達成しうる金属機械部品の機能向上と供給に大きく寄与しうるものである。特に、従来、鋳造や鍛造削り出し等で製作していたカムシャフトなど中空部品、各種原動機に用いるシャフト類、あるいは従来、単独の液相拡散接合法を用いて金属機械部品の製造において、本発明法の適用により製造コストの削減、生産性の向上、接合部の品質向上などの効果が期待され、本発明による産業上の貢献は多大である。

請　求　の　範　囲

１．金属材料の開先面に液相拡散接合用の非晶質合金箔を介在させ、一次接合として、抵抗溶接により前記非晶質合金箔と前記金属材料とを溶融圧接して継ぎ手部を形成し、次いで、二次接合として、前記継ぎ手部を前記非晶質合金箔の融点以上に再加熱した後、保持して前記継ぎ手部の凝固過程を完了させる液相拡散接合を行うことを特徴とする金属機械部品の液相拡散接合方法。

２．前記再加熱した後の保持時間が３０秒以上であることを特徴とする請求項１記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

３．前記非晶質合金箔の組成が、ＮｉまたはＦｅを基材とし、拡散原子としてＢ、Ｐ及びＣのうちの１種または２種以上を各々０．１～２０．０原子％含有し、さらに、Ｖを０．１～１０．０原子％含有することを特徴とする請求項１または２記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

４．前記抵抗溶接が、通電加熱方式のスポット溶接、プロジェクション溶接、アップセット溶接およびフラシュバット溶接のうちの何れか１種の溶接方法であり、かつ、前記抵抗溶接による前記非晶質合金箔と前記金属材料との溶融圧接の時間が１０秒以下であることを特徴とする請求項１～３の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

５．前記抵抗溶接における電流量が１００～１００，０００Ａ／mm^2であることを特徴とする請求項１～４の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

６．前記抵抗溶接による前記非晶質合金箔と前記金属材料との溶融圧接における加圧力が１０～１，０００ＭＰａであることを特徴とする請求項１～５のうちの何れか１項に記載の金属機械部品の液

相拡散接合方法。

７．前記抵抗溶接により形成した継ぎ手部の断面組織における未等温凝固組織の加圧方向の厚みが、平均で１０μｍ以下であることを特徴とする請求項１～６の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

８．前記抵抗溶接により形成した継ぎ手部の継ぎ手効率が０．５～２．０であることを特徴とする請求項１～７の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

ただし、継ぎ手効率とは、非晶質合金箔と金属材料を溶融圧接した後の継ぎ手部位の面積に対する金属材料の開先面の面積の比とする。

９．前記継ぎ手部の凝固過程の完了後、０．１～５０℃／秒の冷却速度で冷却して継ぎ手部組織を制御することを特徴とする請求項１～８の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

１０．金属材料と液相拡散接合で形成された継ぎ手部からなる金属機械部品であり、該金属機械部品の接合ままの金属組織における旧γ結晶の最大粒径が５００μｍ以下であることを特徴とする金属機械部品。

１１．前記金属材料の少なくとも一方が円筒状金属材料であり、該円筒状金属材料の端部と他方の金属材料面とを突き合わせて前記一次接合をする際に、突き合わせ接点に対する前記円筒状金属材料の内面側開先高さＡ、及び、外面側開先高さＢ、並びに、前記突き合わせ接点から外周までの距離Ｃが下記（１）式を満足するように、前記円筒状の金属材料端部にＶ字開先を形成することを特徴とする請求項１～９の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

０．２≦Ｂ／Ａ≦１、かつ、Ｃ／ｔ≦０．５　・・・・　（１）

訂正された用紙(規則91)

但し、Ａは円筒状金属材料の内面側開先高さ、Ｂは円筒状金属材料の外面側開先高さ、Ｃは円筒状金属材料の突き合わせ接点から外周までの距離、ｔは円筒状金属材料の肉厚をそれぞれ表す。

１２．前記一次接合後の開先端部における最大残存高さが前記非晶質合金箔の厚みの３倍以下であることを特徴とする請求項１１に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

１３．前記一次接合後の継ぎ手効率が０．８以上であることを特徴とする請求項１１または１２に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

１４．前記二次接合後の開先端部の最大残存高さが７０μｍ以下であることを特徴とする請求項１１～１３の何れか１項に記載の金属機械部品の液相拡散接合方法。

Fig.1

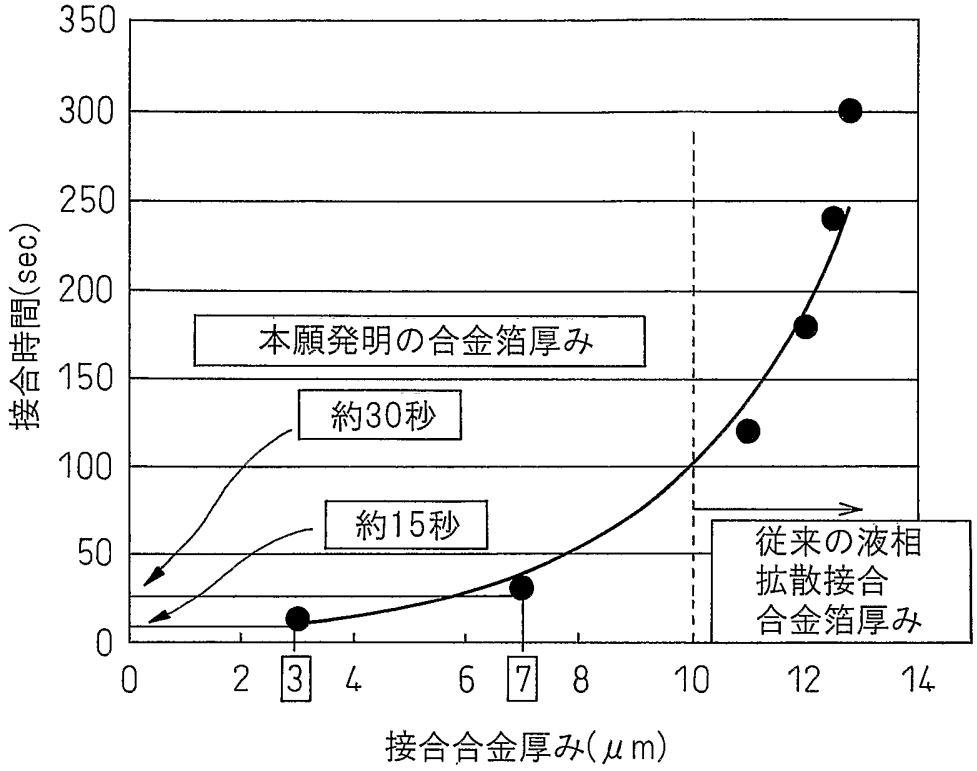

350
300
250
200
150
100
50
0
接合時間(sec)
本願発明の合金箔厚み
約30秒
約15秒
従来の液相
拡散接合
合金箔厚み
0
2
3
4
6
7
8
10
12
14
接合合金厚み(μm)

Fig.2

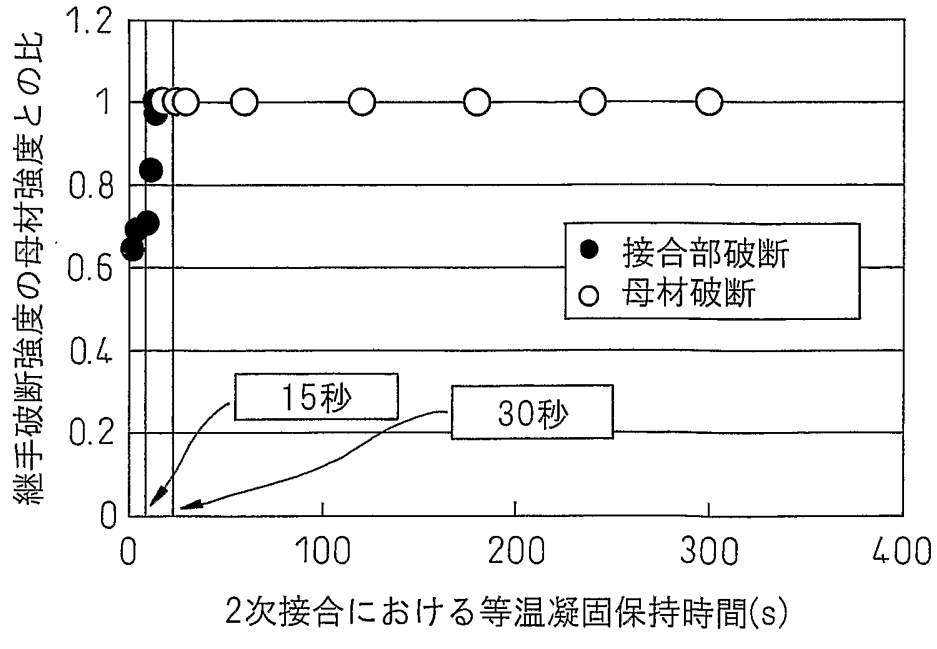

1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
継手破断強度の母材強度との比
接合部破断
母材破断
15秒
30秒
0
100
200
300
400
2次接合における等温凝固保持時間(s)

Fig.3

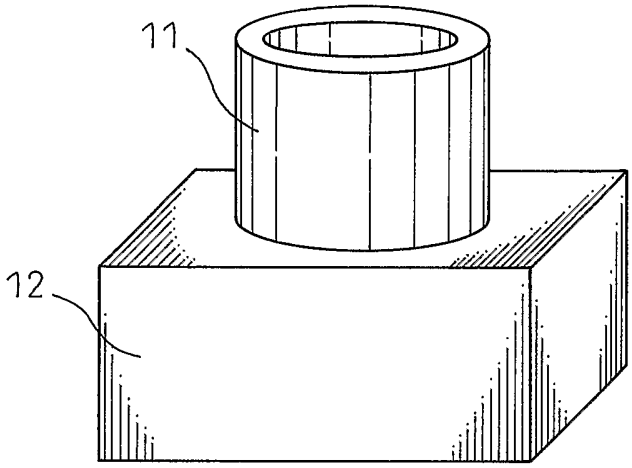


Fig.4

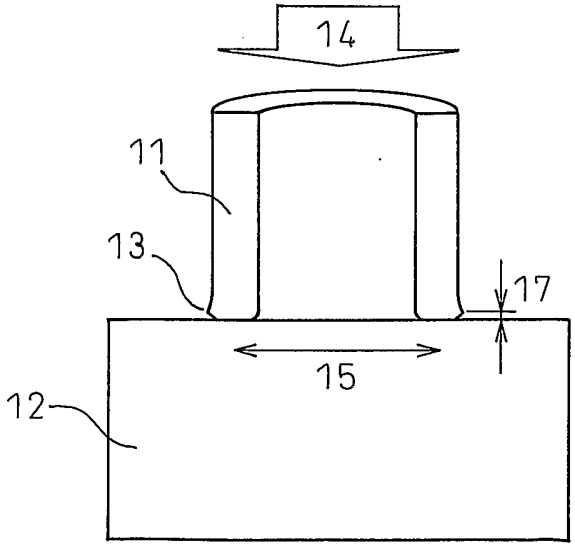


Fig.5

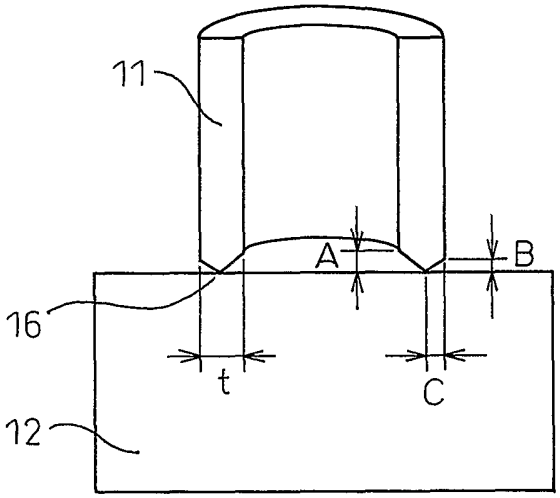

11
A
B
16
t
C
12

Fig.6

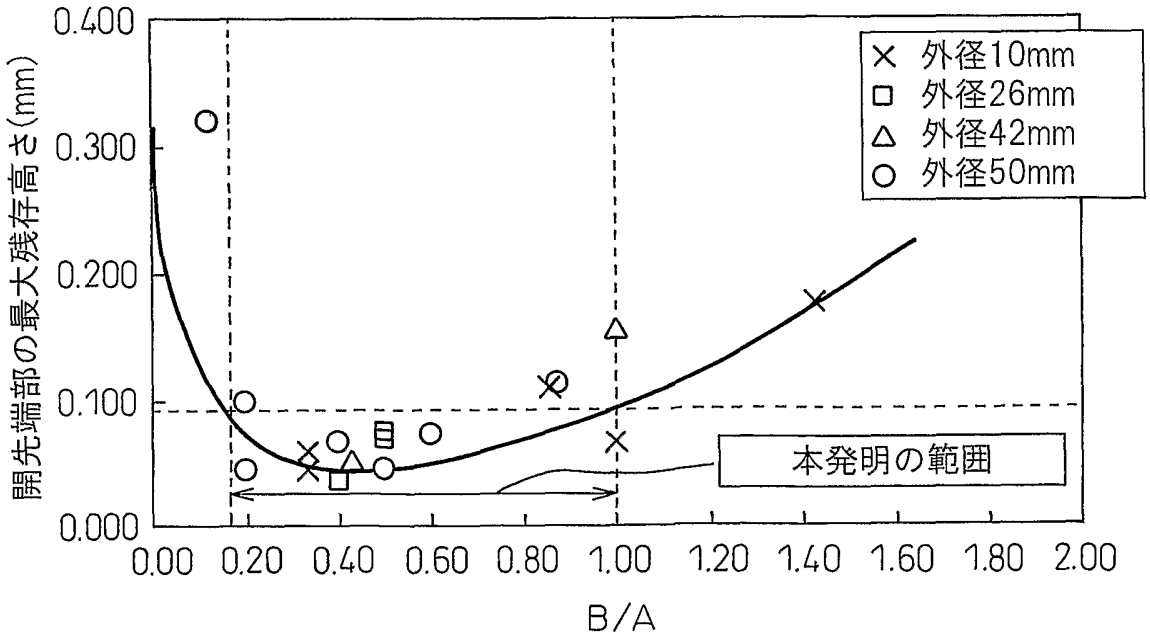

開先端部の最大残存高さ(mm)
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
1.60
1.80
2.00
B/A
外径10mm
外径26mm
外径42mm
外径50mm
本発明の範囲

Fig.7

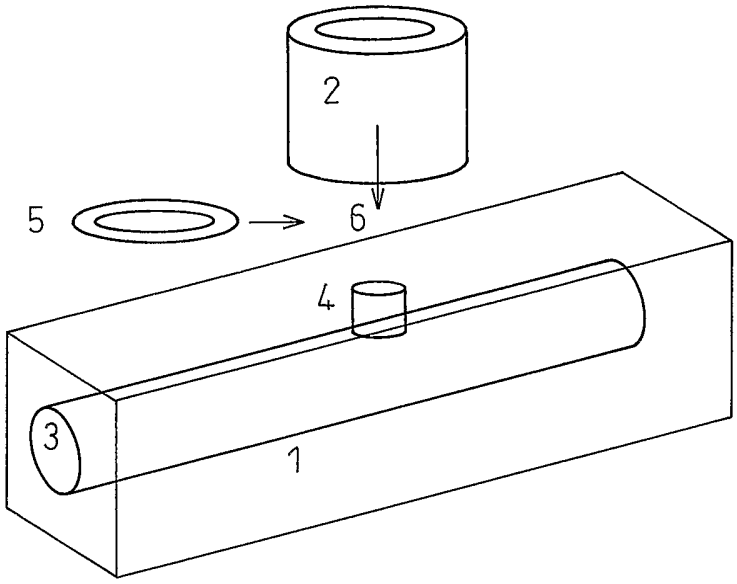


Fig.8

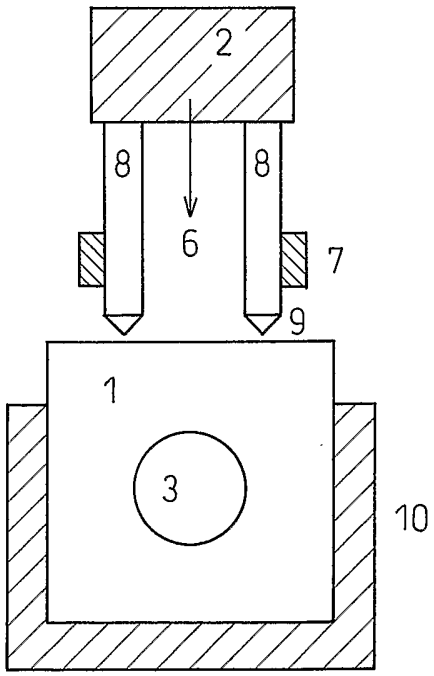


Fig.9

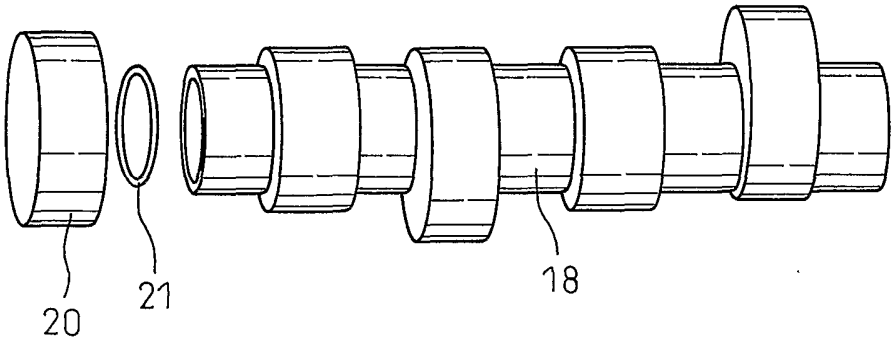
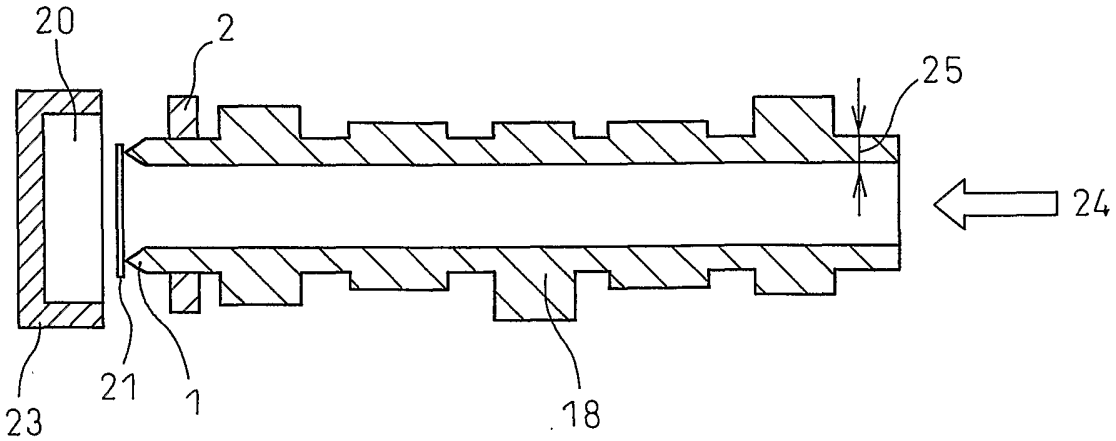


Fig.10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/008011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] B23K20/00, 20/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] B23K20/00, 20/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 9-262684 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 07 October, 1997 (07.10.97), Detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0015] to [0018]; all drawings & US 6059175 A	1 2-3,9 4-8,10-14
Y A	JP 2002-35958 A (Nippon Steel Corp.), 05 February, 2002 (05.02.02), Claim 1; detailed explanation of the invention; Par. No. [0024]; all drawings & US 2003/0044637 A1	2-3,9 1,4-8,10-14

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [ ] See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 September, 2004 (01.09.04)	21 September, 2004 (21.09.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/008011

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2001-321962 A (Nippon Steel Corp.), 20 November, 2001 (20.11.01), Detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0013] to [0014], [0024] to [0029]; all drawings (Family: none)	10 2-3,9 1,4-8,11-14
A	JP 11-285860 A (Nippon Steel Corp.), 19 October, 1999 (19.10.99), Claim 1; detailed explanation of the invention; Par. No. [0033]; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2002-86278 A (Nippon Steel Corp.), 26 March, 2002 (26.03.02), Claims 1 to 5 (Family: none)	1-14
A	JP 10-29075 A (Nippon Steel Corp.), 03 February, 1998 (03.02.98), Claims; all drawings & EP 922525 A1	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/008011

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical feature of Claims 1-9 is that "a method for liquid phase diffusion welding of a metallic machine part wherein an amorphous alloy foil for liquid phase diffusion welding is disposed on the fusion face of a metal material, and as a primary welding, the amorphous alloy foil and the metal material are fused and press-welded to each other by a resistance welding to form a joint part, and then as a secondary welding, the liquid phase diffusion welding is performed".

The special technical feature of Claim 10 is that "a metallic machine part of 500 μm or less in the maximum grain size of old γ crystals in a metal (continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No. III of continuation of first sheet(2)

structure of the welded metallic machine part".

Since these inventions are not so technically related as to involve one or more of the same or corresponding special technical features, they are not considered to be so linked as to form a single general inventive concept.

国際調査報告

国際出願番号 PCT／JP2004／008011

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁷ B23K20/00, 20/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁷ B23K20/00, 20/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922－1996年
日本国公開実用新案公報	1971－2004年
日本国実用新案登録公報	1996－2004年
日本国登録実用新案公報	1994－2004年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y A	JP 9-262684 A(住友金属工業株式会社)1997.10.07, 発明の詳細な説明【0015】－【0018】, 全図 & US 6059175 A	1 2-3, 9 4-8, 10-14
Y A	JP 2002-35958 A(新日本製鐵株式会社)2002.02.05, 請求項1, 発明の詳細な説明【0024】, 全図 & US 2003/0044637 A1	2-3, 9 1, 4-8, 10-14
X Y A	JP 2001-321962 A(新日本製鐵株式会社)2001.11.20, 発明の詳細な説明【0013】-【0014】, 【0024】-【0029】, 全図 （ファミリーなし）	10 2-3, 9 1, 4-8, 11-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 01. 09. 2004	国際調査報告の発送日 21. 9. 2004
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100－8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 3P 9257 加藤 昌人 電話番号 03－3581－1101 内線 3362

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	JP 11-285860 A(新日本製鐵株式会社)1999.10.19,請求項1,発明の詳細な説明【0033】,全図（ファミリーなし）	1-14
A	JP 2002-86278 A(新日本製鐵株式会社)2002.03.26,請求項1-5（ファミリーなし）	1-14
A	JP 10-29075 A(新日本製鐵株式会社)1998.02.03,特許請求の範囲,全図 & EP 922525 A1	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００４／００８０１１

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第８条第３項（ＰＣＴ１７条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1．☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2．☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3．☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第３文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１～９の特別な技術的特徴は、「金属材料の開先面に液相拡散接合用の非晶質合金箔を介在させ、一次結合として、抵抗溶接により前記非晶質合金箔と前記金属材料とを溶融圧接して継ぎ手部を形成し、次いで、二次結合として、液相拡散接合を行う金属機械部品の液相拡散接合方法」である。

請求の範囲１０の特別な技術的特徴は、「金属機械部品の接合ままの金属組織における旧γ結晶の最大粒径が５００μｍ以下である金属機械部品」である。

したがって、これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1．☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

2．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

4．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。

☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。