(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6828721号
(P6828721)
(45)発行日　令和3年2月10日(2021.2.10)　(24)登録日　令和3年1月25日(2021.1.25)

(51)Int.Cl.　F I
B23K 31/00 (2006.01)　B23K 31/00 F

請求項の数 8　(全 30 頁)

(21)出願番号　特願2018-142826(P2018-142826)
(22)出願日　平成30年7月30日(2018.7.30)
(65)公開番号　特開2019-155470(P2019-155470A)
(43)公開日　令和1年9月19日(2019.9.19)
審査請求日　令和1年10月25日(2019.10.25)
(31)優先権主張番号　特願2018-44657(P2018-44657)
(32)優先日　平成30年3月12日(2018.3.12)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　100147485
弁理士　杉村　憲司
(74)代理人　100165696
弁理士　川原　敬祐
(72)発明者　山口　尚記
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　塩崎　毅
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内

審査官　奥隅　隆

最終頁に続く

(54)【発明の名称】重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法および溶接構造物

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピンを用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、
上記打撃ピンの先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接止端部の曲率半径以下であり、
また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピンによる打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、
さらに、上記打撃ピンによる打撃を、一連の打撃として、上記溶接止端部を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、
上記一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行うものとし、
その際、上記一連の打撃により形成される複数の打撃痕からなる打撃痕群は、隣接する打撃痕群と少なくとも一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部と離間する、ことを特徴とする重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。
【請求項２】
前記一連の打撃を行う際の、溶接方向からの傾斜角度を３０～４５°とすることを特徴とする請求項１に記載の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。
【請求項３】

前記打撃工具の保持部において、該打撃工具を粘弾性体で挟持することを特徴とする請求項１または２に記載のピーニング処理方法。

【請求項４】

溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、

上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部を挟んで、複数の打撃痕が溶接方向から傾斜して連なる打撃痕群を複数そなえ、

また、上記打撃痕群は、隣接する打撃痕群と少なくともその一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部と離間する、ことを特徴とする溶接構造物。

【請求項５】

前記打撃痕群において、前記打撃痕が溶接方向から３０～４５°傾斜して連なることを特徴とする請求項４に記載の溶接構造物。

【請求項６】

溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピンを用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、

上記打撃ピンの先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接止端部の曲率半径以下であり、

また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピンによる打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、

さらに、上記打撃ピンを、溶接止端部を挟んで溶接方向に直角な方向に揺動させつつ、溶接方向に進行させて、上記打撃ピンにより打撃を付加し、

その際、上記溶接止端部を中心とする上記打撃ピンの揺動幅を、１打点あたりの打撃痕の幅の２倍以上とし、かつ、上記打撃ピンの揺動幅に応じて画定される打撃領域において、該打撃領域の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕と互いに重なり合う打撃痕における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、該打撃領域の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕同士の連なりを３打点以下とする、ことを特徴とする重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。

【請求項７】

前記打撃工具の保持部において、該打撃工具を粘弾性体で挟持することを特徴とする請求項６に記載のピーニング処理方法。

【請求項８】

溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、

上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部を挟み、かつ、連なった複数の打撃痕を有する打撃領域をそなえ、

上記打撃領域では、

上記打撃痕の溶接止端部上での合計長さが、上記溶接止端部の全長の５０％以上であり、かつ、上記打撃領域の幅が、１打点あたりの打撃痕の幅の２倍以上であり、

また、上記打撃領域において、上記打撃領域の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕と互いに重なり合う打撃痕における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、上記打撃領域の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕同士の連なりが３打点以下である、ことを特徴とする溶接構造物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、薄鋼板を母材とする重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法および溶接構造物に関し、特に、重ね隅肉溶接継手の疲労特性の向上を可能ならしめようとするものである。

【背景技術】
【０００２】
一般に、自動車の足回り部品の多くは、種々の部材が重ね隅肉溶接継手によって接合されて形成されている。また、自動車の足回り部品には、使用中に繰り返し荷重がかかるため、継手部分に疲労破壊が発生し易いことが知られている。このため、重ね隅肉溶接継手の疲労特性は、自動車の足回り部品にとって大きな問題である。
【０００３】
ここで、重ね隅肉溶接継手において発生する疲労破壊の破壊モードの殆どは、溶接方向に平行な方向に進展したき裂による破壊モードである。この破壊モードは、溶接方向に直角な方向の応力により引き起こされる。
【０００４】
溶接継手の疲労特性を改善する技術として、図１に示すとおり、打撃ピン５を用いて溶接止端部４に打撃を付加し、これによって、溶接止端部４の形状を変形させて、繰り返し曲げによる応力集中を緩和し、同時に塑性変形による圧縮残留応力を付与する、ピーニング処理方法が提案されている。
なお、図中、符号１および２は薄鋼板、３は溶接金属、６は打撃ピン先端である。
【０００５】
このようなピーニング処理方法として、例えば、特許文献１には、
「溶接鋼構造物における溶接継手の溶接余盛止端部をハンマ打撃装置でハンマ打撃処理して溶接継手の疲労強度を向上させる方法において、先端半径が1.0～2.8㎜のハンマチップを用いて、打撃圧力３～５kg/㎠、ハンマ打撃角度30～50度の条件で２～３回打撃を繰返すことによって、溶接余盛止端部表面に母材の降伏点と同程度の圧縮残留応力を付与することを特徴とする溶接継手の疲労強度向上法。」
が提案されている。
【０００６】
また、特許文献２には、
「エアで駆動される部材によって打撃ピンの基端に打撃力を付与し、この打撃ピンの先端で溶接部位をピーニング処理する方法において、打撃ピンの先端の曲率半径は１．５～３．０ｍｍに調整されており、少なくとも溶接止端部に、溶接方向に垂直な断面での曲率半径が１．５～３．０ｍｍで、深さが０．５ｍｍ以下となる打撃痕を形成することを特徴とするピーニング処理方法。」
が提案されている。
【０００７】
しかし、特許文献１および２の方法では、打撃ピン（ハンマ）を溶接止端部に沿って溶接方向に移動させるのみで打撃するため、図２に示すような塑性流動による溶接止端部折れ込み疵７が発生し、当該溶接止端部折れ込み疵７を起点とする疲労破壊が生じ、結果的に、疲労特性が十分には向上しないという問題があった。
なお、図中、符号８は、打撃痕端の折れ込み疵である。
【０００８】
また、特許文献３には、
「先端部に設けられたピンに超音波振動を与え、このピンにより溶接止端部に超音波衝撃を与える超音波衝撃処理方法において、前記ピンの先端部の曲率半径を１．０ｍｍ以上２．０ｍｍ以下とし、溶接止端部の溶接方向に垂直な断面に、曲率半径が１．５ｍｍ以上２．５ｍｍ未満の凹形状を形成することを特徴とする溶接止端部の超音波衝撃処理方法。」
が提案されている。
【０００９】
さらに、特許文献４には、
「溶接止端部にピーニング処理を施した溶接継手であって、ピーニング処理を施す前の、前記溶接止端部の半径ρ（ｍｍ）、フランク角度θ（°）、及び、ピーニング処理に用いる振動端子の先端部の曲率半径ｒ（ｍｍ）の各々の関係が、下記（１）、（２）式を満足

し、かつ、ピーニング処理後の前記溶接止端部に、ピーニング処理時の塑性加工による折れ込み疵が形成されていないことを特徴とする、耐疲労特性に優れた溶接継手。

ρ／θ　≧　ｒ／１００　　・・・・・（１）

２　≦　ｒ　≦　１０　　・・・・・（２）

｛但し、上記（１）、（２）式において、ρ：ピーニング処理前の溶接止端部の半径（ｍｍ）、θ：ピーニング処理前の溶接止端部のフランク角度（°）、ｒ：ピーニング処理に用いる振動端子の先端部曲率半径（ｍｍ）を示す。｝」

が提案されている。

【００１０】

加えて、特許文献５には、

「材料表面に超音波打撃処理を施して残留応力を改善する超音波打撃装置を用いた加工方法であって、前記超音波打撃装置は、超音波打撃を材料表面に与える複数本のピンが一列に配列され、該ピンの配列方向と傾斜した方向にピンを走査して材料表面を超音波打撃処理するものであって、前記ピンの配列方向と該ピンの走査方向とのなす角度は、１本のピンの打撃により材料表面に盛り上がって生じる縁と、該ピンと隣接するピンの打撃により材料表面に盛り上がって生じる縁と、が重なり合う角度であり、残留応力を改善させたい方向に対して直角方向の材料表面上に、前記複数本のピンを走査して超音波打撃処理による複数条の加工帯を形成し、該加工帯の中に少なくとも加工帯と直角方向に３箇所以上の縁を形成させることを特徴とする超音波打撃装置を用いた加工方法。」

が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１１】

【特許文献１】特許第３００２２２９号公報
【特許文献２】特開２０１４－００８５０７号公報
【特許文献３】特許第４８３７４２８号公報
【特許文献４】特開２０１３－０７１１４０号公報
【特許文献５】特許第４３９２３３７号公報
【特許文献６】特開２０１７－０８０８０２号公報
【特許文献７】特開２０１７－０８７２６６号公報

【非特許文献】

【００１２】

【非特許文献１】「ＦＰＢ処理による疲労特性の改善」（精密工学会誌　Vol.72, No.9（2006）　P.1071-1074）
【非特許文献２】溶接学会全国大会講演概要 第95集（2014）、P.356-357
【非特許文献３】「突合せ溶接継手余盛止端部形状と疲れ強さ」（溶接学会誌　第４０巻（1971）　第８号　P.723-735）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１３】

しかし、特許文献３の方法を、板厚が薄い鋼板、特に、板厚：３．５ｍｍ以下の薄鋼板を母材とする重ね隅肉溶接継手に適用する場合には、やはり溶接止端部折れ込み疵が発生し、疲労特性を十分に向上させることができなかった。

【００１４】

また、特許文献４の方法は、振動端子（打撃ピン）の先端の曲率半径と、ピーニング処理前の溶接止端部の半径およびフランク角度とを所定の関係式に基づき調整するものであるが、この関係式に基づけば、例えば、ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径が０．３ｍｍである場合、溶接止端部のフランク角度を１５°以下とすることが必要となる。しかし、溶接止端部のフランク角度は、典型的には、６０°程度であり、実際の施工においては、大部分の溶接継手には適用できないという問題があった。

【００１５】
さらに、特許文献５の方法では、溶接方向に直角な方向の応力によるき裂進展を十分に抑制できず、重ね隅肉溶接継手の疲労特性の向上効果は十分とは言えなかった。
【００１６】
なお、非特許文献１には、被処理材に直径５０～１００μｍの微粒子を衝突させて被処理材を塑性変形させる、表面改質処理法（微粒子衝突処理方法（ＦＰＢ処理法））が提案されているが、装置が大型であること、微粒子の飛散防止措置が必要であること、および、隅肉溶接継手の溶接止端部のような複雑な構造に対し局所的に加工を施すことは困難であるという問題があった。
【００１７】
本発明は、上記の現状に鑑み開発されたものであって、薄鋼板を母材とする重ね隅肉溶接継手の疲労特性を十分に向上させることが可能なピーニング処理方法を提供することを目的とする。
また、本発明は、上記のピーニング処理方法により得られる溶接構造体を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１８】
さて、発明者らは、重ね隅肉溶接継手の疲労特性を向上させる観点から検討を重ね、先に、特許文献６において、
「重ねた２枚の板において、一方の板の端部に沿って該端部と他方の板の表面に溶接ビードを有する重ね隅肉アーク溶接継手であって、前記他方の板は、前記溶接ビードの開始部又は終了部の少なくとも一方の溶接止端部側に、前記表面側に突出する突出部を有し、該突出部の前記一方の板端部側の傾斜面部に前記溶接止端部が位置することを特徴とする重ね隅肉アーク溶接継手。」
を開示した。
【００１９】
また、特許文献７において、
「一方の鋼板の端部の幅が他方の鋼板の端部の幅より狭い前記一方の鋼板の端部と前記他方の鋼板の端部を重ねると共に、前記一方の鋼板の端部の先端縁に沿って、前記一方の鋼板の端部と前記他方の鋼板の表面に形成された溶接ビードを有する重ね隅肉アーク溶接継手であって、前記他方の鋼板の表面に、前記一方の鋼板の端部が重なる重なり部の形状に合わせて、前記一方の鋼板の端部の側面部まで囲って凹む凹部を有し、前記一方の鋼板の端部の先端縁に沿った方向における前記溶接ビードの両端部の溶接止端部が前記凹部の傾斜面部に位置することを特徴とする重ね隅肉アーク溶接継手。」
を開示した。
【００２０】
そして、当該特許文献６および７の技術に従い、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部の形状を改良する、具体的には、図３（ａ）に示すように、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角を２０°以下にすることで、重ね隅肉溶接継手の疲労特性が向上することを突き止めた。
【００２１】
しかし、近年、自動車の燃費規制の厳格化に伴い、部材の薄肉化が要求され、結果として、より一層の疲労特性の向上が求められているのが現状である。
この点、特許文献６および７の技術により得た重ね隅肉溶接継手に対し、従来のピーニング処理、例えば、上掲特許文献１～５に記載されるようなピーニング処理を施しても、疲労特性の改善効果は十分とは言えなかった。
【００２２】
そこで、発明者らは、特許文献６および７の技術により得られる重ね隅肉溶接継手に対し、十分な疲労特性の改善効果が得られるピーニング処理方法について、検討を重ねた。
その結果、図３（ｂ）に示すように、打撃ピン先端の曲率半径を、溶接止端部の曲率半

径よりも小さくし、かつ、上記母材表面に垂直な直線からの打撃ピンによる打撃角度を、２０°以下とすることで、溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止でき、疲労特性が向上する、との知見を得た。

【００２３】

また、発明者らが、さらに検討を重ねたところ、次に述べる知見を得た。

（１）図２に示した打撃痕端の折れ込み疵８が疲労破壊の起点となる場合もあり、特に、図４に示すように、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部に沿って溶接方向に連続的に打撃を付加すると、打撃痕端の折れ込み疵８が、応力負荷方向の直角方向、すなわち溶接方向に連続的に連なり、その結果、応力拡大係数が増大して、き裂の進展を助長し、疲労特性を低下させる（なお、図４中、符号１０は打撃痕、１１は溶接ビードである）、

（２）このような疲労特性の低下を防止するには、打撃痕端の折れ込み疵８が、溶接方向に連続的に連なることを防止することが有効である、

（３）具体的には、次に述べる（ａ）または（ｂ）の処理が有効である。

（ａ）打撃ピンによる打撃を、一連の打撃として、溶接止端部を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行い、その際、一連の打撃により形成される複数の打撃痕からなる打撃痕群を、隣接する打撃痕群と少なくとも一部で互いに重ね合わせる一方、該打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部を、該隣接する打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部と離間させることにより、図５に示すような複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を形成する。

（ｂ）打撃ピンを、溶接止端部を挟んで溶接方向に直角な方向に一定の幅で揺動させつつ、溶接方向に進行させて、上記打撃ピンにより打撃を付加することにより、図６に示すように、複数の打撃痕１０を有する打撃領域１３を形成し、その打撃領域１３において、打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部を、当該打撃痕１０と重なり合う打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部と離間させるか、または、打撃領域１３の幅最端部に位置する、打撃痕１０の溶接方向での端部同士の連なりを３打点以下とする。（４）上記した（ａ）、（ｂ）いずれかの処理により、薄鋼板を母材とし、上記のような形状の溶接止端部を有する重ね隅肉溶接継手の疲労特性を、反りなどの母材の変形なく、大幅に向上させることができる、

【００２４】

さらに発明者らが検討を重ねた結果、本発明のように先端半径が比較的小さい打撃ピン５を用いる場合、被打撃部である溶接止端部４と打撃ピン先端６の接触面積が小さくなり、その結果、打撃圧力を保証するための打撃ピン５の打撃荷重は小さくてよいことが明らかになった。

しかしその一方で、先端に打撃ピンを取り付けた打撃工具１７を打撃工具保持部１８で固定し、溶接止端部４に押し付ける場合では、打撃ピン５の打撃荷重を押し付け荷重が上回った場合、打撃ピン先端６と溶接止端部４が密着し、打撃の効果が得られなくなる知見を得た。

【００２５】

そこで、発明者らは、この課題を解決するべく検討を重ねた結果、打撃工具保持部１８において打撃工具を固定する際に、この打撃工具を粘弾性体２０で挟持することによって、打撃工具保持部１８と打撃ピン５の振動に不整合が生じ、押し付け荷重が高い場合でも溶接止端部４と打撃ピン先端６が密着することなく十分な打撃効果が得られることが突き止められた。

本発明は、上記の知見に基づき、さらに検討を加えて完成されたものである。

【００２６】

すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

１．溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピンを用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、

上記打撃ピンの先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接

止端部の曲率半径以下であり、
また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピンによる打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、
さらに、上記打撃ピンによる打撃を、一連の打撃として、上記溶接止端部を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、
上記一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行うものとし、
その際、上記一連の打撃により形成される複数の打撃痕からなる打撃痕群は、隣接する打撃痕群と少なくとも一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部と離間する、ことを特徴とする重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。

【００２７】
２．前記一連の打撃を行う際の、溶接方向からの傾斜角度を３０～４５°とすることを特徴とする前記１に記載の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。

【００２８】
３．前記打撃工具の保持部において、該打撃工具を粘弾性体で挟持することを特徴とする前記１または２に記載のピーニング処理方法。

【００２９】
４．溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、
上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部を挟んで、複数の打撃痕が溶接方向から傾斜して連なる打撃痕群を複数そなえ、
また、上記打撃痕群は、隣接する打撃痕群と少なくともその一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群の溶接方向に直角な方向の端部と離間する、ことを特徴とする溶接構造物。

【００３０】
５．前記打撃痕群において、前記打撃痕が溶接方向から３０～４５°傾斜して連なることを特徴とする前記４に記載の溶接構造物。

【００３１】
６．溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピンを用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、
上記打撃ピンの先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接止端部の曲率半径以下であり、
また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピンによる打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、
さらに、上記打撃ピンを、溶接止端部を挟んで溶接方向に直角な方向に揺動させつつ、溶接方向に進行させて、上記打撃ピンにより打撃を付加し、
その際、上記溶接止端部を中心とする上記打撃ピンの揺動幅を、１打点あたりの打撃痕の幅の２倍以上とし、かつ、上記打撃ピンの揺動幅に応じて画定される打撃領域において、該打撃領域の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕と互いに重なり合う打撃痕における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、該打撃領域の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕同士の連なりを３打点以下とする、ことを特徴とする重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法。

【００３２】
７．前記打撃工具の保持部において、該打撃工具を粘弾性体で挟持することを特徴とする前記６に記載のピーニング処理方法。

【００３３】
８．溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、
上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部を挟み、かつ、連なった複数の

打撃痕を有する打撃領域をそなえ、
上記打撃領域では、
上記打撃痕の溶接止端部上での合計長さが、上記溶接止端部の全長の５０％以上であり、かつ、上記打撃領域の幅が、１打点あたりの打撃痕の幅の２倍以上であり、
また、上記打撃領域において、上記打撃領域の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕と互いに重なり合う打撃痕における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、上記打撃領域の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕同士の連なりが３打点以下である、ことを特徴とする溶接構造物。
【発明の効果】
【００３４】
本発明によれば、薄鋼板を母材とする重ね隅肉溶接継手の疲労特性を、大幅に向上させることが可能となる。
また、従来、変形のおそれがあるためピーニング処理ができなかった剛性の低い溶接構造物についても、反りなどの母材の変形がなく、疲労特性の大幅な向上が可能となる。加えて、特許文献４の請求項２で提案されているようなグラインダ等の前処理も不要となり、この点でも、作業性や生産性が向上する。
さらに、本発明の溶接構造物を、例えば、自動車部品に適用することで、優れた疲労特性が求められる自動車部品への高強度材の適用が可能となり、この点を通じて、自動車の燃費向上を図ることが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００３５】
【図１】一般的なピーニング処理の一例を示す模式図である。
【図２】ピーニング処理時に発生する折れ込み疵の一例を示す模式図である。
【図３】（ａ）本発明の一実施形態に従うピーニング処理方法を施す隅肉重ね溶接継手の一例を示す模式図（溶接ビードに垂直な断面における断面図）である。（ｂ）本発明の一実施形態に従うピーニング処理方法の模式図である。
【図４】従来のピーニング処理方法により形成される打撃痕と、代表的な疲労破壊モードの応力負荷方向を示す模式図である。
【図５】本発明の一実施形態に従うピーニング処理方法により形成される打撃痕（打撃痕群）と、代表的な疲労破壊モードの応力負荷方向を示す模式図である。
【図６】本発明の他の実施形態に従うピーニング処理方法により形成される打撃痕（打撃領域）と、代表的な疲労破壊モードの応力負荷方向を示す模式図である。
【図７】試験片の形状を示す図である。
【図８】ピーニングの処理状況および処理部の監視を行う場合における、本発明の一実施形態に従うピーニング処理方法の模式図である。
【図９】打撃工具保持部における打撃工具の保持要領を示す模式図である。
【図１０】図９のＡ－Ａ断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００３６】
本発明を、実施形態に基づき説明する。
［第１の実施形態］
第１の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法は、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピン５を用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、上記打撃ピン５の先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接止端部４の曲率半径以下であり、また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピン５による打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、さらに、上記打撃ピン５による打撃を、一連の打撃として、上記溶接止端部４を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、上記一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行うものとし、その際、上記一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０

からなる打撃痕群１２は、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間するものである。

以下、この第１の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法について、図３（ａ）、（ｂ）および図５を用いて説明する。

【００３７】

溶接止端部４の形状：溶接ビードの断面（溶接方向に直角な面）において、余盛角φの中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αが２０°以下

第１の実施形態のピーニング処理方法を施す重ね隅肉溶接継手の一例を、図３（ａ）に示す。

図３（ａ）に示すように、当該重ね隅肉溶接継手では、母材となる薄鋼板１および２が、溶接金属３を介して接合されている。ここでは、下板の薄鋼板１の表面に、上板の薄鋼板２の一部が重ねられており、当該重なり部の形状に合わせて、薄鋼板１に傾斜面部を有する凹部（湾曲部）が設けられている。

また、溶接金属３は、溶接止端部４が上記凹部の傾斜面部に位置するように配設されている。

上記のような形状とすることにより、溶接ビードの断面において余盛角φの中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αを２０°以下にして、溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止している。なお、αの下限については特に限定されず、０°であってもよい。

【００３８】

ここで、余盛角φは、溶接止端部において溶接金属表面の接線と母材表面の接線とがなす角であり、具体的には、図３（ａ）に示すように、溶接止端部において第１の直線と第２の直線とがなす角として定義される。ここで、第１の直線とは、溶接ビードの断面において溶接止端部４からの距離が０．５ｍｍである溶接金属３の表面の点と、当該距離が１．０ｍｍである溶接金属３の表面の点とを結んだ直線であり、第２の直線とは、溶接ビードの断面において溶接止端部４からの距離が０．５ｍｍである薄鋼板１の表面（溶接止端部を中心に溶接金属３とは反対側に位置する母材の表面）の点と、当該距離が１．０ｍｍである薄鋼板１の表面（溶接止端部を中心に溶接金属３とは反対側に位置する母材の表面）の点とを結んだ直線である。

また、余盛角φの中心線は、上記余盛角φの２等分線である。

さらに、図３（ａ）に示すように、母材となる薄鋼板１と薄鋼板２（母材）の表面は、基本的に略平行となるが、ここでいう母材表面に垂直な直線は、下板に当たる母材（薄鋼板１）の平坦部の表面（ただし、薄鋼板２との非重なり部）に垂直な直線とする。

【００３９】

なお、上記のような形状となる溶接止端部を有する隅肉重ね溶接継手は、特許文献６または７に従い、隅肉溶接およびプレス成形（予成形）を行うことによって、得ることができる。

【００４０】

打撃ピンの先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面（溶接方向に直角な面）における曲率半径（以下、打撃ピン先端６の曲率半径ともいう）ρ_p：溶接止端部４の曲率半径ρ_a以下

溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止する観点から、図３（ｂ）に示す打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pは、溶接止端部４の曲率半径ρ_a以下とする。なお、打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pの下限については特に限定されるものではないが、施工効率の観点から、溶接止端部４の曲率半径ρ_aの１／２以上とすることが好ましい。

なお、打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pを溶接止端部４の曲率半径ρ_a以下とするには、打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pを小さくするか、または、溶接止端部４の曲率半径ρ_aを大きくすればよい。その方法としては、例えば、非特許文献２に記載される溶接シールドガスのCO_2比率を低減する方法などが挙げられる。

【００４１】

溶接方向に直角な面における打撃ピン５の打撃角度β：（母材表面に垂直な直線から）２

０°以下
溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止する観点から、図３（ｂ）に示す打撃ピン５の打撃角度β（溶接方向に垂直な面において、打撃ピン５の中心線と、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４の母材（薄鋼板）表面に垂直な直線とがなす角度）は、母材表面に垂直な直線から２０°以下とする。なお、下限については特に限定されず、０°であってもよい。
なお、打撃ピンを傾ける方向は、特に限定されるものではないが、施工の安定性などの観点から、下板側（図３（ｂ）において左側）とすることが好ましい。
【００４２】
また、第１の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法では、打撃ピン５による打撃を、一連の打撃として、図５に示すとおり、上記溶接止端部４を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、上記一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行うものとし、その際、上記一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２は、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間することが重要である。
ここで、打撃痕群１２とは、図５に示すような、複数の打撃痕１０が溶接方向から所定の傾斜角度で連なる一連の打撃痕を指す。
また、打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部とは、打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端から打撃痕群１２の幅の１％までの領域を意味する。
【００４３】
すなわち、上述したとおり、図２に示した打撃痕端の折れ込み疵８が疲労破壊の起点となる場合があり、特に、図４に示すように、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４に沿って溶接方向に連続的に打撃を付加すると、打撃痕端の折れ込み疵８が、応力負荷方向の直角方向、すなわち溶接方向に連続的に連なり、その結果、応力拡大係数が増大して、き裂の進展を助長し、疲労特性を低下させる。このような疲労特性の低下を防止するには、打撃痕端の折れ込み疵８が、溶接方向に連続的に連なることを防止することが有効である。
そのため、本発明の第１の実施形態のピーニング処理方法では、打撃ピン５による打撃を、一連の打撃として、上記溶接止端部４を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加する（換言すれば、打撃痕１０が重なり合い、これらの打撃痕１０の中心線が溶接方向から傾斜するように打撃を付加する）とともに、上記一連の打撃を、溶接方向に繰り返し行う。そして、その際、上記一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重ね合わせる一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部を、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間させることにより、図５に示すような複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を形成するのである。
なお、上記隣接する打撃痕群１２同士の端部について、溶接止端部４から同じ距離にそろえておくと、互いに離間させやすくてよい。
【００４４】
ここで、一連の打撃を付加する際に、溶接方向からの傾斜角度θ（以下、走査角度ともいう）は３０～４５°とすることが好ましい。
走査角度を３０°未満にすると、打撃痕端の折れ込み疵８が、溶接方向に連続的に連なるのと同様に、疲労特性が低下するおそれが生じる。一方、走査角度が４５°超となると、作業効率の低下を招く。
【００４５】
さらに、一連の打撃の溶接方向に直角な方向における走査距離（以下、走査幅ともいう）は、打撃痕群１２が溶接止端部４を挟んで形成されば特に限定されるものではないが、３．０ｍｍ以上とすることが好ましい。上限については特に限定されないが、作業効率の点から８．０ｍｍ程度とすることが好ましい。
また、一連の打撃は、溶接方向の直角方向に、少なくとも溶接止端部４を中心として溶

接金属側および母材側にそれぞれ１．０ｍｍ程度までの領域に付加することが好ましく、特には、溶接止端部４を中心として付加することが好ましい。

【００４６】

さらに、隣接する打撃痕群１２の溶接止端部４上での中心間距離は、１回の打撃による打撃痕１０の溶接方向における長さの０．７０～０．９９倍とすることが好ましい。これにより、より有利に一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重ね合わせる一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部を、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間させることができる。

【００４７】

加えて、上記以外のピーニング処理条件については特に限定されず、常法に従えばよい。例えば、一連の打撃における打撃周波数および走査速度はそれぞれ、１０～３００Ｈｚ、および３～３０ｍｍ／ｓとすればよい。

【００４８】

上記のようにして、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４へ打撃を付加することにより、図５に示すような、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４を挟んで、複数の打撃痕１０が溶接方向から傾斜して連なる打撃痕群１２を複数そなえ、また、上記打撃痕群１２は、隣接する打撃痕群１２と少なくともその一部で互いに重なり合う一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部は、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間する、第１の実施形態の溶接構造物が得られる。

なお、打撃痕群１２の溶接方向からの傾斜角度（打撃痕群１２における打撃痕１０の連なり方向が、溶接方向となす角度）：θ、および、打撃痕群１２の幅（溶接方向に直角な方向の幅）：Ｌ１はそれぞれ、通常、上記した走査角度および走査幅（一連の打撃を付加する際の打撃ピン先端の溶接直角方向における移動距離と打撃痕１個あたりの幅との和）と同じになり、これらの好適範囲も、それぞれ３０～４５°および３．０～８．０ｍｍである。

【００４９】

［第２の実施形態］

第２の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法は、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４へ、打撃工具の先端に取り付けた打撃ピン５を用いて、打撃を付加するピーニング処理方法であって、上記打撃ピン５の先端の溶接方向に直角な方向の垂直断面における曲率半径が、上記溶接止端部４の曲率半径以下であり、また、溶接方向に直角な面における上記打撃ピン５による打撃角度を、上記母材表面に垂直な直線から２０°以下とし、さらに、図６に示すとおり、上記打撃ピン５を、溶接止端部４を挟んで溶接方向に直角な方向に揺動させつつ、溶接方向に進行させて、上記打撃ピン５により打撃を付加し、その際、上記溶接止端部４を中心とする上記打撃ピン５の揺動幅を、１打点あたりの打撃痕１０の幅の２倍以上とし、かつ、上記打撃ピン５の揺動幅に応じて画定される打撃領域１３において、該打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕１０と互いに重なり合う打撃痕１０における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、該打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりを３打点以下とするものである。

以下、この第２の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法について、図３（ａ）、（ｂ）および図６を用いて説明する。

【００５０】

溶接止端部４の形状：溶接ビードの断面（溶接方向に直角な面）において、余盛角φの中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αが２０°以下

第２の実施形態のピーニング処理方法も、上述した図３（ａ）に示す重ね隅肉溶接継手

を一例として、これに適用することができる。
そして、この場合にも、上記のような形状とすることにより、溶接ビードの断面において余盛角φの中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αを２０°以下にして、溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止することができる。なお、αの下限については特に限定されず、０°であってもよい。
【００５１】
なお、余盛角φおよび余盛角φの中心線は、上述した第１の実施形態と同様にして求めたものである。また、上記のような形状となる溶接止端部を有する隅肉重ね溶接継手は、上述した第１の実施形態と同様に、特許文献６または７に従い、溶接およびプレス成形（予成形）を行うことによって、得ることができる。
【００５２】
打撃ピン先端６の曲率半径ρ_p：溶接止端部４の曲率半径ρ_a以下
溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止する観点から、図３（ｂ）に示す打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pは、溶接止端部４の曲率半径ρ_a以下とする。なお、打撃ピン先端６の曲率半径ρ_pの下限については特に限定されるものではないが、施工効率の観点から、溶接止端部４の曲率半径ρ_aの１／２以上とすることが好ましい。
【００５３】
溶接方向に直角な面における打撃ピン５の打撃角度β：（母材表面に垂直な直線から）２０°以下
溶接止端部折れ込み疵７の発生を有効に防止する観点から、図３（ｂ）に示す打撃ピン５の打撃角度β（溶接方向に垂直な面において、打撃ピン５の中心線と、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４の母材（薄鋼板）表面に垂直な直線とがなす角度）は、母材表面に垂直な直線から２０°以下とする。なお、下限については特に限定されず、０°であってもよい。
なお、打撃ピンを傾ける方向は、特に限定されるものではないが、施工の安定性などの観点から、下板側（図３（ｂ）において左側）とすることが好ましい。
【００５４】
また、第２の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法では、打撃ピン５を、溶接止端部４を挟んで溶接方向に直角な方向に揺動させつつ、溶接方向に進行させて、上記打撃ピン５により打撃を付加し、その際、上記打撃ピン５の揺動幅を、１打点あたりの打撃痕１０の幅、つまり、打撃痕１個あたりの幅（溶接方向に直角な方向の幅）の２倍以上とする。
【００５５】
すなわち、上述したとおり、図２に示した打撃痕端の折れ込み疵８が疲労破壊の起点となる場合があり、特に、図４に示すように、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４に沿って連続的に打撃を付加すると、打撃痕端の折れ込み疵８が、応力負荷方向の直角方向、すなわち溶接方向に連続的に連なり、その結果、応力拡大係数が増大して、き裂の進展を助長し、疲労特性を低下させる。
そのため、第２の実施形態の重ね隅肉溶接継手のピーニング処理方法では、打撃ピン５を、溶接止端部４を挟んで溶接方向に直角な方向に揺動させつつ（換言すれば、打撃ピン５が溶接止端部４を所定回数以上横断し、かつ、打撃により形成される打撃痕１０が互いに重なり合うように）、溶接方向に進行させて、上記打撃ピン５により打撃を付加する。そして、その際、図６に示すとおり、（溶接方向に直角な方向の）打撃ピン５の揺動幅を、打撃痕１個あたりの幅：Ｌ０の２倍以上、好ましくは２．５倍以上とすることにより、複数の打撃痕１０を有する打撃領域１３を形成して、打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部を、互いに重なり合う打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部と離間させるか、または、該打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりを３打点以下とするのである。
また、ここでいう打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部とは、打撃領域１３の幅端部側の打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端から、打撃痕１０の幅の１％までの領域を

意味する。
これにより、打撃痕端の折れ込み疵８が、溶接方向に連続的に連なること防止して、疲労特性の向上を図ることが可能となる。
揺動幅の上限については特に限定するものではないが、作業効率の観点から、５．０ｍｍとすることが好ましい。
【００５６】
また、揺動範囲には、溶接方向の直角方向に、少なくとも溶接止端部４を中心として溶接金属側および母材側にそれぞれ１．０ｍｍ程度までの領域が含まれることが好ましく、特には、溶接止端部４を中心とすることがより好ましい。
【００５７】
さらに、打撃周波数、揺動周波数および溶接方向への走査速度は、それぞれ１０～３００Ｈｚ、１～２０Ｈｚおよび０．１～２０ｍｍ／ｓとすることが好ましい。
【００５８】
なお、上記以外の処理条件については特に限定されず、常法に従えばよい。
【００５９】
上記のようにして、重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４へ打撃を付加することにより、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角が２０°以下である重ね隅肉溶接継手をそなえる溶接構造物であって、上記溶接構造物は、上記重ね隅肉溶接継手の溶接止端部４を挟み、かつ、連なった複数の打撃痕１０を有する打撃領域１３をそなえ、上記打撃領域１３では、上記打撃痕１０の溶接止端部４上での合計長さが、上記溶接止端部４の全長の５０％以上であり、かつ、上記打撃領域１３の幅が、１打点あたりの打撃痕１０の幅の２倍以上であり、また、上記打撃領域１３において、上記打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕１０と互いに重なり合う打撃痕１０における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、上記打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりが３打点以下である、第２の実施形態の溶接構造物が得られる。
【００６０】
ここで、打撃領域１３は、図６のように、連なった（互いに重なり合う）複数の打撃痕１０が位置する範囲の最大幅（溶接方向に直角な方向の最大幅）：Ｌ２の領域として画定される。
ただし、ピーニングによる応力緩和効果を十分に得る観点からは、打撃領域１３における、打撃痕１０の溶接止端部４上での合計長さを、溶接止端部４の全長の５０％以上とする必要がある。好ましくは７０％以上、より好ましくは９０％以上である。また、１００％であってもよい。
【００６１】
なお、打撃周波数、揺動周波数および溶接方向への走査速度を、上記の範囲に調整すれば、図６のように、打撃領域１３における、打撃痕１０の溶接止端部４上での合計長さを、溶接止端部４の全長の５０％以上とし、かつ、打撃領域１３において、打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕１０の溶接方向に直角な方向の端部が、該打撃痕１０と互いに重なり合う打撃痕１０における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、上記打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりを３打点以下とすることができる。
また、特に、打撃周波数、揺動周波数および溶接方向への走査速度を、それぞれ２０～４０Ｈｚ、５～１０Ｈｚおよび１～１０ｍｍ／ｓに調整すれば、打撃領域における、打撃痕の溶接止端部上での合計長さを溶接止端部の全長の９０％以上とすることができる。
【００６２】
さらに、疲労特性向上の観点からは、互いに重なり合う打撃痕１０の中心間を結ぶ直線が、溶接方向と平行にならないようにすることが好ましく、そのためには、打撃周波数f_1と揺動周波数f_2が整合しないようにする、具体的にはf_1/f_2を非整数とすることが好ましい。

【００６３】
なお、上記した揺動幅は、揺動時における打撃ピン先端の溶接直角方向における移動距離と打撃痕１個あたりの幅との和であり、そのため、打撃領域１３の幅：Ｌ２は、通常、揺動幅と同じになる。よって、打撃領域１３の幅も、打撃痕１個あたりの幅の２倍以上となる。好ましくは打撃痕１個あたりの幅の２．５倍以上である。また、打撃領域１３の幅：Ｌ２は、好ましくは５．０ｍｍ以下である。
【００６４】
以上、本発明の第１の実施形態および第２の実施形態について説明したが、これらの実施形態に従うピーニング処理はいずれも、板厚：１．０～３．６ｍｍ（より好適には２．０～３．０ｍｍ）で引張強さ：７８０ＭＰａ以上の薄鋼板を母材として用いる重ね隅肉溶接継手に適用して、特に、好適である。
また、打撃ピン５の先端形状は、その曲率半径が溶接止端部４の曲率半径以下であれば特に限定されず、例えば、半円筒形や半球形、半楕円形、略蒲鉾形のものなどを用いることができる。
さらに、上記の実施形態に従うピーニング処理を行うにあたっては、エア駆動式の装置や超音波式の装置だけでなく、電動式の装置も使用することができるので、作業性などの面でも有利となる。
加えて、溶接方法については特に限定されず、アーク溶接やレーザ溶接などの溶接により得たいずれの溶接継手にも、上記したピーニング処理方法を適用することができる。
【００６５】
また、カメラを用いて、ピーニングの処理状況および処理部の監視を行ってもよい。特に、図８に示すように、カメラ１４および／または１５を、打撃ピン５の溶接方向への進行と連動するように配置し、カメラ１４および／または１５で撮影した映像をモニター１６に映して遠隔監視することが好ましい。これにより、処理不良などの異常を早期に検知することが可能となり、歩留まりが向上する。
【００６６】
さらに、打撃工具１７の保持方法については特に指定されるものではないが、図９に示すように、打撃工具１７を溶接止端部４に対し、打撃工具保持部を用いて押し付ける場合、前述した理由から、図１０に示すように、打撃工具１７を粘弾性体２０で挟持することが望ましい。なお、図中、番号１９はボルトである。
粘弾性体２０の材質については、打撃工具保持部１８と打撃ピン５の振動に不整合が生じさえする粘度を有するものであれば特に指定されるものではないが、ゴム、ゲルなどの高分子物質が好ましい。
【実施例】
【００６７】
（実施例１）
第１の実施形態に従う実施例について、説明する。
種々の鋼板（板厚：２．９ｍｍ）に対し、表１に示す条件で重ね隅肉アーク溶接を行い、図３（ａ）に示す形状となる種々の重ね隅肉アーク溶接継手を作成した。なお、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αはいずれも１０°であった。ついで、作成した重ね隅肉アーク溶接継手の溶接止端部４に、エア駆動式（空気圧：０．５ＭＰａ）の装置を用いて、表２および表４～６に示す条件でピーニング処理を行い、重ね隅肉アーク溶接継手に図５に示すような打撃痕１０を形成した。
ここで、ピーニング処理はいずれも、溶接止端部４表面のスラグが破壊され、内部の金属光沢が露出するまで行った。また、ここでは、打撃ピン５による打撃を、一連の打撃として、溶接止端部４を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、一連の打撃を、溶接方向に繰り返し、その際、一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重なり合わせる一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部を、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間させた。また、打撃ピン５は、その先端形状が半球形

となるものを用い、一連の打撃における走査速度はいずれも５ｍｍ／ｓとした。
なお、表４～６の溶接止端部４の曲率半径は、非特許文献３に従い、１溶接継手あたり５か所を測定し、その平均値として求めたものである。

【００６８】

ピーニング処理後の重ね隅肉アーク溶接継手から、溶接ビード１１が試験片中央部となるように、図７の形状の試験片を採取し、この試験片を用いて、表３に示す条件でＪＩＳＺ　２２７５に準拠する平面曲げ疲労試験を行い、以下の基準で疲労特性を評価した。
合格（特に優れる）：疲労寿命が３００万回超（応力繰り返し回数が３００万回で破断に至らなかった場合は、疲労寿命は３００万回超と判断）
合格（優れる）：疲労寿命が２００万回以上３００万回以下
不合格：疲労寿命が２００万回未満
評価結果を表４～６に併記する。

【００６９】

【表１】

表1

シールドガス	電流（A）	電圧（V）	溶接速度（cm／min）
95体積%Ar-5体積%CO_2	230	23	80

【００７０】

【表２】

表2

装置	打撃ピン径（mm）	打撃周波数（Hz）
エア駆動式	3	20

【００７１】

【表３】

表3

公称応力範囲（MPa）	応力比	周波数（Hz）	試験打ち切り回数
500	0	10	300万回

【００７２】

【表４】

表4

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件					ピーニング処理後の溶接止端部の形状			疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	走査角度（°）	走査幅（mm）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕群の溶接方向からの傾斜角度 θ（°）	打撃痕群の幅 L1（mm）		
1	980	1.00	1.80	0	30	5.0	1.00	30	5.0	300万超	発明例
2	980	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	300万超	発明例
3	980	1.80	1.80	0	30	5.0	1.80	30	5.0	240万	発明例
4	980	1.90	1.80	0	30	5.0	1.90	30	5.0	56万	比較例

【００７３】

【表５】

表5

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件					ピーニング処理後の溶接止端部の形状			疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	走査角度（°）	走査幅（mm）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕群の溶接方向からの傾斜角度 θ（°）	打撃痕群の幅 L1（mm）		
5	980	1.50	1.80	0	0	5.0	1.50	0	5.0	110万	比較例
6	980	1.50	1.80	0	20	5.0	1.50	20	5.0	240万	発明例
7	980	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	300万超	発明例
8	980	1.50	1.80	0	45	5.0	1.50	45	5.0	300万超	発明例
9	980	1.50	1.80	0	50	5.0	1.50	50	5.0	200万	発明例

【００７４】

【表６】

表6

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件					ピーニング処理後の溶接止端部の形状			疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	走査角度（°）	走査幅（mm）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕群の溶接方向からの傾斜角度 θ（°）	打撃痕群の幅 L1（mm）		
10	980	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	300万超	発明例
11	780	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	300万超	発明例
12	690	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	280万	発明例
13	590	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	250万	発明例
14	440	1.50	1.80	0	30	5.0	1.50	30	5.0	220万	発明例

【００７５】

表４～表６に示すとおり、発明例ではいずれも、優れた疲労寿命が得られていることがわかる。
また、表５に示すとおり、溶接方向からの傾斜角度を３０～４５°に制御する場合に、特に優れた疲労寿命が得られていることがわかる。
さらに、表６に示すとおり、引張強さが７８０ＭＰａ以上の鋼板を母材とする場合に、特に有利に疲労特性を改善できることがわかる。
【００７６】
（実施例２）
上記の第２の実施形態に従う実施例について、説明する。
種々の鋼板（板厚：２．９ｍｍ）に対し、表１に示す条件で重ね隅肉アーク溶接を行い、図３（ａ）に示す形状となる種々の重ね隅肉アーク溶接継手を作成した。なお、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αはいずれも０°であった。ついで、作成した重ね隅肉アーク溶接継手の溶接止端部４に、エア駆動式（空気圧：０．５ＭＰａ）の装置を用いて、表２および表７～９に示す条件で、打撃ピン５を、溶接止端部４を中心として溶接方向に直角な方向に揺動させながら、ピーニング処理を行った。ここで、ピーニング処理はいずれも、溶接止端部４表面のスラグが破壊され、内部の金属光沢が露出するまで行った。また、打撃ピン５は、その先端形状が半球形となるものを用いた。
なお、表７～９の溶接止端部４の曲率半径は、非特許文献３に従い、１溶接継手あたり５か所を測定し、その平均値として求めたものである。
また、打撃ピン５の揺動を行った例ではいずれも、打撃ピン５の揺動幅に応じて画定される打撃領域１３において、打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、打撃痕１０と互いに重なり合う打撃痕１０における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりが３打点以下であった。
【００７７】
ピーニング処理後の重ね隅肉アーク溶接継手から、溶接ビード１１が試験片中央部となるように、図７の形状の試験片を採取し、この試験を用いて、表３に示す条件でＪＩＳ　Ｚ　２２７５に準拠する平面曲げ疲労試験を行い、以下の基準で疲労特性を評価した。
合格（特に優れる）：疲労寿命が３００万回超（応力繰り返し回数が３００万回で破断に至らなかった場合は、疲労寿命は３００万回超と判断）
合格（優れる）：疲労寿命が２００万回以上３００万回以下
不合格：疲労寿命が２００万回未満
評価結果を表７～９に併記する。
【００７８】

【表７】

表7

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件						ピーニング処理後の溶接止端部の形状				疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	揺動幅（mm）	揺動周波数（Hz）	走査速度（mm／s）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕1個あたりの幅 L0（mm）	打撃領域の幅 L2（mm）	溶接止端部の合計長さに対する打撃痕の溶接止端部上での合計長さの比率（%）		
101	980	1.00	1.80	0	3.0	7	3.0	1.00	1.00	3.0	90	300万超	発明例
102	980	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.00	3.0	90	300万超	発明例
103	980	1.80	1.80	0	3.0	7	3.0	1.80	1.00	3.0	100	230万	発明例
104	980	1.81	1.80	0	3.0	7	3.0	1.81	1.00	3.0	100	76万	比較例

【００７９】

【表８】

表8

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件						ピーニング処理後の溶接止端部の形状				疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	揺動幅（mm）	揺動周波数（Hz）	走査速度（mm／s）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕1個あたりの幅 LO（mm）	打撃領域の幅 L2（mm）	溶接止端部の合計長さに対する打撃痕の溶接止端部上での合計長さの比率（%）		
105	980	1.50	1.80	0	6.0	7	3.0	1.50	1.00	6.0	90	300万超	発明例
106	980	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.00	3.0	90	300万超	発明例
107	980	1.50	1.80	0	2.0	7	3.0	1.50	1.00	2.0	100	200万	発明例
108	980	1.50	1.80	0	揺動なし			1.50	1.00	1.0	100	110万	比較例

【００８０】

【表９】

表9

No.	鋼板（母材）の引張強さ（MPa）	ピーニング処理条件						ピーニング処理後の溶接止端部の形状				疲労寿命（回）	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p（mm）	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a（mm）	打撃角度 β（°）	揺動幅（mm）	揺動周波数（Hz）	走査速度（mm／s）	打撃痕の曲率半径（mm）	打撃痕1個あたりの幅 L0（mm）	打撃領域の幅 L2（mm）	溶接止端部の合計長さに対する打撃痕の溶接止端部上での合計長さの比率（%）		
109	980	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.00	3.0	90	300万超	発明例
110	780	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.10	3.0	100	300万超	発明例
111	690	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.20	3.0	100	270万	発明例
112	590	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.30	3.0	100	250万	発明例
113	440	1.50	1.80	0	3.0	7	3.0	1.50	1.50	3.0	100	200万	発明例

【００８１】

表７～９に示すとおり、発明例ではいずれも、優れた疲労寿命が得られていることがわかる。

また、表８に示すとおり、打撃ピン５の揺動幅を打撃痕１個あたりの幅の２．５倍以上とした場合に、特に優れた疲労寿命が得られていることがわかる。

さらに、表９に示すとおり、引張強さが７８０ＭＰａ以上の鋼板を母材とする場合にも、有利に疲労特性を改善できることがわかる。

【００８２】

（実施例３）

保持治具で打撃工具を固定する際、打撃工具を粘弾性で挟持した場合の効果を実証するために、打撃工具を図９，１０に示す要領で保持しつつ、第１の実施形態に従った方法でピーニング処理を行った。以下にその方法を説明する。

鋼板（板厚：２．９ｍｍ）に対し、表１に示す条件で重ね隅肉アーク溶接を行い、図３（ａ）に示す形状となる種々の重ね隅肉アーク溶接継手を作成した。なお、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αはいずれも１０°であった。ついで、作成した重ね隅肉アーク溶接継手の溶接止端部４に、エア駆動式（空気圧：０．５ＭＰａ）の装置を用いて、表２および表１１に示す条件でピーニング処理を行い、重ね隅肉アーク溶接継手に図５に示すような打撃痕１０を形成した。

粘弾性体２０による打撃工具１７の挟持については、図９、１０に示すように、打撃ピン５を振動させる機構を有する打撃工具１７と打撃工具保持部１８の間に粘弾性体２０を挿入し、ボルト１９を締めることにより、打撃工具１７を粘弾性体２０で挟持した。本実施例において、粘弾性体２０としてはシリコン製のゲルシートを用いた。

【００８３】

ここで、ピーニング処理はいずれも、溶接止端部４表面のスラグが破壊され、内部の金属光沢が露出するまで行った。また、ここでは、打撃ピン５による打撃を、一連の打撃として、溶接止端部４を挟んで溶接方向から傾斜する方向に連続的に付加するとともに、一連の打撃を、溶接方向に繰り返した。その際、一連の打撃により形成される複数の打撃痕１０からなる打撃痕群１２を、隣接する打撃痕群１２と少なくとも一部で互いに重なり合わせる一方、該打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部を、該隣接する打撃痕群１２の溶接方向に直角な方向の端部と離間させた。また、打撃ピン５は、その先端形状が半球形となるものを用い、一連の打撃における走査速度はいずれも５ｍｍ／ｓとした。

なお、表１１の溶接止端部４の曲率半径は、非特許文献３に従い、１溶接継手あたり５か所を測定し、その平均値として求めたものである。

【００８４】

ピーニング処理後の重ね隅肉アーク溶接継手から、溶接ビード１１が試験片中央部となるように、図７の形状の試験片を採取し、この試験片を用いて、表１０に示す条件でＪＩＳ Ｚ ２２７５に準拠する平面曲げ疲労試験を行い、以下の基準で疲労特性を評価した。

合格（特に優れる）：疲労寿命が３００万回超（応力繰り返し回数が３００万回で破断に至らなかった場合は、疲労寿命は３００万回超と判断）

合格（優れる）：疲労寿命が２００万回以上３００万回以下

不合格：疲労寿命が２００万回未満

評価結果を表１１に併記する。

【００８５】

【表１０】

表10

公称応力範囲 (MPa)	応力比	周波数(Hz)	試験打ち切り回数
600	0	10	300万回

【００８６】

【表１１】

表11

No.	母材の引張強さ (MPa)	ピーニング処理条件						ピーニング処理後の溶接止端部の形状			疲労寿命 (回)	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p (mm)	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a (mm)	打撃角度 β (°)	走査角度 (°)	走査幅 (mm)	保持部の粘弾性体の有無	打撃痕の曲率半径 (mm)	打撃痕群の溶接方向からの傾斜角度 θ (°)	打撃痕群の幅 L1 (mm)		
2	980	1	1.8	0	30	5	無	1.5	30	5	210万回	発明例
114	980	1	1.8	0	30	5	有	1.5	30	5	300万回超	発明例

【００８７】

表１１に示すとおり、打撃工具を粘弾性体で挟持した場合には、特に優れた疲労寿命が得られることがわかる。

【００８８】

（実施例４）

実施例３と同様に、保持治具で打撃工具を固定する際に、粘弾性を利用した場合の効果を実証するために、打撃工具を図９，１０に示す要領で保持しつつ、第２の実施形態に従った方法でピーニング処理を行った。以下にその方法を説明する。

鋼板（板厚：２．９ｍｍ）に対し、表１に示す条件で重ね隅肉アーク溶接を行い、図３（ａ）に示す形状となる種々の重ね隅肉アーク溶接継手を作成した。なお、溶接ビードの断面において余盛角の中心線と母材表面に垂直な直線とのなす角αはいずれも０°であった。ついで、作成した重ね隅肉アーク溶接継手の溶接止端部４に、エア駆動式（空気圧：０．５ＭＰａ）の装置を用いて、表２および表１２に示す条件で、打撃ピン５を、溶接止端部４を中心として溶接方向に直角な方向に揺動させながら、ピーニング処理を行った。

ここで、ピーニング処理はいずれも、溶接止端部４表面のスラグが破壊され、内部の金属光沢が露出するまで行った。また、打撃ピン５は、その先端形状が半球形となるものを用いた。

【００８９】

粘弾性体２０による打撃工具１７の挟持については、図９、１０に示すように、打撃ピン５を振動させる機構を有する打撃工具１７と打撃工具保持部１８の間に粘弾性体２０を挿入し、ボルト１９を締めることにより、打撃工具１７を粘弾性体２０で挟持した。本実施例において、粘弾性体２０としてはシリコン製のゲルシートを用いた。

なお、表１２の溶接止端部４の曲率半径は、非特許文献３に従い、１溶接継手あたり５か所を測定し、その平均値として求めたものである。

また、打撃ピン５の揺動を行った例ではいずれも、打撃ピン５の揺動幅に応じて画定される打撃領域１３において、打撃領域１３の幅端部に位置する打撃痕の溶接方向に直角な方向の端部が、打撃痕１０と互いに重なり合う打撃痕１０における溶接方向に直角な方向の端部と離間するか、または、打撃領域１３の幅端部に位置し溶接方向に直角な方向の端部における打撃痕１０同士の連なりが３打点以下であった。

【００９０】

ピーニング処理後の重ね隅肉アーク溶接継手から、溶接ビード１１が試験片中央部となるように、図７の形状の試験片を採取し、この試験を用いて、表１０に示す条件でＪＩＳ Ｚ ２２７５に準拠する平面曲げ疲労試験を行い、以下の基準で疲労特性を評価した。

合格（特に優れる）：疲労寿命が３００万回超（応力繰り返し回数が３００万回で破断に至らなかった場合は、疲労寿命は３００万回超と判断）

合格（優れる）：疲労寿命が２００万回以上３００万回以下

不合格：疲労寿命が２００万回未満

評価結果を表１２に併記する。

【００９１】

【表１２】

表12

No.	母材の引張強さ (MPa)	ピーニング処理条件							ピーニング処理後の溶接止端部の形状				疲労寿命 (回)	備考
		打撃ピンの曲率半径 ρ_p (mm)	ピーニング処理前の溶接止端部の曲率半径 ρ_a (mm)	打撃角度 β (°)	揺動幅 (mm)	揺動周波数 (Hz)	走査速度 (mm/s)	保持部の粘弾性体の有無	打撃痕の曲率半径 (mm)	打撃痕1個あたりの幅 LO (mm)	打撃痕群の幅 L2 (mm)	溶接止端部の合計長さに対する打撃痕の溶接止端部上での合計長さの比率 (%)		
102	980	1.5	1.8	0	3	7	3	無	1.5	1	3	90	210万回	発明例
115	980	1.5	1.8	0	3	7	3	有	1.5	1.5	3	100	300万回超	発明例

【００９２】

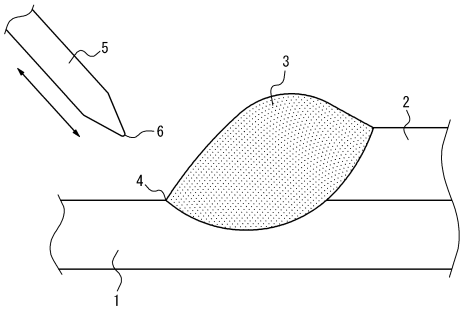
表１２に示すとおり、粘弾性体を挟持した場合に、特に優れた疲労寿命が得られることがわかる。

【符号の説明】

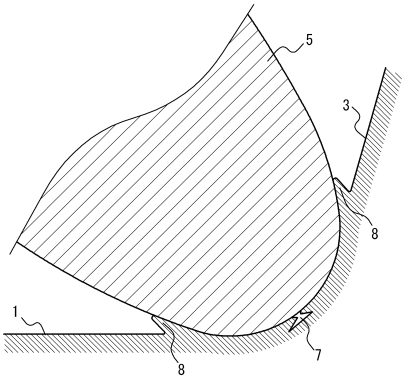
【００９３】

１：薄鋼板（母材）
２：薄鋼板（母材）
３：溶接金属
４：溶接止端部
５：打撃ピン
６：打撃ピン先端
７：溶接止端部折れ込み疵
８：打撃痕端の折れ込み疵
１０：打撃痕
１１：溶接ビード
１２：打撃痕群
１３：打撃領域
１４、１５：カメラ
１６：モニター
１７：打撃工具
１８：打撃工具保持部
１９：ボルト
２０：粘弾性体

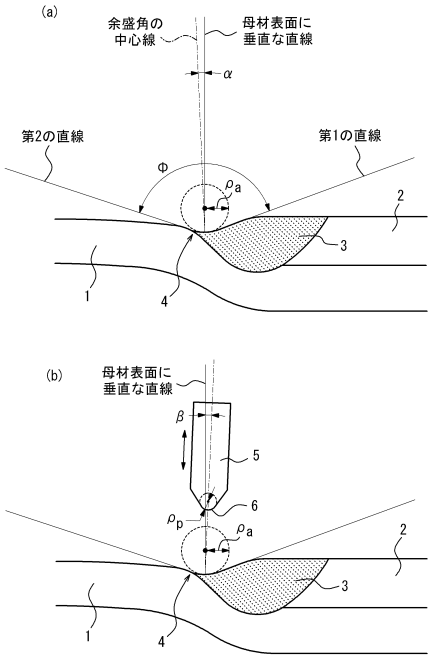
【図１】



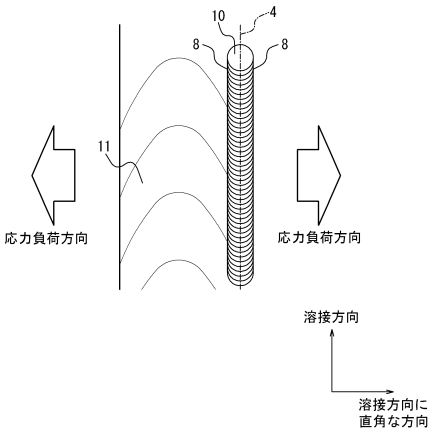
【図２】



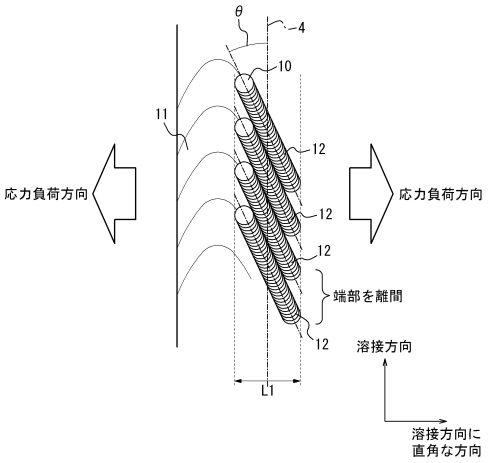
【図３】



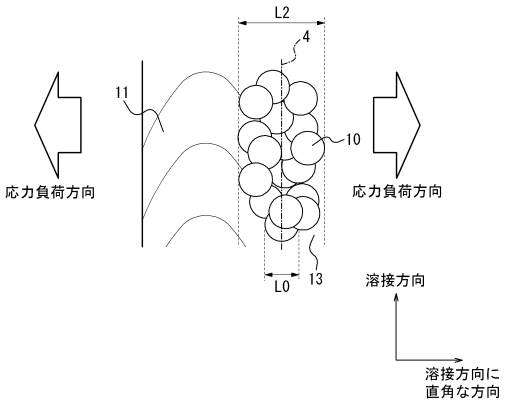
【図４】


10
4
8
8
11
応力負荷方向
応力負荷方向
溶接方向
溶接方向に
直角な方向

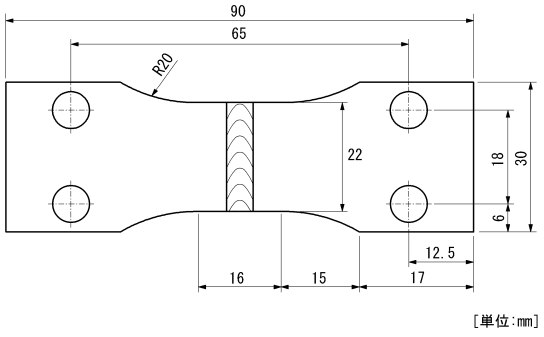
【図５】


θ
4
10
11
12
12
12
12
応力負荷方向
応力負荷方向
端部を離間
溶接方向
L1
溶接方向に
直角な方向

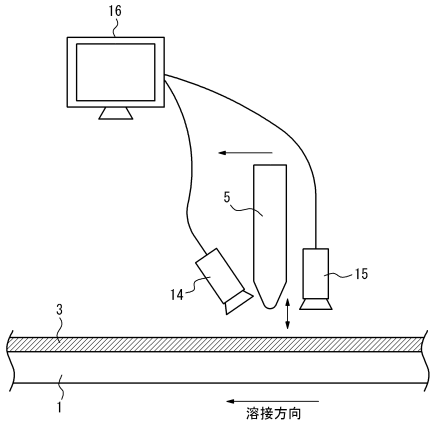
【図６】


L2
4
11
10
応力負荷方向
応力負荷方向
L0
13
溶接方向
溶接方向に
直角な方向

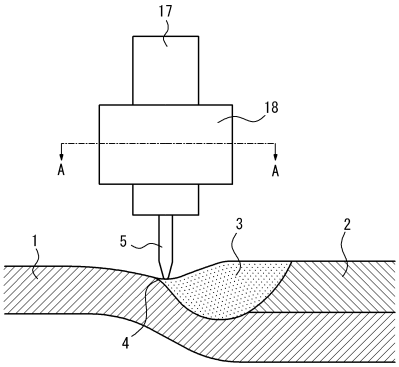
【図７】


90
65
R20
22
18
30
6
12.5
16
15
17
[単位:mm]

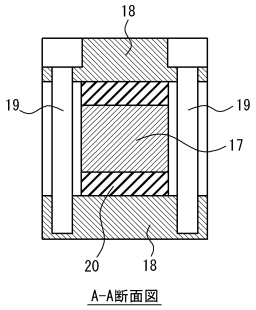
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１７－９４３９６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１３０３１３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１９／０６４９３０（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ　３１／００