

(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
2012 年 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/164774 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 31/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/078223
- (22) 国際出願日: 2011 年 11 月 30 日(30.11.2011)
- (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 2011-120006 2011 年 5 月 30 日(30.05.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): JFE
スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目
2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森影 康
(MORIKAGE, Yasushi) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千
代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 JFE スチール株式
会社知的財産部内 Tokyo (JP). 伊木 聡 (IGI,
Satoshi) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町
二丁目 2 番 3 号 JFE スチール株式会社知的財産
部内 Tokyo (JP). 栗原 康行 (KURIHARA, Yasuy-
uki) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁

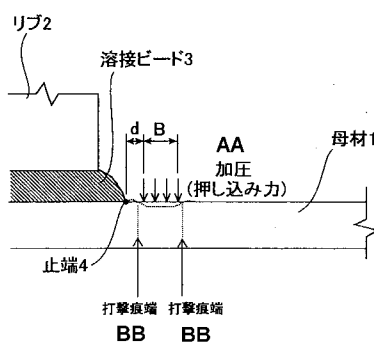
- 目 2 番 3 号 JFE スチール株式会社知的財産部内
Tokyo (JP). 大坪 浩文 (OHTSUBO, Hirofumi)
[JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目
2 番 3 号 JFE スチール株式会社知的財産部内
Tokyo (JP). 土居 真 (DOL, Makoto) [JP/JP]; 〒
2308611 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 1
番地 J F E エンジニアリング株式会社技術企画
部 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 落合 憲一郎 (OCHIAI, Kenichiro); 〒
1030027 東京都中央区日本橋二丁目 1 番 10 号
柳屋ビルディング 7 階 JFE テクノリサーチ株式
会社特許出願部内 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, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: WELDED JOINT

(54) 発明の名称: 溶接継手

図 1



- 1 Base material
2 Rib
3 Weld bead
4 Toe
AA Pressure applied (press force)
BB End of impact mark

(57) Abstract: Provided is a welded joint which is excellent for steel structures such as steel bridges that require a superior fatigue property, and which improves fatigue strength by introducing compressive residual stress without imparting to the weld portion deformation that becomes a new stress concentration zone. Specifically, this is a welded joint of steel material having an impact mark that is formed continuously on a steel material surface along a weld bead by means of an oscillation element of hammer peening or an ultrasonic shock process, with the tip of the oscillation element having a length of 1 mm - 10 mm in the direction of advance, and the crowning of the tip of the oscillation element in a cross section perpendicular to the direction of advance being in the shape of an arc with a curvature radius of 1 mm - 10 mm, or the crowning in a cross section perpendicular to the direction of advance having chamfered parts with a curvature radius of 0.1 mm - 2 mm at either end of a 0.1 mm or less linear part, or the crowning in a cross section perpendicular to the direction of advance being in the shape of an arc on the major-axis side of an ellipse having a minor axis of 1 mm or greater. The impact mark is formed by the oscillation element 4 mm from the weld toe to the base material side, and preferably in a region of 0.5-4 mm, with a maximum depth of 0.03 mm or greater, but less than 0.50 mm.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/164774 A1



(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, 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 (条約第 21 条(3))

鋼橋など優れた疲労特性が要求される鋼構造物に好適な、溶接部に新たな応力集中部となる変形を与えずに圧縮残留効力を導入し疲労強度を向上させた溶接継手を提供する。具体的には、鋼材の溶接継手であって、ハンマーピーニング又は超音波衝撃処理の振動端子によって溶接ビードに沿って鋼材表面に連続形成された打撃痕を有し、振動端子は、その先端部に、進行方向直角断面の頂部が曲率半径 1 mm 以上 10 mm 以下の円弧状で、又は、進行方向直角断面の頂部が 0.1 mm 以下の直線部の両端に曲率半径 0.1 mm 以上 2 mm 以下の面取り部を有し、又は、進行方向直角断面の頂部が短径が 1 mm 以上の楕円形の長径側の円弧状で、進行方向に長さ 1 mm 以上 10 mm 以下の長さを有し、打撃痕は、振動端子によって、溶接止端より母材側に 4 mm まで、好ましくは 0.5 ~ 4 mm の領域に、最大深さが 0.03 mm 以上 0.50 mm 未満に形成する。

明細書

溶接継手

[技術分野]

[0001]

本発明は、鋼橋 (steel bridge) など優れた疲労特性 (fatigue property) が要求される鋼構造物 (Steel Structures) に好適な溶接継手 (weld joint) で、溶接部に新たな応力集中部 (stress concentration zone) となる変形を与えずに圧縮残留応力 (compressive residual stress) を導入し疲労強度 (fatigue strength) を向上させたものに関する。

[背景技術]

[0002]

近年、鋼橋の老朽化に伴い腐食や疲労に伴う損傷事例の報告が増加している。これらの防止にはまず検査体制 (inspection system) を確立することが必要であるが、特に疲労損傷の場合は、通過車両などの作用外力を軽減したり、設計製作面からの溶接品質 (weld quality) の向上が重要である。

[0003]

溶接部は、割れ (crack) などの欠陥が存在したり、止端 (toe) の形状が不適で応力集中部となると繰り返し応力に溶接残留応力 (weld residual stress) の影響が重畳して疲労ノッチ (fatigue notch) が発生しやすく、疲労破壊 (fatigue fracture) をもたらす場合があるため、その防止のため種々の観点からの提案がなされている。

[0004]

特許文献1は、溶接部の疲労強度向上方法およびそれを用いた溶接構造物に関し、溶接止端の近傍を超音波振動 (ultrasonic oscillation) しながら打撃して塑性変形 (plastic deformation) させる加工装置で、特定寸法の溝を所定の打撃条件で加工することで高速に作業者の熟練度 (level of skill) に依存しないで安定して疲労強度を向上させることが記載されている。

[0005]

特許文献2は、レーザ衝撃ピーニング方法 (laser shock peening) に関し、レーザ光源 (laser source) からのパルスレーザビーム (pulsed laser beam) を使用して、表面の薄層もしくはプラズマ (plasma) を形成する表面のコーティング (coating) を

瞬間的に気化させてその爆発力(explosion power)により表面の一部に局所的に圧縮力(compaction force)を発生させる方法で、ガスタービンエンジン(gas turbine engine)のファン動翼(fan rotating blade)に圧縮残留応力を導入させることが記載されている。

[0006]

特許文献3は、溶接継手の疲労特性改善の打撃処理方法及びその装置に関し、先端が特定寸法の打撃ピン(impact pin)を用いて、溶接止端に打撃痕(impact area)による特定寸法の溝部が形成されるように鋼板表面を圧縮して溶接部に圧縮残留応力を導入することが記載されている。

[0007]

非特許文献1は、ハンマーピーニング(hammer peening)及びTIG処理(tungsten inert gas dressing)による高強度鋼(High Tensile Strength Steel)(SM570)の溶接継手部の疲労強度の向上法に関し、ハンマーピーニングを施すと疲労強度が低下する場合があるため、溶接止端の応力集中や残留応力を低減させる新たなハンマーピーニング法について検討した結果が記載されている。

[0008]

通常、ハンマーピーニングは、作業者が手持ちのピーニング装置を溶接止端にチップ先端(tip)(チップは振動端子(transducer)とも称す)、チッパー(tipper)とも言う)が斜め上方から当たるように持って、ピーニング装置の荷重を溶接止端に預けるようにして作業を行い作業負荷を軽減している。

[0009]

そのため、図13に示す母材1にリブ(rib)2を直立させた面外ガセット継手(out-of-plane gusset welded joint)にハンマーピーニングを施した場合、ピーニング装置のチッパー5の先端により溶接止端に応力集中箇所となる深い溝(打撃痕)が形成され、溶接ビード3の先端部から疲労き裂(fatigue crack)7が発生する場合がある。

[0010]

非特許文献1にはハンマーピーニングの前にグラインダ(grinder)で溶接止端の一部を予め研削すると疲労ノッチ(fatigue crack)(疲労き裂とも称す)の発生防止に有効であることが紹介され、ハンマーピーニングを3パス程度の複数回行うことを提案している。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0011]

[特許文献1]特開2006-175512号公報

[特許文献2]特開2006-159290公報

[特許文献3]特開2010-29897号公報

[非特許文献]

[0012]

[非特許文献1]IMPROVING FATIGUE STRENGTH OF WELDED JOINTS BY HAMMER PEENING AND TIG-DRESSING: Kengo ANAMI, Chitoshi MIKI, Hideki TANI, Haruhito YAMAMOTO, Structural Eng. / Earthquake Eng.、JSCE、Vol. 17、NO. 1、57s-68s、2000 April)

[発明の概要]

[発明が解決しようとする課題]

[0013]

ところで、溶接構造物を製造する際、作業環境(work environment)、作業能率(operating efficiency)および溶接継手性能(weld join performance)を考慮した溶接方法が選定され、溶接部の疲労強度の向上のため、特許文献1等に記載の溶接部の疲労強度の向上方法が施されるが、疲労特性(fatigue property)に優れた溶接継手の特徴が明確であれば、溶接方法の選定と同様に最適な疲労強度の向上方法を選定することが可能となる。

[0014]

特許文献3には、耐疲労特性に優れた溶接構造物が記載され、疲労き裂の発生危険部の溶接部として好ましい溶接部が開示されているが、実構造物に適用した場合に当該溶接部を得るための装置の入手困難性や施工能率が懸念される。また、特許文献3記載の打撃処理方法は、ピン先端の曲率半径が金属材料の厚さの1/2以下かつ2～10mmの打撃ピンを用い、打撃ピンが打撃中に溶接金属に触れない範囲までの母材の金属材料の表面に打撃痕を与えるものであるが、効率的に圧縮残留応力を導入するのは困難である。

[0015]

また、特許文献1記載の超音波によるピーニング方法は使用する装置が従来の空気圧 (air pressure) でチップを駆動する装置と比較すると高価で入手も困難である。特許文献2記載のレーザ衝撃ピーニング方法は、素材の前処理が必要で、且つ装置が高価で大きく、鋼橋の製造に適用することは難しい。

[0016]

そこで、本発明は、上記課題を解決するため、疲労特性に優れた溶接継手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]

[0017]

本発明者らは溶接継手の疲労強度を向上させるため、特に疲労き裂が発生しやすい止端部の溶接による引張残留応力を軽減させる方法について鋭意検討し、ハンマーピーニングによる打撃痕を溶接止端より母材側に離した場合に、打撃による最大の圧縮残留応力を溶接止端に導入することが可能なことを見出した。本発明は上記知見をもとに更に検討を加えてなされたもので、すなわち、本発明は

1. ハンマーピーニングまたは超音波衝撃処理された、鋼材の溶接継手であって、振動端子によって溶接ビードに沿って鋼材表面に連続形成された打撃痕を有し、前記振動端子 (transducer) は、その先端部が、進行方向の直角断面の頂部 (crowning) が曲率半径 (curvature radius) : 1 mm以上10 mm以下の円弧状で、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有し、前記打撃痕は、前記振動端子によって、打撃痕の端が、溶接止端より溶接止端側の打撃痕の端が母材側に4 mmまでの領域において形成され、最大深さが0.03 mm以上0.50 mm未満に形成されたことを特徴とする溶接継手。

2. 前記振動端子は、その先端部が、進行方向の直角断面の頂部が3 mm以下の直線部の両端に曲率半径0.1 mm以上2 mm以下の面取り部 (chamfer) を有し、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有することを特徴とする1記載の溶接継手。

3. 前記振動端子は、その先端部が、進行方向の直角断面の頂部が短径 (minor axis) が1 mm以上の楕円形の長径 (major axis) 側の円弧状で、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有することを特徴とする1記載の溶接継手。

4. 前記打撃痕(impact area)は、前記振動端子によって、打撃痕の端が、溶接止端より母材側に0.5mm離れた位置から4mmまでの領域に形成することを特徴とする1乃至3のいずれか一つに記載の溶接継手。

[発明の効果]

[0018]

本発明によれば、溶接部の疲労強度に優れた溶接継手を得られ、産業上、極めて有用である。

[図面の簡単な説明]

[0019]

[図1]本発明に係る溶接継手により疲労特性が向上する原理を説明する概略図。

[図2]本発明に係る溶接継手の打撃に用いる振動端子のX、Y、Z方向を説明する図

[図3]本発明に係る溶接継手の打撃に用いる振動端子を説明する図で(a)はXZ断面、(b)はYZ断面の形状を示す図。

[図4]本発明に係る溶接継手の打撃に用いる他の振動端子を説明する図で(a)はXZ断面、(b)はYZ断面の形状を示す図。

[図5]本発明に係る溶接継手の打撃に用いる他の振動端子を説明する図で(a)はXZ断面、(b)はYZ断面の形状を示す図。

[図6]種々の先端部の形状を有する振動端子の効果を示す図で、(a)は先端部の形状、(b)はFEM解析結果によるX方向の残留応力と変形部中央からの距離の関係を示す図。

[図7]溶接止端と打撃痕の位置関係を示す平面図。

[図8]実施例の試験体の平面図。

[図9]実施例((a)は先端部の形状、(b)は振動端子の形状と残留応力測定結果を示す図)。

[図10]実施例に用いた2体の溶接継手の寸法形状及び打撃痕の測定位置を示し、(a)は上面図、(b)は側面図。

[図11]2体の溶接継手について、図10(a)に示す回し溶接部近傍の断面形状が得られる位置(長さ75mmのリブ(rib)の長さ方向の端部の位置)で、溶接金属から母材にかけてレーザ変位計(laser displacement sensor)を用いて0.

5 mmピッチで測定した断面の履歴を示す図で、(a)、(b)は各溶接継手での測定結果を示す。

[図12]図11(a)、(b)に溶接部の断面形状を示した2体の溶接継手の疲労試験結果を示す図。

[図13]ハンマーピーニングにより止端に生じる欠陥を説明する図。

[発明を実施するための形態]

[0020]

本発明は鋼材の溶接継手であって、溶接金属や溶接止端を除いた、溶接止端周辺の鋼材表面に、溶接ビードに沿って打撃痕を連続形成することによって、溶接止端部に圧縮の残留応力を導入することを特徴とする。以下の説明において止端（溶接止端ということもある。）は部材の面と溶接金属の表面との交線とする（図解溶接用語辞典日刊工業昭和46年9月20日第4版）。

[0021]

図1は本発明に係る溶接継手により疲労特性が向上する原理を説明するための概略図で、母材1にリブ2を廻し溶接で溶接した溶接継手の側面図を示す。溶接ビード3の止端4から距離d離れた母材1の表面が、母材表面と垂直方向に幅Bのチップ（図示しない）で母材表面が加圧されて塑性変形（点線で表示）を生じた打撃痕となっている。

[0022]

母材1の表面において打撃痕の位置（止端4から打撃痕の端までの距離dで規定）は、幅Bのチップにより打撃痕を形成する際、母材1に生じる圧縮残留応力が止端4の溶接による引張残留応力を打消して、その結果、止端4が圧縮残留応力を有するように、規定する。打撃痕の端が止端に接して形成される場合（距離 $d=0$ ）でも圧縮残留応力を止端に導入することが可能なため本発明範囲内とする。なお、打撃痕は、打撃痕の表面のZ座標が、母材の表面を0とした場合、マイナスの範囲を言う。また、打撃痕の端は、打撃痕の表面のZ座標が、母材の表面と同じZ座標となった位置と定義する。

[0023]

本発明に係る溶接継手では、止端4での引張残留応力に及ぼす、打撃痕を形成する際に母材1に生じる圧縮残留応力の影響の指標として、母材表面を加圧して、母材表面に打撃痕を形成するために用いる振動端子の形状と、溶接止端より母材

側の領域における打撃痕の最大深さを用いる。尚、本発明に係る溶接継手では、溶接止端を含めて溶接ビードを打撃しないことを原則とするが、作業開始直前および直後の調整などで溶接ビード (weld bead) に塑性変形 (plastic deformation) を与えない程度に一時的に打撃することは差し支えない。

[0024]

図3～5に振動端子の先端の形状を示す。図2はこれらの図におけるX方向、Y方向を説明する図で、X方向は打撃の進行方向と直角方向、Y方向は打撃の進行方向とする。

[0025]

図3に示す振動端子は、振動端子の先端部が、進行方向 (Y方向) に対して直角となる断面 (XZ断面) において、頂部に曲率半径 (r) : 1 mm以上10 mm以下の円弧状の外周部を有し (図3 (a))、進行方向と垂直方向 (X方向) に1 mm以上10 mm以下の長さ (a)、進行方向 (Y方向) に1 mm以上10 mm以下の長さ (b) を有する、半円柱形状 (half cylinder shape) のものである (図3 (b))。 [0026]

頂部に円弧状の外周部を有する振動端子の場合、円弧の曲率半径が1 mm未満では止端に応力集中部となる変形が形成される可能性があり、一方、10 mm超えの場合は接触面積が大きくなり、止端に十分な圧縮残留応力を付与することができないため、曲率半径 (r) : 1 mm以上10 mm以下とする。

[0027]

図4は、本発明の他の例に係る振動端子の形状を示し、振動端子の先端部が、進行方向 (Y方向) に対して直角となる断面 (XZ断面) において、頂部に3 mm以下の直線部 a の両端に曲率半径 (r) 0. 1 mm以上2 mm以下の面取り部を備えた外周部を有し (図4 (a))、進行方向と垂直方向 (X方向) に1 mm以上10 mm以下の長さ (c)、進行方向 (Y方向) に1 mm以上10 mm以下の長さ (b) を有する半円柱形状のものである (図4 (b))。本発明例の振動端子の先端は平坦な矩形部となっている。

[0028]

頂部の一部に直線部 a のある外周部を有する振動端子の場合、その両側に打撃によるき裂発生を防止するため面取り部を設けることが必要となる。面取り部の曲率半径 (r) が0. 1 mm未満では、面取り部により止端に応力集中部となる

変形が形成される可能性があり、一方、2 mmを超えると接触面積が大きくなり、止端に十分な圧縮残留応力を付与することができないため、曲率半径0.1 mm以上2 mm以下の面取り部とする。

[0029]

面取り部によっても、圧縮残留応力が付与されるので、矩形部の直線部aの長さは3 mm以下とする。矩形部の直線部aの長さが3 mm超えの場合、止端に応力集中部となる変形が形成される。

[0030]

図4に示した振動端子は、振動端子の先端に矩形部を有するので、先端が球状や円弧状のものに比べて、より少ない打撃回数で同一箇所を繰返し打撃することが可能で、能率良く、安定して深い打撃痕形状が得られる。

[0031]

図5は、本発明の他の例に係る振動端子の形状を示し、振動端子の先端部が、進行方向(Y方向)に対して直角となる断面(XZ断面)において、頂部に楕円形長径側の円弧状の外周部を有し、前記楕円形の短径(r1)が1 mm以上で(図5(a))、進行方向と垂直方向(X方向)に1 mm以上10 mm以下の長さ(a)、進行方向(Y方向)に1 mm以上10 mm以下の長さを有する半円柱形状に形成されたものである(図5(b))。

[0032]

頂部に楕円形の長径側の円弧状の外周部を有する振動端子の場合、楕円形の短径(r1)が1 mm未満では長径側の円弧状の外周部による打撃で、止端に応力集中部となる変形が形成されるため、楕円形の短径(r1)は1 mm以上とする。

[0033]

図3～5に示した振動端子はいずれも進行方向と垂直方向(X方向)に1 mm以上10 mm以下の長さを有し、進行方向(Y方向)に1 mm以上10 mm以下の長さを有する。

[0034]

1 mm未満の長さでは、止端に圧縮残留応力を付与することが出来ず、一方、10 mm超えの長さの場合は、止端に応力集中部となる変形が形成されるため、1 mm以上、10 mm以下とする。

[0035]

図6に振動端子の先端部の形状が圧縮残留応力に及ぼす影響を調査した結果を示す。先端部が、図6に示す(1)(図の丸数字1を指し、以下同じとする)、(2)、(3)、(4)の形状の振動端子モデルを用い、母材(平板、降伏強さ294MPa・引張強さ445MPaの12mm厚鋼板)表面に対して振動端子の中心軸が垂直となるようにして、振動端子モデルに負荷を与えて母材を0.1mm押し込み、母材表面側に打撃痕(凹形状)の変形を与えた後、負荷を解除した場合をシミュレートして応力分布をFEM解析で求めたものである。図6

(b)の横軸は、打撃痕の端からの距離、縦軸は残留応力を示す。

[0036]

(1)、(2)の振動端子は先端部の頂部がXZ断面(打撃進行方向に直角な断面)において、半径4.5mmの円弧状の外周部を有し、YZ断面(打撃進行方向の断面)の長さを1の振動端子は9mm、(2)の振動端子は4mmとした。

[0037]

(3)の振動端子は、先端部が、XZ断面(打撃進行方向に直角な断面)において、頂部に1mmの直線部の両端に曲率半径0.5mmの面取り部を備えた外周部を有し、YZ断面(打撃進行方向の断面)の長さを9mmとした。(4)の振動端子は先端部が曲率半径3mmの半球状とした。

[0038]

図6より、振動端子((1)、(2)、(3))の場合、先端部が半球状の振動端子((4))よりも、打撃痕の端から離れた位置でも大きな圧縮残留応力を付与することが可能で、より効率的に止端の残留応力(引張残留応力)を軽減することが可能である。特にその先端に矩形部を有する(3)の振動端子では、最も圧縮残留応力が大きく、先端が球状や円弧状のものに比べて、より少ない打撃回数で同一箇所を繰返し打撃することが可能で、能率良く、安定して深い打撃痕形状が得られる。

[0039]

図6より、XZ断面の形状が異なる振動端子((1)、(2)は半径4.5mmの円弧状、(3)は頂部に1mmの直線部の両端に曲率半径0.5mmの面取り部)のいずれでも、打撃痕(変形部)の端から約1mm離れた位置で大きな圧縮残留応力が発生している。

[0040]

また、図6より、先端部が半球状の振動端子（（4））の場合、打撃痕の端から4mm離れた位置で圧縮残留応力が導入されなくなるが、（1）、（2）、（3）の振動端子の場合、打撃痕の端から4mm離れた位置においても100～200MPa程度の圧縮残留応力を導入することが可能である。従って、溶接止端側の打撃痕の端（あるいは、振動端子の溶接止端側の端部）がX方向（図2で定義する）で溶接止端より母材側に0.5mm離れた位置から4mmまでの領域に位置するように形成することが好ましい。特に、圧縮残留応力の大きい範囲を考慮すると、振動端子の溶接止端側の端部がX方向（図2で定義する）で溶接止端より母材側に0.5mm離れた位置から2mmまでの領域に形成することが好ましい。但し、打撃痕（変形部）の端でも圧縮残留応力（－50MPa程度）が発生しているので、本発明は溶接止端側の打撃痕の端が溶接止端より母材側に4mmまでの領域になるように、打撃痕を形成するものとする。

[0041]

（1）、（2）、（3）の振動端子の先端部を、進行方向直角断面（XZ断面）の頂部が短径が1mm以上の楕円形における長径側の円弧状とするとより圧縮残留応力が広い範囲で分布して好ましい。

[0042]

打撃時は、振動端子先端の長辺側を止端に平行に打撃するのが好ましい。止端に平行な部分が長くなるほど、圧縮残留応力が広い範囲で分布するからである。

[0043]

打撃痕は、最大深さが0.03mm以上0.50mm未満とする。底部までの最大深さが0.03mm未満の場合は、止端に十分な圧縮残留応力を付与することができず、0.50mm以上では打撃痕周辺の塑性変形が過大となり新たな応力集中源となる可能性があるためである。上記打撃痕深さの範囲内であれば、母材強度が変化しても、溶接止端の引張残留応力を軽減する圧縮残留応力と、打撃痕から離れた位置で圧縮残留応力が最大値となる分布状態が得られる。

[0044]

尚、本発明に係る溶接継手では、溶接止端を含めて溶接ビードを打撃しないように、振動端子の先端部の形状と溶接止端より溶接止端側の打撃痕の端が母材側に4mmまでの位置になるように、より好ましくは溶接止端側の打撃痕の端が溶

接止端より母材側に 2 mm までの領域内になるように打撃痕を形成する位置を適宜組み合わせる。

[0045]

例えば、(1)、(2)の振動端子の場合、打撃痕中心(XZ断面の幅中心)を溶接止端より母材側に 0.5 mm の位置に打撃痕を形成しようとする、振動端子の幅が 9 mm のままでは振動端子の一部が溶接止端より溶接金属側となり溶接止端を覆うようになる。

[0046]

このような場合、溶接止端形状によっては振動端子が溶接止端を打撃することになるので、頂部の形状を保ったまま、図3のように頂部付近で幅をつめることも有用である。溶接止端より溶接止端側の打撃痕の端が母材側に 4 mm までの位置になるように、より好ましくは溶接止端側の打撃痕の端が溶接止端より母材側に 2 mm までの領域内で、溶接止端を打撃しない位置を選定して溶接止端に沿って連続的に打撃する。

[0047]

図7は溶接止端4と打撃痕6の位置関係を示す平面図で、本発明は、溶接止端側の打撃痕6の端が溶接止端4から母材1側に 4 mm 以内であれば溶接止端4との距離によらず圧縮残留応力を溶接止端4に導入できるので、溶接方向における溶接止端4の形状に沿うことなく、当該範囲内に直線状に打撃痕6を形成することが可能で作業能率が向上する。(図7の訂正要)

[0048]

溶接止端から溶接止端側の打撃痕の端が母材側に 4 mm 離れた位置を打撃する場合は、施工直前に打撃面に接した振動端子先端の溶接止端側の辺を母材側に 4 mm 離れた位置として打撃するので、打撃痕は母材側に 4 mm より更に母材側に形成されることになる。このように、打撃痕が母材側に 4 mm から更に打撃痕の幅だけ母材側に形成されても本発明の作用効果は損なわれない。

[0049]

また、図6に示す関係を本発明範囲内で種々に押し込み量を変えた場合について予め求めておくと、実作業で打撃痕を形成する打撃力の調整と打撃する位置の選定が容易となり好ましい。

[0050]

振動端子 5 で母材表面を加圧する前に、止端 4 と母材 1 の境界部にグラインダ研削などで r 部を設けると母材表面の変形を止端 4 に及ばせずに、より大きな圧縮残留応力を止端 4 に導入させることが可能で好ましい。打撃痕は、互いが一部または全てが重なるように複数回の打撃によって形成することが好ましい。また、本発明による作用効果は、ハンマーピーニングまたは超音波衝撃処理のいずれであっても得られる。

[実施例]

[0051]

頂部の一部が扁平（直線部）で、その両側に打撃によるき裂発生を防止するため面取り部を有する振動端子（以下、先端形状 A の振動端子（本発明例））と、先端部が半球状の振動端子（以下、先端形状 B の振動端子（比較例））を用いて、幅 150 mm × 長さ 300 mm × 板厚 12 mm の母材（SM400）に、ハンマーピーニング（空気圧約 6 kg / cm²、周波数 90 Hz、移動速度 0.25 mm / 秒による）を振動端子を垂直に繰り返し打撃して行った（図 8）。

[0052]

試験片は X 線による残留応力測定に供した。X 線を用いた残留応力測定は、ビーム径 1 mm φ で行った。図 9 に振動端子の形状と残留応力測定結果を示す。本発明例の先端形状 A の振動端子は、残留応力が定常状態（約 -120 MPa）に比べて 125% 以上圧縮側（-150 MPa より低い値）となっている範囲が約 4 mm あるが、比較例の先端形状 B の振動端子では、残留応力が圧縮側定常状態（約 -80 MPa）に比べて 125% 以上圧縮側（-100 MPa より低い値）となっている範囲が約 1.5 mm と狭くなっている。

[0053]

次に、溶接継手を作成し、本発明法によりハンマーピーニングを施した後、疲労試験を実施した。図 10 は溶接継手の寸法形状及び打撃痕の測定位置を示し、（a）は上面図、（b）は側面図を示す。溶接継手は、280 A - 32 V - 25 c p m の溶接条件にて 2 体を作製した。

[0054]

各溶接継手に対して、先述の本発明例の先端形状 A の振動端子を用いて、ハンマーピーニング（空気圧約 6 kg / cm²、周波数 90 Hz、移動速度 0.25 m

m/秒による)を振動端子を垂直に繰り返し打撃して行い、打撃痕の寸法を測定した。

[0055]

打撃痕の寸法は、図10(a)に示すように回し溶接部近傍の断面形状が得られる位置(長さ75mmのリブの長さ方向の端部の位置)で、溶接金属から母材にかけてレーザ変位計を用いて0.05mmピッチで測定した。

[0056]

図11(a)、(b)に2体の各溶接継手で得られた溶接部およびその近傍の断面形状をそれぞれ示す。各溶接継手について、疲労試験(周波数3~5Hz)を行った結果を図12に示す。本発明例の先端形状Aの振動端子を使ったものは、溶接ままの継手(図中、比較例)に比べて疲労寿命の向上が見られた。

なお、図12には、日本鋼構造協会(Japan Society of Steel Construction, JSSC)による疲労設計曲線(疲労強度等級JSSC-A、JSSC-C、JSSC-D、JSSC-E、JSSC-F)も示した。今回用いた角回し溶接継手の疲労強度等級はF等級である。[符号の説明]

[0057]

- 1 母材
- 2 リブ
- 3 溶接ビード
- 4 止端
- 5 チッパー
- 6 打撃痕
- 7 疲労亀裂

[書類名]請求の範囲

[請求項 1]

ハンマーピーニングまたは超音波衝撃処理された、鋼材の溶接継手であって、振動端子によって溶接ビードに沿って鋼材表面に連続形成された打撃痕を有し、前記振動端子は、その先端部が、進行方向直角断面の頂部が曲率半径：1 mm以上10 mm以下の円弧状で、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有し、前記打撃痕は、前記振動端子によって、溶接止端より溶接止端側の打撃痕の端が母材側に4 mmまでの領域において形成され、最大深さが0.03 mm以上0.50 mm未満に形成されたことを特徴とする溶接継手。

[請求項 2]

前記振動端子は、その先端部が、進行方向直角断面の頂部が3 mm以下の直線部の両端に曲率半径0.1 mm以上2 mm以下の面取り部を有し、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有することを特徴とする請求項 1 記載の溶接継手。

[請求項 3]

前記振動端子は、その先端部が、進行方向直角断面の頂部が短径が1 mm以上の楕円形の長径側の円弧状で、進行方向に1 mm以上10 mm以下の長さを有することを特徴とする請求項 1 記載の溶接継手。

[請求項 4]

前記打撃痕は、前記振動端子によって、打撃痕の端が、溶接止端より母材側に0.5 mm離れた位置から4 mmまでの領域に形成することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一つに記載の溶接継手。

図 1

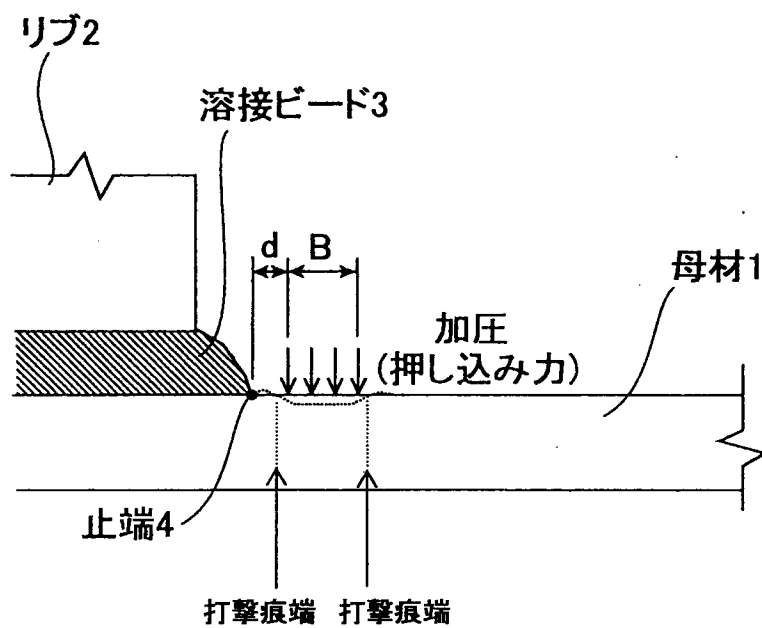


図 2

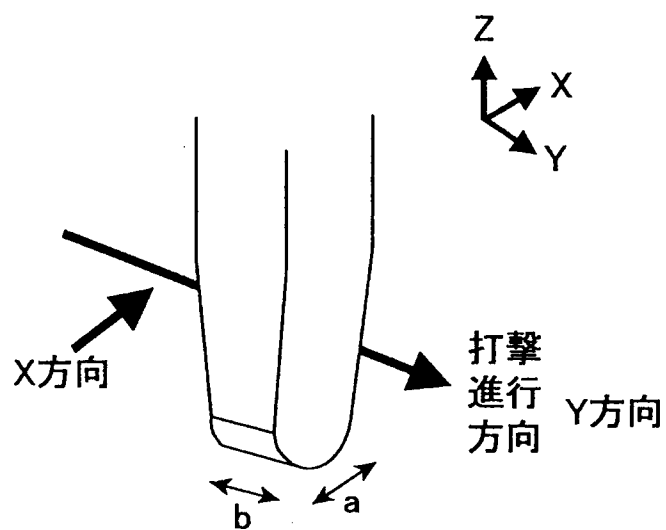


図 3

XZ断面

YZ断面

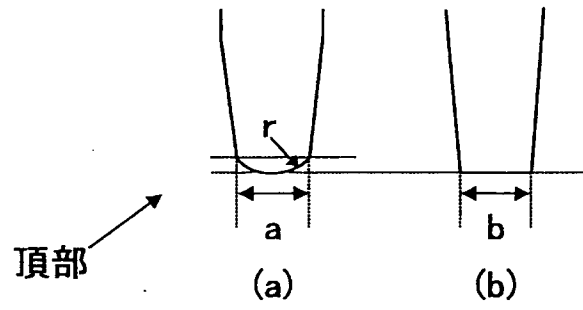


図 4

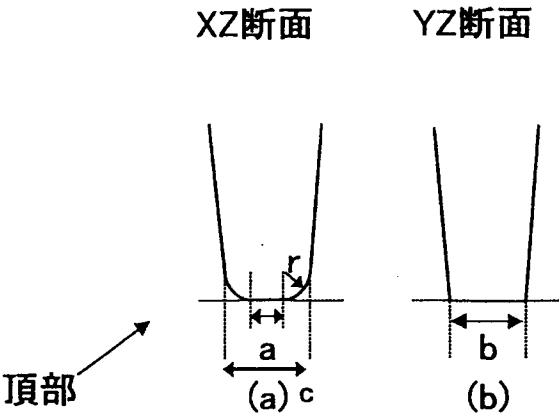


図 5

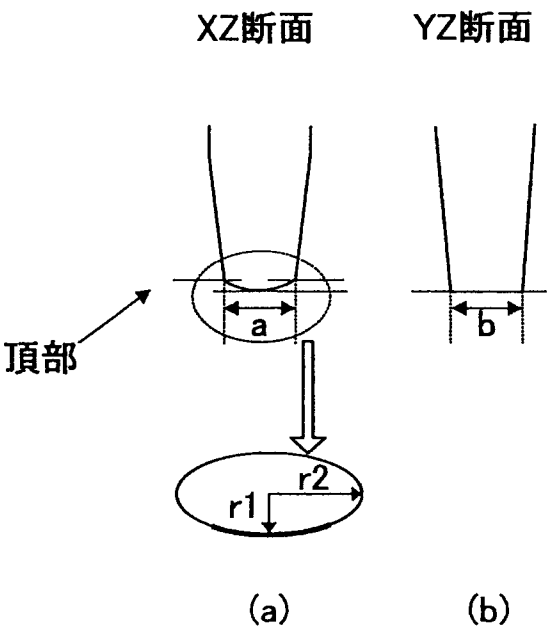


図 6

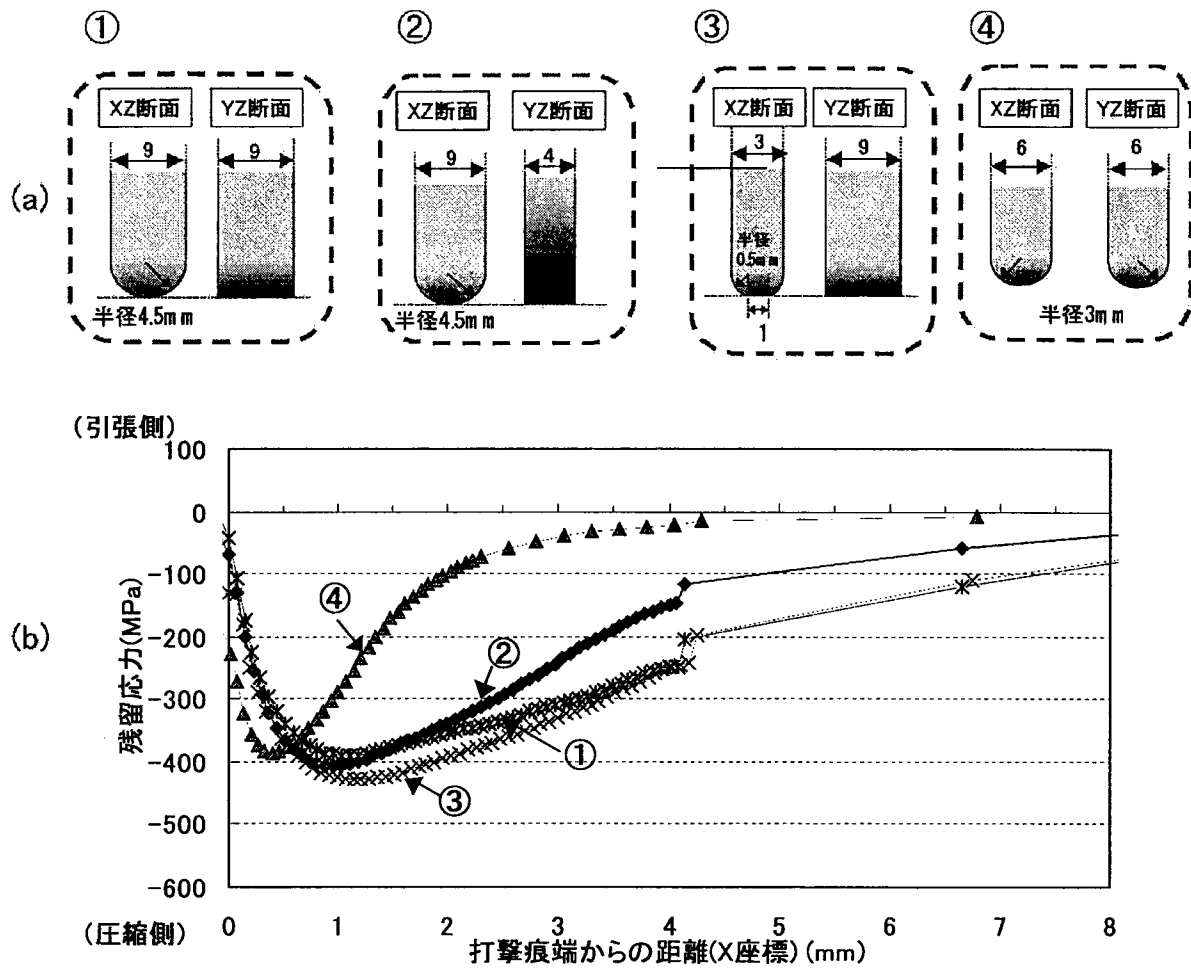


図 7

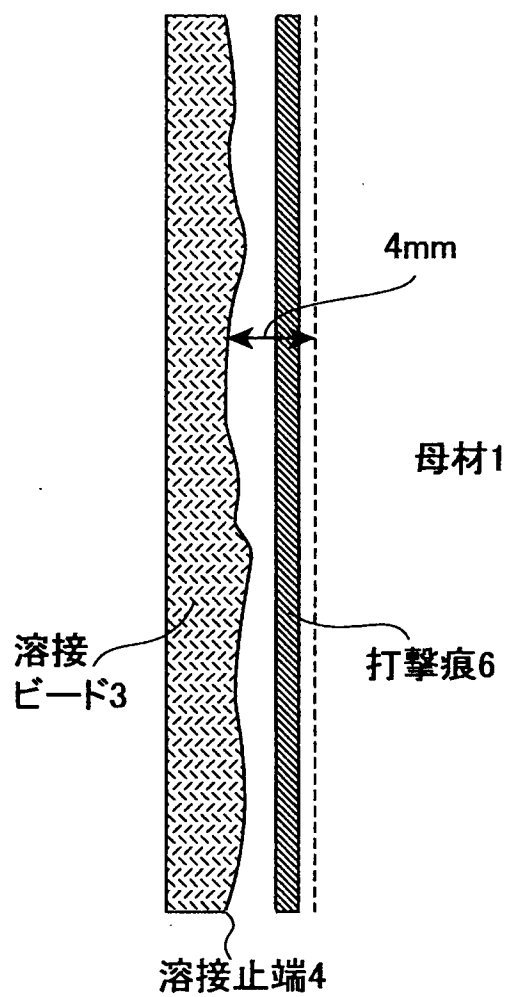


図 8

鋼板: SM400

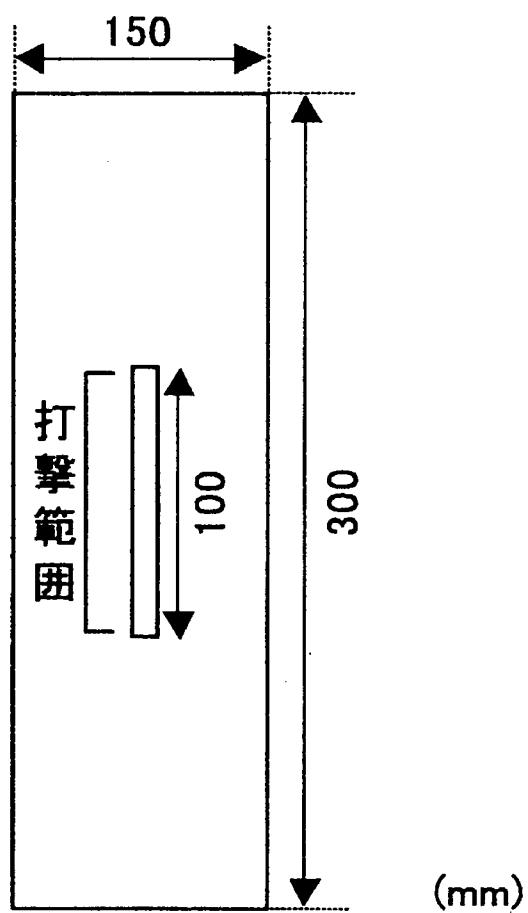


図 9

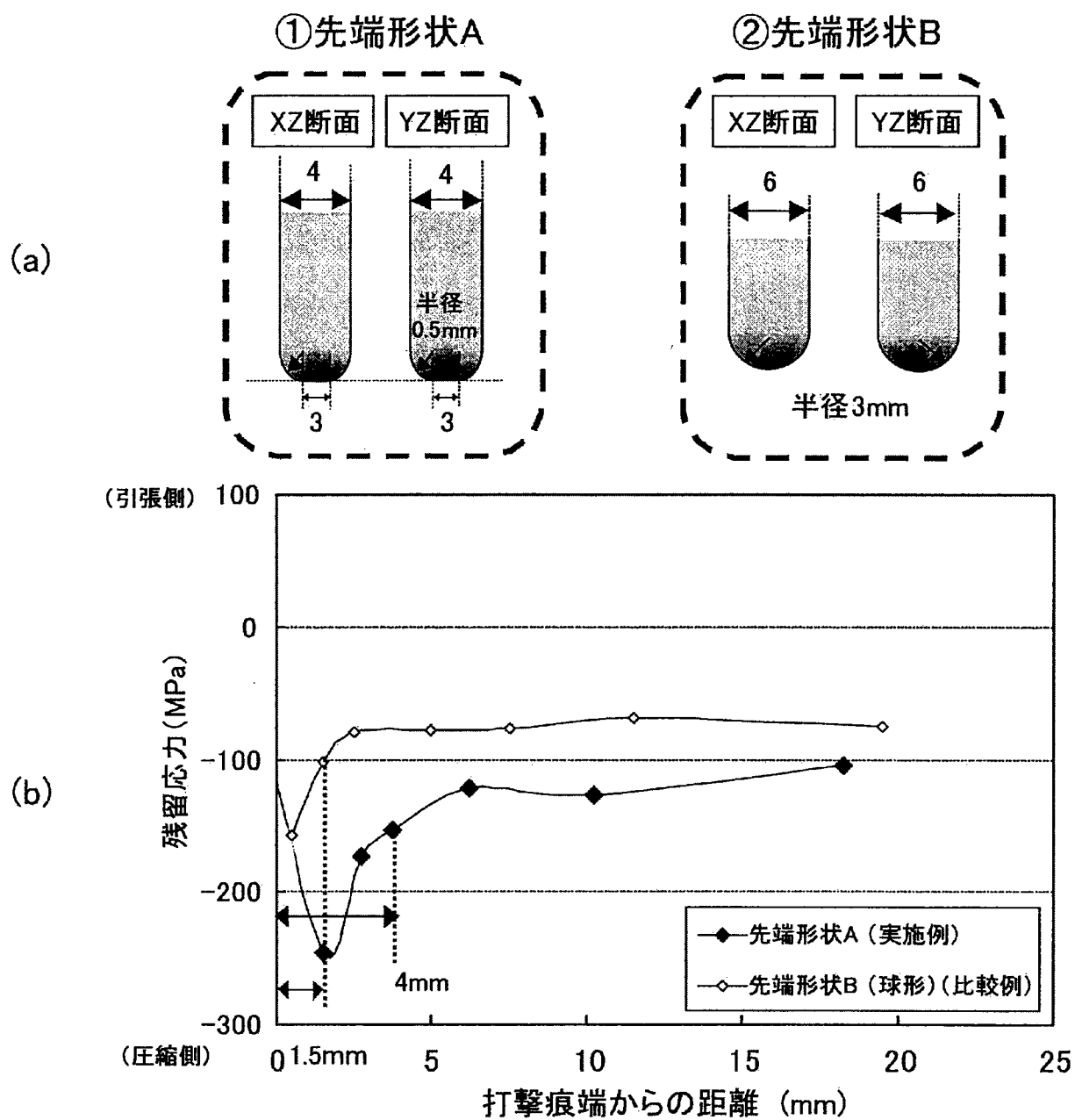


図 1 0

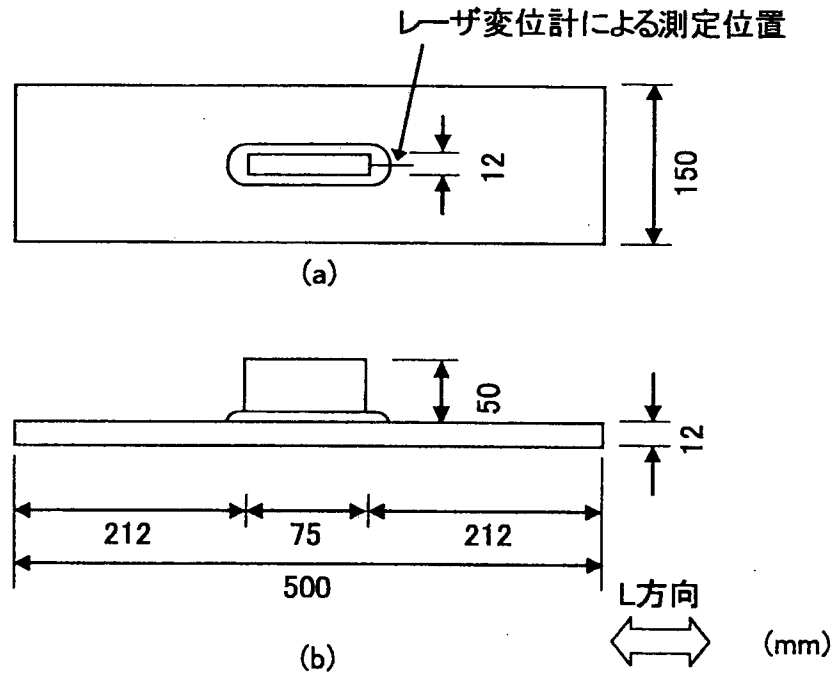


図 1 1

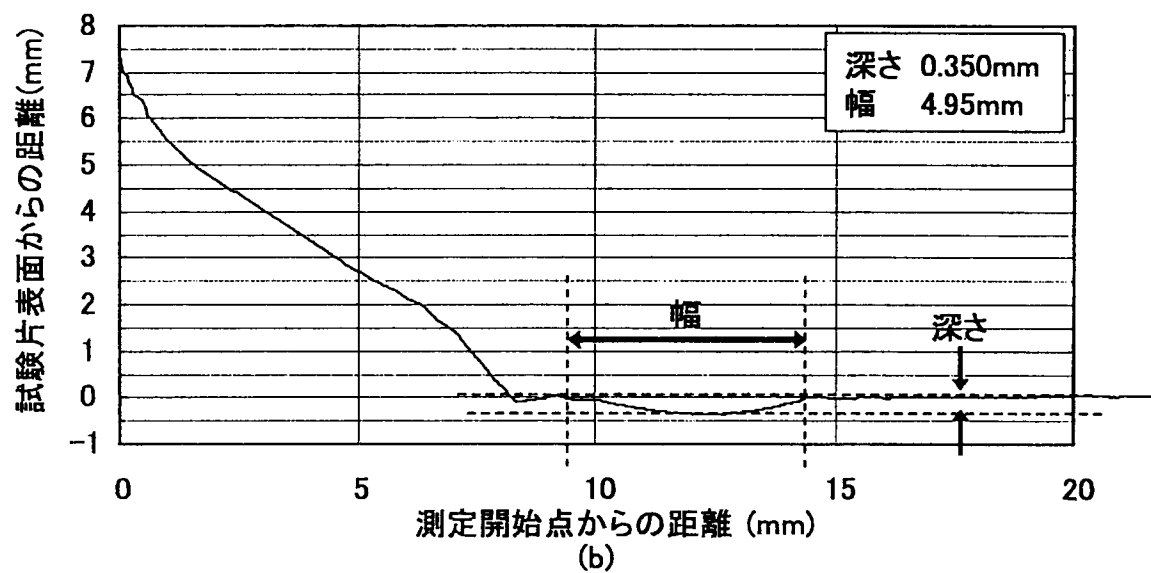
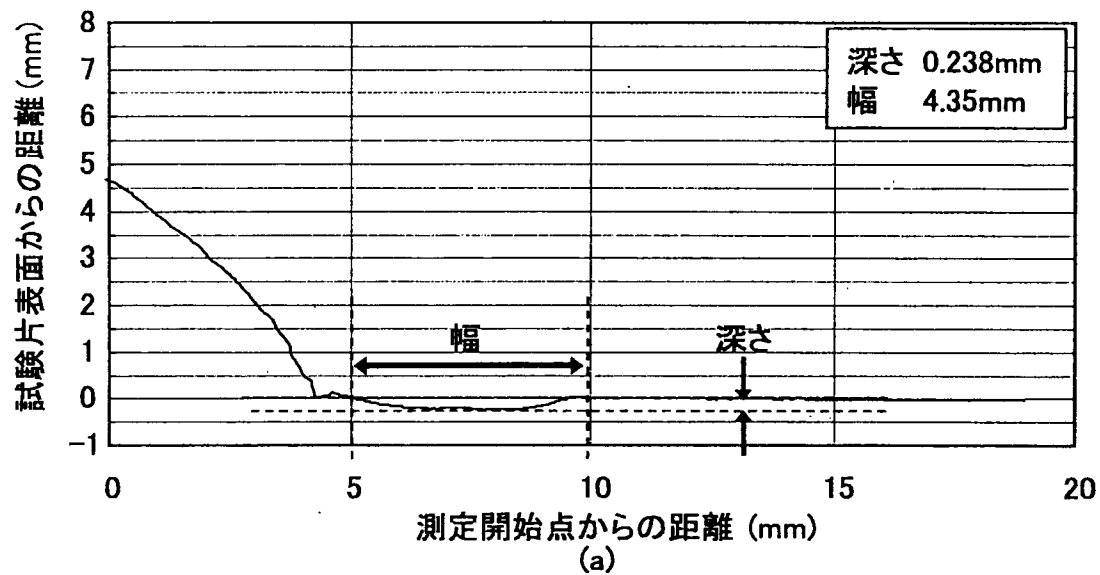


図 1 2

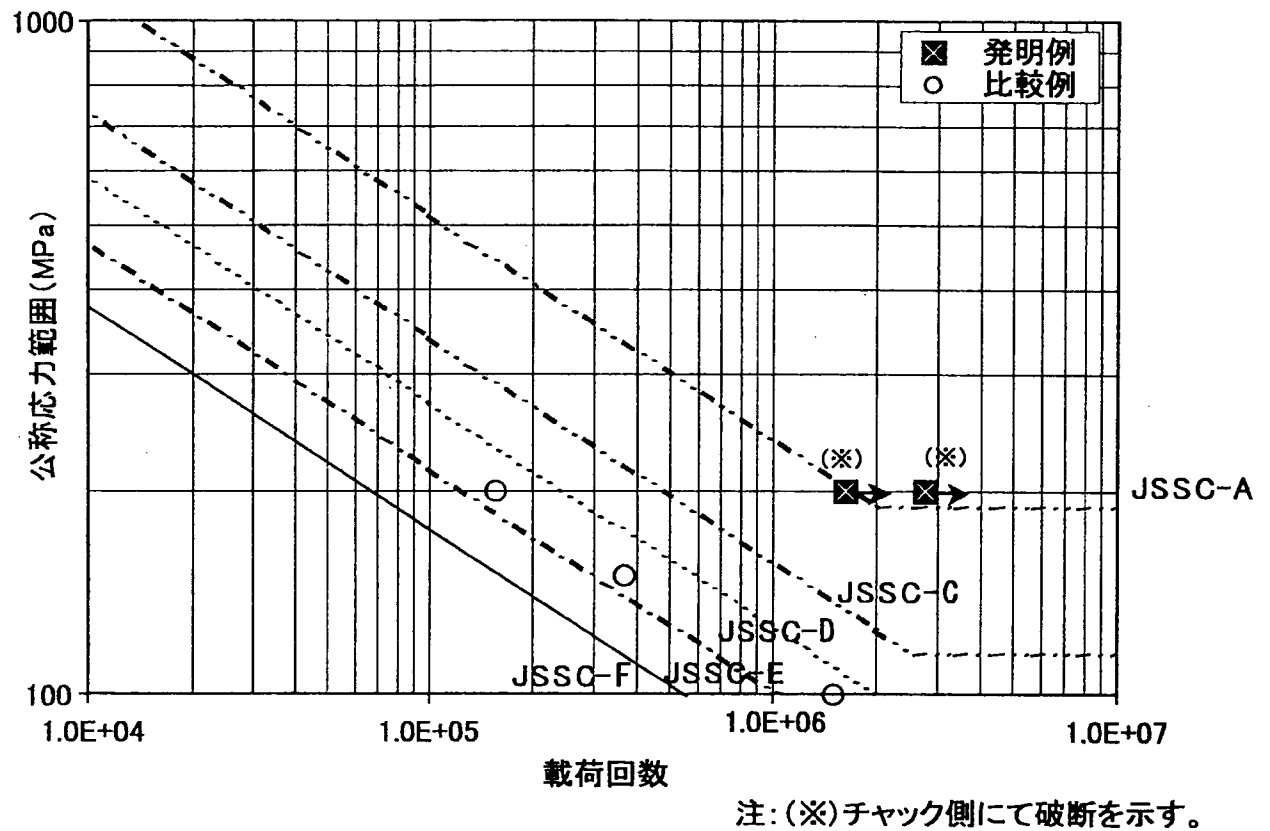
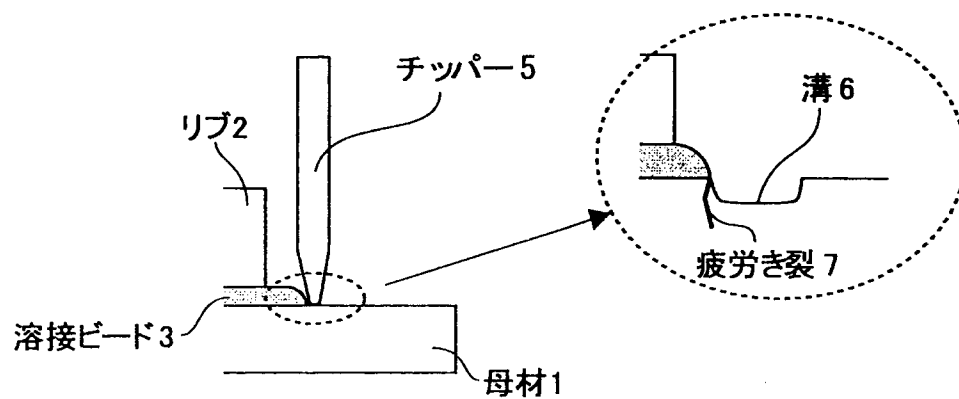


図 1 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K31/00 (2006.01) i

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)

B23K31/00, C21D7/06, B24C1/10

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 A	JP 2010-29897 A (Nippon Steel Corp.), 12 February 2010 (12.02.2010), entire text; all drawings & US 2011/0123820 A1 & WO 2010/013658 A1 & CA 2731666 A & KR 10-2011-0036595 A & CN 102112268 A	1, 4 2, 3
A	JP 2010-142870 A (Nippon Steel Corp.), 01 July 2010 (01.07.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2004-130313 A (Nippon Steel Corp.), 30 April 2004 (30.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-4



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

05 March, 2012 (05.03.12)

Date of mailing of the international search report

19 March, 2012 (19.03.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078223

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-130315 A (Nippon Steel Corp.), 30 April 2004 (30.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2006-320960 A (Nippon Steel Corp.), 30 November 2006 (30.11.2006), entire text; all drawings & WO 2006/109873 A1	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B23K31/00(2006.01)i			
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（I P C）） Int.Cl. B23K31/00 , C21D 7/06 , B24C 1/10			
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 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 請求項の番号	
X	JP 2010-29897 A（新日本製鐵株式会社）2010.02.12, 全文, 全図 & US 2011/0123820 A1 & WO 2010/013658 A1 & CA 2731666 A & KR	1, 4	
A	10-2011-0036595 A & CN 102112268 A	2, 3	
A	JP 2010-142870 A（新日本製鐵株式会社）2010.07.01, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4	
A	JP 2004-130313 A（新日本製鐵株式会社）2004.04.30, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4	
☒ 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 05.03.2012		国際調査報告の発送日 19.03.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 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） 中島 昭浩 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3 P 9147

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 請求項の番号
A	JP 2004-130315 A (新日本製鐵株式会社) 2004. 04. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 2006-320960 A (新日本製鐵株式会社) 2006. 11. 30, 全文, 全図 & WO 2006/109873 A1	1 - 4