

PCT

- [続葉有]

[続葉有]



ベースプレートと、このベースプレートの表面から突出するガセットプレートと隅肉溶接部とを備えるこの面外ガセット溶接継手の製作方法では、前記ガセットプレートの長手方向の端部の板幅方向の一端を板幅 w の方向に切欠いて、切欠き部を形成し；前記ベースプレートの表面に前記ガセットプレートを配置し、前記ガセットプレート側の予定脚長 d_2 が切欠き高さ a 以上になるように隅肉溶接を行って、前記ガセットプレート側の脚長 d_2' が、前記ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上であり、かつこの脚長 d_2' と前記ベースプレート側の脚長 d_1' と溶け込み長さ x' と溶け込み角度 θ' とが $x' + d_1' > d_2' / \sin \theta'$ を満足する前記隅肉溶接部を形成し；前記隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の前記ベースプレート側の溶接止端部に疲労特性を改善させる打撃処理を施す。

明 細 書

発明の名称： 面外ガセット溶接継手及びその製作方法

技術分野

[0001] 本発明は、隅肉溶接により２つの板部材を溶接した面外ガセット溶接継手およびその製作方法に関する。特に、疲労特性に優れた面外ガセット溶接継手及びその製作方法に関する。

本願は、２００９年８月２４日に、日本に出願された特願２００９－１９３２０１号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 構造体の板部材を補剛したり、あるいはこの構造体の板部材を他の部材（例えば、他の板部材）に取り付けたりするために、構造体の板部材には、付属金物として、板部材の板面から突出するように別の板部材が隅肉溶接して取り付けられ、面外ガセット溶接継手が形成されている。

この溶接継手に繰り返し応力が作用した場合、例えば、溶接止端部に著しい応力集中が発生したり、溶接止端部に引張残留応力が形成されたりするため、この溶接止端部から疲労亀裂が発生し、疲労特性が著しく低下することが知られている。

その対策として、従来、溶接止端部の応力集中を抑制するために、例えば、溶接継手の溶接止端部にグラインダー処理、ＴＩＧドレッシング処理、化粧盛り溶接などを施して止端部の曲率を大きくする方法が採られてきた。また、溶接止端部の引張残留応力を低減するために、例えば、溶接止端部にショットピーニング、ハンマーピーニング、レーザーピーニング、ウォータージェットピーニングなどの打撃処理（ピーニング処理）或いは溶接後熱処理を施す方法が採られてきた。

近年、超音波振動を用いた打撃処理（以下、ＵＩＴ処理（Ultrasonic Impact Treatment）と記す場合もある）を施して、溶接止端部に圧縮残留応力を導入したり、溶接止端部の形状を改善したりする方法が提案されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、材料の疲労特性を圧縮残留応力の導入によって向上させるために、疲労特性を改善させたい方向に対して直角方向の材料表面上に、超音波打撃処理による複数条の加工帯を形成し、この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方法が開示されている。また、特許文献2には、溶接部の疲労強度を向上させるために、超音波打撃処理装置を用いて溶接止端部の近傍に曲率半径Rが2 mm以上、幅が1 mm以上の溝を、溶接止端部の単位長さ当りの打撃密度を11回/mm以上で形成する方法が開示されている。また、特許文献3には、超音波を利用した打撃処理装置及び打撃処理方法が開示されている。

図7A～7Dは、従来の面外ガセット溶接継手の製作手順を示す斜視模式図であり、面外ガセット溶接継手101の回し溶接部110近傍の状況を示している。

ベースプレート102にガセットプレート103が隅肉溶接され（図7A～7B）、隅肉溶接部109に溶接止端部107、107'が形成されている。

そして、図7C～7Dに示すように、隅肉溶接部109のうち、回し溶接部110の溶接止端部107に打撃処理が施され、打撃処理痕111が形成されている。なお、図7A～7Dは、ベースプレート102側の溶接止端部107に打撃処理を施した状態を示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-167724号公報

特許文献2：特開2006-175512号公報

特許文献3：米国特許第6, 171, 415号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のように面外ガセット溶接継手の溶接止端部に打撃処理を施すことに

より、溶接止端部の形状を応力が集中し難い滑らかな（曲線的な）形状にするとともに、溶接止端部及びその近傍の引張残留応力を緩和し、圧縮残留応力を付与している。その結果、溶接止端部及びその近傍からのき裂の発生を防止し、疲労特性を改善することができる。このような方法では、溶接止端部からの疲労き裂の発生による疲労寿命の低下が大幅に抑制され、疲労特性が格段に向上したが、隅肉溶接による面外ガセット溶接継手では、疲労特性の向上に限界があった。

本発明者らは、面外ガセット溶接継手の疲労特性を更に向上させるため、面外ガセット溶接継手の回し溶接部の溶接止端部に超音波衝撃処理を施して、その疲労寿命について検討した。その結果、多くの疲労き裂が溶接ルート部から発生し、疲労特性の改善を妨げていることが判明した。すなわち、溶接止端部への打撃処理により、溶接止端部からのき裂の発生が抑制されたため、溶接止端部の次に疲労き裂が発生しやすい溶接ルート部から疲労き裂が発生及び進展して、面外ガセットの疲労寿命に影響を与えていることが判った。

このような隅肉溶接部の溶接ルート部からの疲労き裂の発生について、隅肉溶接の溶接部を完全溶込みの溶接部にすれば、溶接ルート部がなくなるため疲労特性が向上することが明らかである。しかしながら、完全溶込みの溶接を行う場合には、広範囲にわたって開先加工を施す必要があり、溶接作業に長時間を要し、ガセットプレートの仮付け溶接時にガセットプレートを拘束し難い。そのため、溶接作業の負担が大きく、コストが増加する。

本発明では、上記の状況に鑑み、溶接止端部に打撃処理を施して疲労特性を向上させた面外ガセット溶接継手において、さらに疲労特性を向上させた溶接継手及びその製作方法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

[0006] 本発明者らは、溶接ルート部への応力集中を解消する効率的な方法を検討した。

図 6 A 及び 6 B は、繰返し応力が作用した場合の面外ガセット溶接継手 1

の回し溶接部 10 への応力集中を説明する断面模式図である。本発明者らは、図 6 A に示すように、溶接ルート部 8 の位置を、図 6 B に示す従来の位置 C（ガセットプレート 3 のベースプレート 2 側の長手方向端部）からこの位置 C よりもガセットプレート 3 の内側の位置 B に移動させて、隅肉溶接の脚長を制御することにより、疲労特性を向上させることができることを見出した。すなわち、図 6 A に示すように、隅肉溶接の脚長を制御することにより応力の分散経路の急峻さを緩和して溶接ルート部 8 への応力集中を回避し、のど厚を効果的に増加させている。そのため、溶接ルート部 8 及びのど厚部でのき裂発生を抑制することができる。したがって、溶接止端部に対する打撃処理の効果を十分に発揮させ、疲労特性を更に向上させることができる。本発明者らは、上述の検討の結果、本発明に至った。

すなわち、本発明の要旨は、以下のとおりである。

[0007] （１）本発明の一態様に係る面外ガセット溶接継手の製作方法は、ベースプレートと、このベースプレートの表面から突出するガセットプレートと隅肉溶接部とを備える面外ガセット溶接継手の製作方法であって、前記ガセットプレートの長手方向の端部の板幅方向の一端を板幅 w の方向に切欠いて、切欠き高さ a と切欠き長さ x と 80° 以下の切欠き角度 θ とを有する切欠き部を形成し；前記切欠き部を有する前記ガセットプレートの前記板幅 w の方向の端面と前記ベースプレートの表面とが対向するように前記ガセットプレートを配置し、前記ガセットプレート側の予定脚長 d_2 が前記切欠き高さ a 以上になるように隅肉溶接を行って、前記ガセットプレート側の脚長 d_2' が、前記ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上であり、かつこの脚長 d_2' と前記ベースプレート側の脚長 d_1' と溶け込み長さ x' と溶け込み角度 θ' とが $x' + d_1' > d_2' / \sin \theta'$ を満足する前記隅肉溶接部を形成し；前記隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の前記ベースプレート側の溶接止端部に疲労特性を改善させる打撃処理を施す。

（２）上記（１）に記載の面外ガセット溶接継手の製作方法では、前記切欠き角度 θ が、 45° 以上 75° 以下であってもよい。

[0008] (3) 本発明の一態様に係る面外ガセット溶接継手は、ベースプレートと、このベースプレートの表面から突出するガセットプレートと、隅肉溶接部とを備え、前記隅肉溶接部では、前記ガセットプレート側の脚長 d_2' が、前記ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上であり、かつこの脚長 d_2' と前記ベースプレート側の脚長 d_1' と溶け込み長さ x' と溶け込み角度 θ' とが、 $x' + d_1' > d_2' / \sin \theta'$ を満足し、かつ、前記隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の前記ベースプレート側の溶接止端部に打撃処理痕が形成されている。

(4) 上記(3)に記載の面外ガセット溶接継手では、前記溶け込み角度 θ' が 30° 以上 75° 以下であってもよい。

但し、ガセットプレートの長手方向の断面の端部において、溶け込み長さ x' は、ガセットプレート側の溶接止端部7'からベースプレートに下した垂線の足である点C'から溶接ルート部8までの長さである。溶け込み角度 θ' は、線分7'8と線分8C'とがなす角度である。さらに、切欠き高さ a は、ベースプレートの表面からガセットプレートの切欠き部の切欠き位置Aまでの高さである。切欠き長さ x は、切欠き部を形成する前のガセットプレートにおけるベースプレート側の長手方向の端部のコーナーCから切欠き部を形成した後のガセットプレートにおけるベースプレート側の長手方向の端部の位置Bまでの長さである。切欠き角度 θ は、切欠き部の線分ABと線分BCとがなす角度である。

発明の効果

[0009] ガセットプレートの長手方向端面のベースプレート側のコーナー部を切り欠いて、ガセットプレートに切欠き部を設け、このガセットプレートをベースプレートに隅肉溶接して得られた溶接継手では、溶接ルート部が、ガセットプレートに切欠きを設けない場合の溶接ルート部よりもガセットプレートの長手方向に確実に大きく溶け込み、のど厚を大きくすることが可能となる。さらに、この溶接継手では、溶接ルート部の位置に応じて脚長を調整しているため、ガセットプレート側の脚長とベースプレート側の脚長とを同じ長

さで隅肉溶接を行う場合に比べ、のど厚をより大きくすることができる。

このように、従来の溶接継手に比べてのど厚をほぼ25%以上大きくすることができるため、図6Aに示すように、回し溶接部への応力の集中が緩和され、溶接ルート部からの疲労破壊を防止し、面外ガセット溶接継手の回し溶接部の疲労強度を大幅に向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施形態における溶接後の面外ガセット溶接継手を模式的に示す図4BのA-A視部分断面図である。

[図2]本実施形態における打撃処理後の面外ガセット溶接継手を模式的に示す図4DのB-B視部分断面図である。

[図3]本実施形態における面外ガセット溶接継手の他の形態を示す部分断面図である。

[図4A]本実施形態における面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図4B]本実施形態における面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図4C]本実施形態における面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図4D]本実施形態における面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図5]本実施形態における面外ガセット溶接継手のガセットプレートの他の形態を示す斜視模式図である。

[図6A]本実施形態において繰返し応力が作用した場合の面外ガセット溶接継手の回し溶接部への応力の集中状況を説明する断面模式図である。

[図6B]繰返し応力が作用した場合の面外ガセット溶接継手の回し溶接部への応力の集中状況を説明する断面模式図である。

[図6C]繰返し応力が作用した場合の面外ガセット溶接継手の回し溶接部への応力の集中状況を説明する断面模式図である。

[図7A]従来の面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図7B]従来の面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図7C]従来の面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図7D]従来の面外ガセット溶接継手の製作順序を示す斜視模式図である。

[図8]のど厚及びのど厚の位置を示す断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明を具体的に説明する。

図1は、図4Bにおける面外ガセット溶接継手1のガセットプレート3の長手方向の縦断面、すなわち、図4BのA-A視断面を示す模式図であり、溶接止端部7への打撃処理を施す前の状態を示している。図2は、図4DのB-B視断面を示す模式図であり、溶接止端部7に打撃処理を施して打撃処理痕が形成された状態を示している。

[0012] 本発明の一実施形態では、溶接継手の疲労特性を向上させるために、ガセットプレートのコーナー部に切り欠き部を設けて大きなのど厚を確保し、溶接ルート部への繰り返し応力の集中を減少させている。すなわち、図6A及び6Bから判るように、のど厚が大きくなる。なお、のど厚は、JIS Z 3001において、すみ肉溶接の断面のルート（溶接ルート部8）から表面までの距離と定義されており、図8における距離 t である。そのため、溶接金属表面と母材表面とが交わる溶接止端部7、7'の位置や溶接金属の溶け込み形状によっては、溶接ルート部8から溶接金属表面までの最短距離が、溶接ルート部8と溶接止端部7との距離または溶接ルート部8と溶接止端部7'との距離になる場合がある。すなわち、溶接ルート部8から溶接金属5の表面までの距離が最小である溶接金属5の表面上の点13（のど厚の端点）が溶接止端部7または溶接止端部7'と一致する場合がある。

[0013] 図1及び図2において、次のように溶接金属5における各点及び各寸法を定義する。ベースプレート2側の溶接止端部7の位置を点7、ガセットプレート3側の溶接止端部7'の位置を点7'、溶接ルート部8の位置を点8、ガセットプレート3側の溶接止端部7'から溶接前のベースプレート2の表

面（線分 7 8）へ下した垂線の足を点 C' と定義する。また、溶接後の溶接ルート部 8 と点 C' との距離を溶け込み長さ x' （mm）、線分 7' 8 と線分 8 C' とがなす角度を溶け込み角度 θ' （°）、線分 7 C' の大きさをベースプレート 2 側の脚長 d_1' （mm）、線分 7' C' の大きさをガセットプレート 3 側の脚長 d_2' （mm）と定義する。なお、脚長を点 C' から隅肉溶接の止端（溶接止端部 7、7'）までの距離と定義している。後述するように、溶接条件、脚長などの条件を変えて切欠き部 4 を設けたガセットプレート 3 をベースプレート 2 に隅肉溶接して、図 1 に示すような溶接継手 1 を製作した。この溶接継手 1 の回し溶接部 10 の溶接止端部 7' に超音波打撃処理を施したのち、疲労試験によって図 2 に示すような溶接継手 1 の疲労特性を調査した。また、ベースプレート 2 側の脚長 d_1' （mm）、ガセットプレート 3 側の脚長 d_2' （mm）、溶け込み角度 θ' （°）、溶け込み長さ x' （mm）のそれぞれと疲労特性との関係を調査した。なお、回し溶接部 10 は、回し溶接によって形成される溶接部とガセットプレートの長手方向の端面に形成される溶接部とからなる。

[0014] その結果、ガセットプレート 3 に切欠き部 4 を設けて溶接を行うことにより得られた溶接継手 1 では、ガセットプレートに切欠き部を設けていない溶接継手よりものど厚を大きくすることができ、疲労特性が優れることが判った。しかしながら、脚長 d_1' が小さい場合、のど厚部（溶接金属 5 が最も薄い部分）の端点（図 8 における点 13）がガセットプレート 3 側から最も疲労き裂の発生が懸念されるベースプレート 2 側の溶接止端部 7 に寄ることがある。そのため、ベースプレート 2 側の溶接止端部 7 の疲労特性を向上させる観点から、脚長 d_1' を小さくすることは好ましくないことが判った。

このため、本実施形態では、溶け込み長さ x' と脚長 d_1' とが、下記式< 1 >を満たすように、溶接後のベースプレート 2 側の溶接止端部 7 の位置と最低限の溶け込み量とを規定している。これにより、のど厚部の端点 13 がベースプレート 2 側の溶接止端部 7 になることを避けることができ、優れた疲労特性を確保することができる。

$$x' + d_1' > d_2' / \sin \theta' \cdots \cdots < 1 >$$

また、溶け込み長さ x' と脚長 d_1' とが、下記式 $< 1' >$ を満たしてもよい。

$$x' + d_1' < 1.0 d_2' / \sin \theta' \cdots \cdots < 1' >$$

[0015] なお、ガセットプレート 3 中への溶け込み（溶融線 6 のガセットプレート 3 中への移動）が深くなればなるほど、溶け込み角度 θ' が小さくなるため、のど厚の確保の点で好適である。しかしながら、例えば、あらかじめ必要とされる開先加工に手間がかかったり、溶け込みを確保するために複数の溶接パスが必要になったり、溶接前の部材の拘束に手間がかかったりするため、溶接作業時間が長くなる。そのため、溶け込み角度 θ' が $35^\circ \sim 60^\circ$ であることが好ましい。また、溶け込み角度 θ' が 75° を超える場合には、溶け込み長さ x' が小さいので、十分に大きなのど厚を確保するために脚長 d_2' を大きくする必要がある、多層盛り等の溶接作業による手間がかかる。

[0016] 本発明者らは、さらに、面外ガセット溶接継手の疲労特性を向上させるために、切欠き部を形成したガセットプレートを備える溶接継手における脚長の影響を調査した。すなわち、切欠き部を設けたガセットプレートを用い、ガセットプレート側の溶接脚長 d_2' を、ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 倍から板厚 t_2 の $5/7$ 倍までの間で変化させて隅肉溶接を行い、溶接継手を製作した。なお、 $< 1 >$ 式を満たすように、溶け込み角度 θ' を、 $30^\circ \sim 75^\circ$ の間で変化させ、ベースプレート側の脚長 d_1' を、ほぼ一定にした。このようにして製作した溶接継手の回し溶接部の溶接止端部に疲労特性を改善するための超音波打撃処理を施した後、疲労試験によって溶接継手の疲労特性を調査した。

[0017] その結果、切欠き部を設けたガセットプレートを用いた溶接継手では、ガセットプレート側の脚長が小さいと、図 6 C に示すようにのど厚部に大きな応力が流れ、ガセットプレート 3 側の溶接止端部 7' 付近から疲労き裂が発生したり、溶接ルート部 8 から疲労き裂が発生したりして溶接金属 5 を貫通

することがある。そのため、疲労特性を向上させる点からガセットプレート側の脚長を小さくすることは、好ましくないことが判明した。このため、さらにガセットプレート側の脚長について検討した結果、溶接金属ののど厚部を流れる応力を低下させるためにガセットプレート側の脚長 d_2' を、ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上にすることによって、疲労特性が大幅に向上することが判った。

このため、本実施形態においては、ガセットプレート側の脚長 d_2' は、ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上である。本実施形態の面外ガセット溶接継手において、ガセットプレートの板厚によってガセットプレート側の脚長を決定することにより、のど厚部での応力集中を緩和することができる。そのため、溶接止端部 7 への打撃処理による疲労特性の改善効果が有効に発揮され、溶接継手の疲労特性を大幅に向上させることができる。なお、ガセットプレートの寸法を考慮すると、脚長 d_2' は、ガセットプレートの板幅 w 以下となる。

[0018] 本実施形態の面外ガセット溶接継手において、上述のようにガセットプレート側の脚長 d_2' とガセットプレートの板厚 t_2 との関係を規定すると共に、溶け込み長さ x' と、溶け込み角度 θ' と、ベースプレート側の脚長 d_1' と、ガセットプレート側の脚長 d_2' との間の関係を < 1 > 式で規定している。これらの関係により、溶接部ののど厚を十分に確保し、のど厚部での応力集中を緩和している。さらに、回し溶接部の溶接止端部に疲労特性を改善するための超音波衝撃処理を施して、疲労特性を向上させている。さらに、応力集中を低減させるためには、ベースプレート側の脚長 d_1' を大きくしたり、溶接止端部 7 の形状をあらかじめ滑らかに仕上げたりすることが有効である。

以下において、本発明の一実施形態に係る面外ガセット溶接継手の効率的な製作方法を説明する。

[0019] 図 4 A ~ 4 D は、本実施形態の面外ガセット溶接継手の製作方法の手順を模式的に説明する部分斜視図である。面外ガセット溶接継手 1 は、ベースプ

レート2（板厚 t_1 （mm））とベースプレート2の表面上に隅肉溶接されたガセットプレート3（板厚 t_2 （mm））とを備える。なお、ベースプレート2の表面に垂直な方向（ベースプレート2の板厚 t_1 の方向）と、ガセットプレート3の板幅 w の方向（高さ方向）とが一致している。また、ガセットプレート3の板幅 w の方向と板厚 t_2 の方向とに直交する方向がガセットプレート3の長手方向である。この長手方向の端面における板厚 t_2 と同じ方向の辺（隅）を含む部分がガセットプレート3のコーナー部である。

本実施形態の面外ガセット溶接継手において、矩形のガセットプレート3には、そのベースプレート2側のコーナー部（角隅部）が高さ（板幅 w ）方向に切り欠かれた切欠き部4が形成されている（図4A）。この切欠き部4は、ベースプレート2に対向するガセットプレート3のコーナー部からガセットプレート3の高さ方向（ガセットプレート3の板幅 w 方向）に a （mm）、かつベースプレート2に対向するガセットプレート3のコーナー部からガセットプレート3の長手方向（ガセットプレート3の長手方向の中心に向かう方向）に x （mm）の寸法を有する。

切欠き部4を有するガセットプレート3の板幅 w の方向の端面とベースプレート2の表面とが対向するようにガセットプレートがベースプレート2上に配置される。その後、切り欠き部4を有するガセットプレート3は、ベースプレート2に隅肉溶接される。その結果、ガセットプレート3がベースプレート2と対向する面の周囲（4辺近傍）に隅肉溶接部9が形成され、この隅肉溶接部9のうち、ガセットプレート3の長手方向の端部（図4Bに示されるガセットプレート3の右側の端部）の周りには、回し溶接部10が形成される（図4B）。このように形成された隅肉溶接部9のうち、少なくとも回し溶接部10の溶接止端部7、7'の近傍に、例えば超音波衝撃処理装置12により、疲労特性を改善させる打撃処理を施す（図4C）。その結果、溶接止端部7、7'に打撃処理痕11が形成される（図4D）。

[0020] 面外ガセット溶接継手は、図4A～4Dに示されるように、通常、ガセットプレートの高さ方向の長さ（板幅 w ）が板厚方向の長さ（板厚 t_2 ）以上で

ある形状 ($t_2 \leq w$) を有していることが多い。すなわち、板厚方向の端面がベースプレートの板面と対向するようにガセットプレートを配置し、この端面の周り（四辺）をベースプレートに隅肉溶接して図4A～4Dに示されるような形状の面外ガセット溶接継手を形成している。そのため、図4A～4Dに示されるような形状の面外ガセット溶接継手を例として説明する。

なお、本実施形態において、ガセットプレートの形状は、図4A～4Dで示されるような形状 ($t_2 \leq w$) に限定されない。例えば、ガセットプレートの形状が図5に示されるような形状 ($t_2 > w$) であってもよい。すなわち、ガセットプレートの高さ方向の長さ（板幅 w ）が板厚方向の長さ（板厚 t_2 ）よりも小さい形状であってもよい。

また、回し溶接部は、切欠き部を有するガセットプレートのコーナー部（板厚方向の端面の4コーナー）に形成される。ここでは、説明を簡潔にするために、ガセットプレートの長手方向の端部に形成される回し溶接部を例として説明する。

[0021] 図1は、図4Bにおける面外ガセット溶接継手1のガセットプレート3の長手方向の縦断面を示している。すなわち、図1は、図4BのA-A視断面を示す模式図であり、溶接止端部7への打撃処理を施す前の状態を示している。図2は、図4DのB-B視断面を示す模式図であり、溶接止端部7に疲労特性を改善させる打撃処理を施した後の打撃処理痕11が形成された状態を示している。

[0022] 図1及び図4Bに示すように、ガセットプレート3の長手方向の端部（回し溶接部10が形成される端部）のコーナー部のうち、ベースプレート2側のコーナー部が切欠かれ、切欠き部4を形成している。この切欠き部4は、溶接金属5により接合される面積を大きくし、のど厚を十分確保するために形成されている。

[0023] 図1において、隅肉溶接前の切欠き部4における各点及び各寸法を定義する。切欠き前の四角形状のガセットプレート3の長手方向の端部のベースプレート2側のコーナーをコーナーCと定義する。また、ガセットプレート3

側のベースプレート2の表面からベースプレート2の高さ方向に切欠き高さ a (mm) 離れたガセットプレート3の長手方向の端面の位置を位置Aと定義する。すなわち、図1における位置Aは、コーナーCからガセットプレート3の幅 w 方向（ベースプレート2の高さ方向）に切欠き高さ a (mm) 離れた位置である。さらに、ガセットプレート3のコーナーCからガセットプレート3の内側（ガセットプレート3の端部からガセットプレート3の長手方向の中心に向かう方向）へ切欠き長さ x (mm) 離れた位置を位置Bと定義する。加えて、位置Aから溶接前のベースプレート2の表面（線分78）へ下した垂線の足を点C' と定義する。この点C' と位置Bとの間の距離を見た目の切欠き長さ x' と定義する。図1では、位置A、位置B及びコーナーCで囲まれた三角形の範囲が板厚方向に切り欠かれて、切欠き部4を形成している。また、図1では、切欠き長さ x と見た目の切欠き長さ x' とは、一致している。

ここで、図1及び図2においては、コーナーCと点C' とが一致している。すなわち、切り欠き位置Aから溶接前のベースプレート2の表面（線分78）へ下した垂線の足と、ガセットプレート3側の止端部7' から溶接前のベースプレート2の表面（線分78）へ下した垂線の足とが、重なった同じ位置で示されている。この場合、ガセットプレート3の長手方向の端面がベースプレート2の上面に対して直交している。

なお、この両者が直交しない関係にある場合がある。例えば、図3に模式的に示す溶接継手の部分断面図では、切り欠き前のガセットプレート3の形状が図1に示される形状と異なる。このように、図3に示すような台形状のガセットプレートの場合には、コーナーCと点C' の位置が異なる。また、図3中の切欠き長さ x は、図1中の切欠き長さ x に比べてコーナーCと点C' との間の距離だけ長くなる。以下においては、図1の面外ガセット溶接継手1の場合を例として説明する。また、スカラップ部の隅肉溶接の場合には、切欠き長さ x が、コーナーCと点C' との間の距離だけ短くなる。

[0024] この切欠き高さ a （位置AからコーナーCまでの長さ）は、溶接継手1の

ガセットプレート 3 側の予定脚長 d_2 以下になるように設定される必要がある。切欠き高さ a が予定脚長 d_2 を超えると、ガセットプレート 3 側の回し溶接部に溶接金属 5 で覆われない切欠き部が残り、健全な溶接部が得られない可能性がある。また、切欠き部 4 がガセットプレート 3 に形成されればよいので、切欠き高さ a の下限を特に規定しない。しかしながら、切欠き高さ a が小さすぎると、溶接により接合される面積が小さくなるため、疲労き裂の発生を抑制する効果が低下する。ガセットプレート 3 の溶接を 3 パス以下で行う一般的な場合には、切欠き高さ a がガセットプレート 3 側の予定脚長 d_2 の 80～90%であることが好ましい。

すなわち、切欠き高さ a と予定脚長 d_2 との関係が下記<2>式を満足する必要があり、下記<3>式を満足することが好ましい。

$$0 < a \leq d_2 \cdots \cdots <2>$$

$$0.8 d_2 \leq a \leq 0.9 d_2 \cdots \cdots <3>$$

また、切欠き高さ a とガセットプレート 3 側の脚長 d_2' との関係が下記<4>式を満足する。

$$d_2' > a \cdots \cdots <4>$$

なお、予定脚長 d_1 、 d_2 は、隅肉溶接時の目標にする脚長である。

[0025] 一方、図 1 に示すように、線分 AB と線分 BC とがなす角度を切欠き角度 θ と定義する。この切欠き角度 θ は、ガセットプレート 3 の切欠き部 4 の切り欠き面 S と溶接前のベースプレート 2 の表面とがなす角度（切り欠き面を形成する線分と溶接前のベースプレートの上面を形成する線分とがなす角度）である。切欠き角度 θ と切欠き長さ x と切欠き高さ a との関係は、下記<5>式を満たすため、下記<6>式から、下記<7>式が導出される。

$$a/x = \tan \theta \cdots \cdots <5>$$

$$a \leq d_2 \cdots \cdots <6>$$

$$x \tan \theta \leq d_2 \cdots \cdots <7>$$

したがって、上記<7>式を満たすように切欠き部 4 の寸法（切欠き長さ x 及び切欠き角度 θ ）を設定する必要がある。但し、図 3 の場合を考慮する

と、見掛けの切欠き長さ x'' と切欠き角度 θ とが下記< 8 >式を満たす必要がある。

$$x'' \tan \theta \leq d_2 \cdots \cdots < 8 >$$

[0026] 切欠き長さ x (mm) (または、見掛けの切欠き長さ x'') は、上記関係を満たせばよく、特に規定されない。しかしながら、切欠き長さ x が長くなりすぎると、切欠き角度 θ が小さくなり過ぎる。そのため、線分 AB と線分 BC とで囲まれる部分の間隙が、位置 B の近傍で特に狭くなり、溶接時に溶接ワイヤや溶接棒などの溶接材料を送り込むことが困難になることがある。この場合には、溶接金属が位置 B まで十分に届かなくなり、溶接金属の充填不足や溶け込み不足などの溶接不良が生じやすくなる可能性がある。

また、切欠き角度 θ が大きくなると、切欠き長さ x が短くなり、切欠き部の表面積が小さくなる。そのため、溶接により接合する面積を大きくし、ルート部に発生する応力を低減させる切欠き部 4 の効果が小さくなる。

従って、溶接により接合する面積を大きくするためには、 x が上記< 1 >式を満たす範囲で、溶接不良が生じることなく切欠き面積を大きく確保できるように切欠き角度 θ と切欠き長さ x とを選定すればよい。

また、脚長 d_1' は、溶接止端部 7 の応力集中を小さくするためにできるだけ大きいことが好ましい。また、溶接止端部 7 及び 7' は、その後の超音波打撃処理を容易にするために、できるだけ滑らかに溶接されることが好ましい。

[0027] 本発明者らは、切欠き高さ a 、切欠き角度 θ 、切欠き長さ x のうち少なくとも 1 つの条件が異なるように切欠き部を形成した各種のガセットプレートを準備し、一定の予定脚長 d_2 の隅肉溶接によって溶接継手を作製した。この溶接継手の回し溶接部の溶接止端部に超音波打撃処理を行ったあと、疲労試験によって疲労特性を調査した。その結果、切欠き角度 θ が 80° 以下で、溶接継手の疲労特性を確実に向上させることができた。そのため、切欠き部の切欠き角度 θ は、 80° 以下である。なお、切欠き角度 θ の下限は、特に制限されない。切欠き角度 θ が 45° 以上では、ベースプレートとガセット

プレートとの間の間隙（切欠き部の隙間）が十分であるため、溶接ルート部に溶接ワイヤを確実に到達させることができた。この場合、十分な溶け込みを比較的短時間で効率良く安定的に得ることができた。また、切欠き角度 θ が 75° 以下では、切欠き長さ x とのど厚とを十分に確保することができる。この場合には、溶接継手の疲労特性が十分に向上した。したがって、切欠き角度 θ は、 45° 以上 75° 以下であることが好ましい。より好ましくは、この切欠き角度 θ は、 50° 以上 70° 以下である。

[0028] 以上のように、回し溶接が施されるガセットプレートの長手方向の端部に切欠き部を設けて隅肉溶接することにより、切欠きを形成しない場合に比べて隅肉溶接の溶接ルート部を溶接止端部から離すことができ、のど厚を増加させることができる。その結果、繰返し応力による力の流れが、溶接ルート部に集中するのを緩和することができ、溶接継手の疲労特性を向上させることができる（図6A参照）。上述のように隅肉溶接部に溶け込み不足といった溶接不良が生じることのないように、通常十分な溶け込みを確保しながら溶接を行う。本実施形態においても、溶接ルート部である位置B（図1、図2参照）を含む部分に溶け込み不足といった溶接不良が生じないように、十分な溶け込みを確保しながら溶接を行う。

前述のように、溶け込み長さ x' とベースプレート側の脚長 d_1' とが、上記<1>式を満たすように、脚長 d_1' 、 d_2' と溶け込み角度 θ' とを勘案して溶接を行う。その結果、溶接後のベースプレート側の溶接止端部に最低限の溶け込み量を確保できる。したがって、のど厚の最も薄い部分がベースプレート側の止端部になることを避けることができ、優れた疲労特性を確保することができる。

なお、脚長 d_1' 、 d_2' は、それぞれ予定脚長 d_1 、 d_2 に対して、下記<9>及び<10>式を満たす。

$$d_1' \geq d_1 \cdots \cdots <9>$$

$$d_2' \geq d_2 \cdots \cdots <10>$$

上記のように切り欠き部を設けることにより、上記<1>式を満足するよ

うな溶接継手を効率的に作製することが可能となる。

[0029] 本発明者らは、前述のように、面外ガセット溶接継手の疲労特性をさらに向上させるために、切欠き部を形成したガセットプレートを用いて隅肉溶接部における脚長 d_1' 、 d_2' の影響を調査した。その結果、ガセットプレート側の脚長 d_2' が小さいと、ガセットプレートの板厚 t_2 に対してのど厚が小さくなるため、のど厚部での応力が高くなることを知見した。さらに、ガセットプレート側の脚長 d_2' を、ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上にすることによって、溶接継手の疲労特性が大幅に向上することを知見した。

このため、本実施形態の溶接継手の製作方法においては、ガセットプレート側の脚長 d_2' が、ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上（下記＜11＞式）になるように溶接を行う。ガセットプレート側の脚長 d_2' とガセットプレートの板厚 t_2 との関係を制御することにより、更に十分など厚を確保することができるので、溶接ルート部の発生応力を低下させ、溶接継手の疲労特性を大幅に向上させることができる。

$$d_2' \geq t_2/3 \cdots \cdots <11>$$

なお、通常の溶接では、ベースプレート側の脚長 d_1' とガセットプレート側の脚長 d_2' とが、ほぼ同様な長さであることが多い。しかしながら、ベースプレート側の脚長 d_1' が、上述の＜1＞式を満たし、ガセットプレート側の脚長 d_2' が、上記＜1＞式及び上記＜11＞式を満たす必要がある。

[0030] 上述のように、本実施形態の面外ガセット溶接継手の製作方法においては、ガセットプレートに所定の切欠き部を設け、ガセットプレート側の脚長 d_2' がガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上になるように、かつ、＜1＞式を満たすように、十分な溶け込みを得ながら隅肉溶接を行う。

なお、ガセットプレートの切欠き角度 θ が 45° 以上 75° 以下になるように切欠き部を形成することが好ましい。また、十分な溶け込みが得られるように溶接することにより、溶け込み角 θ' が 30° 以上 75° 以下の隅肉溶接部が得られることが好ましい。

このように、ガセットプレートに切欠き部を設け、溶け込みを十分に確保しながら溶接することにより、溶接金属により接合される各部材の断面積が増加し、のど厚を大きく確保することができる。そのため、溶接ルート部に発生する応力を低下させ、効率的に溶接継手の疲労特性を大きく向上させることができる。

[0031] 次に、本実施形態の溶接継手においては、上記のように形成された隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の溶接止端部に、溶接止端部自体の疲労特性を改善させる打撃処理を施す。

この打撃処理は、繰返し応力が加えられた際に疲労き裂が発生し易い回し溶接部のベースプレート側の溶接止端部に少なくとも施される必要がある。しかしながら、回し溶接部または隅肉溶接部の全ての溶接止端部に打撃処理を施してもよい。

疲労特性を改善させる打撃処理は、ショットピーニング、ハンマーピーニングなどのピーニング処理であってもよい。この打撃処理の方法は、特に限定されない。すなわち、打撃処理前の溶接止端部の止端ラインの位置が判別できない程度まで溶接止端部を打撃して、溶接止端部に滑らかな谷部を形成させ、塑性流動によって圧縮残留応力を付与できればよい。

しかしながら、超音波衝撃処理装置による打撃処理（UIT処理）が効率的であるため好ましい。溶接止端部へのこのUIT衝撃処理の条件は、特に限定されない。この場合、材料（部材）に必要とされる疲労特性に応じて適切なUIT衝撃処理を行うことが好ましい。

[0032] 以下においては、打撃処理を超音波衝撃装置により施す場合（UIT処理）について例示する。打撃処理では、溶接止端部の溶接線に垂直な断面における曲率半径 r が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であり、鋼材（ベースプレートまたはガセットプレート）表面から鋼材の厚さ方向への深さ f が 0.05 mm 以上 1.0 mm 以下である超音波衝撃痕 11 を形成させることが好ましい。より好ましくは、この深さ f は、0.1 mm 以上 0.4 mm 以下である。

打撃処理痕（超音波衝撃痕）11の曲率半径 r が1.0mm以上では、隅肉溶接部への応力集中を十分に緩和することができる。また、この曲率半径 r が10.0mm以下では、曲率半径 r の増加とともに応力集中を緩和する効果が増加する。この場合、溶接継手の耐疲労特性をさらに向上させることができる。この曲率半径 r は、処理時間を考慮して適宜決定することができる。なお、打撃処理痕（超音波衝撃痕）11は、通常、溶接止端部7、7'を中心として形成される。しかしながら、打撃処理痕（超音波衝撃痕）11は、溶接金属5及び溶接熱影響部の少なくとも一部を含むように形成されることが好ましい。そのため、打撃処理痕11を形成させる位置を勘案して超音波衝撃位置及び超音波衝撃痕の曲率半径 r を選定することが好ましい。

[0033] また、ベースプレート2またはガセットプレート3への打撃処理痕（超音波衝撃痕）11の深さ f が1.0mm以下であれば、この深さ f の増加とともに、溶接止端部7近傍の引張残留応力を解放する効果、或いは、圧縮残留応力を付与する効果が増加する。そのため、溶接継手の耐疲労特性の大幅な向上が期待できる。また、深さ f を大きくすると、十分な時間が必要になるため、効率を考慮して深さ f を決定する。従って、超音波衝撃痕11の深さ f は、1.0mm以下であることが好ましい。なお、超音波衝撃痕11の深さ f は、特に制限されない。打撃処理前の溶接止端部の止端ラインの位置を判別できない量として、例えば、超音波衝撃痕11の深さ f は、0.05mm以上であってもよい。

[0034] また、超音波衝撃処理を施すための超音波衝撃装置12は、例えば、前述の特許文献1～3に開示されている装置を使用することができる。形成させる超音波衝撃痕11の形状などの条件を勘案して超音波衝撃装置12の振動端子（ピン）の形状を選定することができる。

例えば、超音波衝撃装置12の先端の軸方向断面の曲率半径を1.0mm以上10mm以下にすることが好ましい。この先端の形状は、打撃処理後の超音波衝撃痕11の形状になる。そのため、この曲率半径が小さすぎると、切り欠き状の溝が溶接止端部に形成され、応力集中が高くなる。一方、曲率

半径が大きすぎると、溶接ビードの形状によっては打撃処理により溶接止端部を打撃しても所定の曲率半径 r の超音波衝撃痕 11 を形成させることが困難である。したがって、確実に所定の曲率半径 r の超音波衝撃痕を形成するためには、超音波衝撃装置 12 の先端の軸方向断面の曲率半径が 1.0 mm 以上 10 mm 以下であることが好ましい。また、この曲率半径は、1.5 mm 以上 5.0 mm 以下であることがより好ましい。

[0035] 超音波衝撃処理の条件についても、用途に必要とされる疲労特性に応じて適宜選択すればよい。そのため、超音波衝撃処理の条件は、特に限定されない。例えば、振動端子を 20 kHz 以上 50 kHz 以下の周波数で振動させ、0.01 kW 以上 4 kW 以下の仕事率で超音波衝撃を施すことが好ましい。しかしながら、必ずしも超音波振動によって打撃する必要はないため、20 kHz 以下の低周波数または不連続な周期で打撃しても良い。これによって、溶接止端部の表面の金属が塑性流動し、隅肉溶接部の冷却に伴って形成される引張残留応力を解放し、圧縮の残留応力場を形成させることができる。また、加工によって発生した熱が溶接止端部の表面から散逸しない断熱状態で繰り返し超音波衝撃処理を与えることにより、熱間鍛造と同じような作用を溶接止端部近傍に与えることができる。その結果、溶接止端部近傍の結晶組織が微細化され、溶接継手の疲労特性が改善する。

実施例

[0036] ベースプレートには、JIS G3106に記載された鋼種 JIS SM490B の鋼板（板厚 14 mm × 幅 50 mm × 長さ 500 mm）を使用した。また、ガセットプレートには、ベースプレートと同鋼種の鋼板（板厚 14 mm × 幅 50 mm × 長さ 100 mm）を使用した。このガセットプレートを、図 4A に示すように、ベースプレート上に配置した。すなわち、ガセットプレートの長手方向とベースプレート 2 の長手方向とを一致させ、ガセットプレートの幅方向とベースプレートの上面に垂直な方向とを一致させた。また、ベースプレートの長手方向及び幅方向のほぼ中央部（上面の中心部）にガセットプレートが配置された。

上述のように配置されたガセットプレートベースプレートに隅肉溶接して面外ガセット溶接継手の試験体を作製した。なお、ベースプレートの上面のガセットプレートと同様のガセットプレートを、ベースプレートの下面にも設けた（図示せず）。この下面のガセットプレートの位置は、上面のガセットプレートの位置と同様の位置であった。面外ガセット溶接継手の試験体を20体製作し、これら20体のうち、16体については、ガセットプレートに切り欠き部を設けた。さらに、これら16体のうち、2体については、ベースプレートと同鋼種であり、他の14体のガセットプレートよりも板厚が厚い鋼板（板厚20mm×幅50mm×長さ100mm）をガセットプレートとして用いた。また、切欠き部をガセットプレートに形成しない4体の試験体は、図7Bに示すように、従来例の面外ガセット溶接継手試験体である。

[0037] 上記の試験体のうち、16体の試験体については、ガセットプレートの長手方向の両端のベースプレート側のコーナー部を一部切り欠いて、切欠き部4を形成した。このとき、＜2＞式を満足するように切欠き高さ a と予定脚長 d_2 とを決定すると共に、切欠き角度 θ （ベースプレートの表面とガセットプレートの切欠き面とがなす角度）を25～80°まで変化させて、切欠き長さ x を変えた。

なお、ガセットプレート側の予定脚長 d_2 及びベースプレート側の予定脚長 d_1 は、溶接設計基準などに基づいてそれぞれ設定した。

上記試験体は、いずれも、溶接ワイヤとしてYGW-11（JIS Z 3321：ワイヤ径1.4mm）を用いた炭酸ガス半自動溶接（GMAW：電圧35V、電流350A、速度3mm/sec、ガス組成CO₂100%）によって溶接した。

また、ガセットプレート側の脚長 d_2' は、ガセットプレートの板厚 t_2 の1/4以上3/4以下であった。また、ベースプレート側の脚長 d_1' は、1体の試験体を除き、ガセットプレート側の脚長 d_2' とほぼ同等の長さであった。これらの脚長 d_1' 、 d_2' は、1体の試験体を除き、それぞれベースプ

レート側の予定脚長 d_1 、ガセットプレート側の予定脚長 d_2 以上であった。

[0038] このようにして製作した面外ガセット溶接継手の試験体の回し溶接部のベースプレート側の溶接止端部に、超音波衝撃処理装置によりUIT処理を施し、打撃処理痕を形成した。この超音波衝撃処理装置の振動端子（ピン）の先端の軸方向断面の曲率半径が1.0～10.0mmであった。また、UIT処理の条件は、27kHzの振動数、1kWの仕事率であった。さらに、回し溶接部のベースプレート側の溶接止端部の近傍には、曲率半径 r が1.0～10.0mm、表面深さ f が1.0mm以下の打撃処理痕が形成された。なお、比較のため、上記20体の試験体のうち2体については、UIT処理を施さなかった。

最終的に作製された面外ガセット溶接継手の試験体のすべてについて、疲労試験を行った。この疲労試験では、100MPaの応力振幅及び0.1の応力比の条件における破断までの繰り返し回数を測定した。

また、疲労試験の後、ガセットプレートの板厚のほぼ中心を長手方向に沿って切断し、断面観察用試料を作製した。この試料（試験体）の長手方向の両端部の回し溶接部近傍をナイタールで腐食し、溶け込み長さ（溶接金属の侵入長さ） x' と、脚長 d_1' 、 d_2' と、のど厚 t とを測定した。また、溶接止端部の打撃処理部の形状を観察した。

その結果を表1に示す。

なお、表1の脚長 d_1' 、 d_2' 及びのど厚 t は、回し溶接部が形成された各位置（4ヶ所）の平均値である。すなわち、脚長 d_1' 、 d_2' 及びのど厚 t には、ガセットプレートの長手方向の両端部の回し溶接部及びベースプレートの両面の回し溶接部を考慮している。疲労特性（破断までの繰り返し回数）は、各試験体の値である。

[0039]

[表1]

No.	ガセット プレート 板厚 t (mm)	予定脚長		切欠き部	切欠き 長さ x (mm)	UIF	脚長		溶け 込み 長さ x' (mm)	溶け 込み 角度 θ' (°)	$x+d'$	$d_0/\sin\theta'$	のど 厚 (mm)	破断 までの 回数 (万回)	備考
		d_1 (mm)	d_0 (mm)	切欠き 角度 θ (°)	切欠き 高さ a (mm)		d_1' (mm)	d_0' (mm)							
1	14	6	6	なし	—	なし	6.2	6.1	0.6	84	6.8	6.1	4.2	30	従来例
2	14	6	6	なし	—	あり	6.3	6.3	0.7	84	7.0	6.3	4.2	132	従来例
3	14	6	6	あり	6	あり	6.4	6	6.5	43	12.9	8.8	8.5	≥ 500	
4	14	6	6	あり	6	あり	6.3	6.1	4.5	54	10.8	7.5	6.8	430	
5	14	6	6	あり	6	あり	6.2	6.3	1.2	79	7.4	6.4	5.2	290	
6	14	10	10	あり	10	なし	10.4	10.2	10.5	44	20.9	14.7	14.4	30	
7	14	10	10	あり	10	あり	10.5	10.1	10.5	44	21.0	14.5	14.4	≥ 500	
8	14	4	4	なし	—	あり	4.2	4	0.5	83	4.7	4.0	2.8	71	従来例
9	14	4	4	あり	4	あり	4.1	4	4.5	42	8.6	6.0	5.5	170	
10	14	4	4	あり	4	あり	4.3	4.1	4.4	43	8.7	6.0	3.4	100	
11	20	6	6	なし	—	あり	6.4	6.2	5.5	44	12.9	8.9	4.2	102	従来例
12	20	6	6	あり	6	あり	6.4	6.2	6.5	44	12.9	8.9	8.5	180	
13	14	6	6	あり	6	あり	6.4	6	6.6	42	13.0	9.0	8	450	
14	14	6	6	あり	6	あり	6.2	6.3	1.7	75	7.9	6.5	5.2	400	
15	14	6	6	あり	6	あり	6.4	6	8	37	14.4	10.0	8.5	≥ 500	
16	14	6	6	あり	6	あり	1.4	6.3	6.5	43	7.9	9.2	7.3	230	
17	14	6	6	あり	6	あり	2.8	6.3	6.5	43	9.3	9.2	7.7	410	
18	14	6	6	あり	6	あり	6.3	10	4.5	66	10.8	10.9	9.1	250	
19	14	6	6	あり	7	あり	5.4	6	7.5	43°	12.9	8.8	8.5	230	
20	14	6	6	あり	6	あり	6.4	6	8.5	35	14.9	10.5	8	440	

[0040] U I T処理を施したNo. 2～5、7～20の試験体には、いずれも曲率半径 r が1.0～10.0mm、鋼材表面からベースプレートの厚さ方向への深さ f が1.0mm以下の打撃処理痕が溶接止端部に形成され、溶接止端部の形状は曲線的であった。

表1に示されるように、ガセットプレートに切欠き部を設けない場合には、U I T処理を施さなかった従来例であるNo. 1の試験片は、U I T処理

が施された従来例であるN o. 2の試験片に比べて疲労特性が劣っていた。この比較によって、U I T処理による疲労特性の改善が確認された。また、N o. 6の試験片では、ガセットプレートに十分な切り欠き部が設けられ、溶接継手の各寸法（例えば、脚長 d_1' 、 d_2' ）が<1>式を満たしていたが、U I T処理が施されなかった。そのため、破断までの繰り返し回数が30万回前後であった。この繰り返し回数は、U I Tを施さないN o. 1の試験体と同じレベルである。このように、切欠き部を形成し、脚長 d_1' 、 d_2' を確保した場合であっても、のど厚の拡大による疲労特性の改善効果が発揮されなかった。

N o. 8及びN o. 11の試験体では、ガセットプレートに切欠き部を設けず、溶接継手の各寸法が<1>式を満たさなかった。更には、ガセットプレート側の脚長 d_2' も十分ではなかった。そのため、U I T処理を施したにもかかわらず、溶接継手の疲労特性を向上させることができなかった。

また、N o. 9、10及び12の試験体では、ガセットプレートに切り欠き部を設けていたが、ガセットプレート側の脚長 d_2' が上記<11>式を満たさなかった。そのため、溶接継手の疲労特性を向上させることができなかった。

[0041] N o. 11及び12の試験体では、ガセットプレートの板厚 t_2 に対して脚長 d_2' が短いため、ガセットプレートの板厚 t_2 に応じたのど厚を得ることができなかった。そのため、のど厚部での応力が高くなり、溶接金属が破断し、N o. 11及び12の試験体のいずれも寿命があまり長くなかった。

上記の試験体に対して、十分な寸法を有する切欠き部をガセットプレートに形成して、隅肉溶接部の寸法（例えば、上記<1>式）の条件を満たすように隅肉溶接し、U I T処理を施したN o. 3及び4の試験体では、表1に示すように溶接継手の疲労特性が格段に向上していることが判る。

N o. 13の試験体では、N o. 3の試験体よりも切り欠き角度 θ が小さく、初期の切り欠き角度 θ が 45° より小さい。したがって、溶接ルート部への溶け込みを十分確保するために溶接時間を長くした。その結果、最終的

な溶け込み量を十分確保することができ、溶け込み長さ x' が $<1>$ 式を満たしており、疲労特性を向上させる効果が見られた。なお、切り欠き角度 θ が小さい場合には、溶接ルート部への溶け込みを確保するために高い溶接技量と時間とを要する。そのため、切り欠き角度 θ を適切な範囲に設定することが工業的に好ましい。

N o. 5 の試験体では、十分な寸法の切欠き部及び隅肉溶接部を有している。そのため、ガセットプレートに切欠き部を形成しない N o. 2 の試験体に比べ、溶接継手の疲労特性が改善した。

N o. 14 の試験体では、N o. 13 の試験体とは異なり、切り欠き角度 θ が 75° を超えている。この試験体では、最終的に溶接により十分に切り欠き部を溶け込ませた。この場合、溶け込み角度 θ' が 75° であり、隅肉溶接部の寸法が上記 $<1>$ 式を満たしていた。その結果、溶接継手の疲労寿命の延長効果が見られた。また、N o. 14 の試験体の溶け込み角度 θ' が N o. 5 の試験体に比べて小さいため、N o. 14 の試験体の疲労特性は、N o. 5 の試験体よりも高かった。

N o. 15 の試験体では、溶け込み角度 θ' が 45° より小さく、疲労寿命の延長が見られた。N o. 13 の試験体と同様に、溶け込み角度 θ' が小さければ小さいほど良いが、上述のように現実的な溶接による溶け込み量を考慮すると 30° 以上であることが好ましい。

N o. 16 及び 17 の試験体は、ベースプレート側の脚長 d_1' が比較的小さい例である。N o. 16 の試験体では、隅肉溶接部の寸法が $<1>$ 式を満たさないため溶接止端部の応力集中が大きくなり、疲労寿命の延長効果が得られなかった。一方、N o. 17 の試験体では、隅肉溶接部の寸法が $<1>$ 式を満たしており、溶接継手の疲労特性を向上させる効果が認められた。

また、N o. 18 の試験体は、溶け込み長さ x' が比較的小さい例である。この試験体では、隅肉溶接部の寸法が $<1>$ 式を満たさないため溶接止端部の応力集中が大きくなり、疲労寿命の延長効果が得られなかった。

N o. 19 の試験体は、切欠き高さ a が予定脚長 d_2 及び脚長 d_2' よりも

大きい例である。この試験体では、ガセットプレート側の回し溶接部に溶接金属で覆われない切欠き部が残り、ガセットプレート側の溶接止端部 7' から亀裂が発生し、十分な疲労特性が得られなかった。なお、N o. 19 の試験体では、溶け込み角度 θ' (表 1 中の符号*) を定義することができないため、溶接止端部 7' の代わりに位置 A を使用して溶け込み角度 θ' を評価した。

N o. 20 の試験体では、N o. 3 及び N o. 13 の試験体よりも切り欠き角度 θ が小さい例である。この試験体では、切り欠き部の先端まで十分な溶け込みを確保することができなかった。しかしながら、溶け込み長さ x' が $< 1 >$ 式を満たしており、疲労特性を向上させる効果が見られた。なお、N o. 3 及び N o. 13 の試験体では、N o. 20 の試験体よりも溶接作業の負担が小さく、容易に溶接ルート部への溶け込みを確保することができた。そのため、切り欠き角度 θ を適切な範囲に設定することが工業的に好ましい。

これらの結果から、上記条件を満たす溶接継手を作製することにより、溶接継手の疲労特性を大幅に向上させることができることが確認された。

産業上の利用可能性

[0042] 本発明によれば、面外ガセットの溶接継手において、効率的に溶接ルート部の溶け込みを深くし、のど厚を大きくすることができるので、溶接ルート部における応力の集中を緩和することができる。したがって、ショットピーニングや U I T 処理のような打撃処理によって溶接止端部の疲労特性を向上させる効果を十分に生かして、面外ガセット溶接継手全体の疲労特性を一層向上させることができる。

符号の説明

- [0043]
- 1 面外ガセット溶接継手 (溶接継手)
 - 2 ベースプレート (鋼板)
 - 3 ガセットプレート (鋼板)
 - 4 ガセットプレートの切欠き部 (切欠き部)

- 5 溶接金属
- 6 溶融線（フュージョンライン）
- 7 溶接止端部（ベースプレート側の溶接止端部）
- 7' 溶接止端部（ガセットプレート側の溶接止端部）
- 8 溶接ルート部
- 9 隅肉溶接部
- 10 回し溶接部
- 11 打撃処理痕（超音波衝撃痕）
- 12 超音波衝撃処理装置（打撃処理装置）
- 13 溶接ルート部から最短距離にある溶接金属表面の位置
- A ガセットプレートの切欠き部の高さ方向端部の位置
- B ガセットプレートの切欠き部の長手方向端部の位置
- C 切欠き部を形成する前のガセットプレートの長手方向端部（コーナー）
- C' ガセットプレート側の溶接止端部からベースプレートに下した垂線とベースプレートの表面との交点
- C' ' ガセットプレートの切り欠き位置 A からベースプレートに下した垂線とベースプレートの表面との交点
- S ガセットプレートの切り欠き面
- a 切欠き部の高さ（mm）
- x 切欠き部の長さ（mm）（切欠き部を形成する前のガセットプレートのベースプレート側端部 C から、切欠きを形成した後のガセットプレートのベースプレート側端部 B までの長さ）
- x' 溶け込み長さ（mm）（ガセットプレート側の溶接止端部からベースプレートに下した垂線とベースプレートの表面との交点から溶接ルート部までの長さ）
- θ 切欠き角度（°）（ベースプレートの表面と切欠き面 S との間の角度）

θ' 溶け込み角度 ($^{\circ}$) (ガセットプレート側の溶接止端部と溶接ルート部とを結ぶ線と、ガセットプレート側の溶接止端部からベースプレートに下した垂線とベースプレートの表面との交点を結ぶ線とがなす角度)

d_1 ベースプレート側の予定脚長 (mm)

d_2 ガセットプレート側の予定脚長 (mm)

d_1' ベースプレート側の脚長 (mm)

d_2' ガセットプレート側の脚長 (mm)

f 打撃処理痕の深さ (mm)

r 打撃処理痕の曲率半径 (mm)

t のど厚

請求の範囲

[請求項1] ベースプレートと、このベースプレートの表面から突出するガセットプレートと隅肉溶接部とを備える面外ガセット溶接継手の製作方法であって、

前記ガセットプレートの長手方向の端部の板幅方向の一端を板幅 w の方向に切欠いて、切欠き高さ a と切欠き長さ x と 80° 以下の切欠き角度 θ とを有する切欠き部を形成し；

前記切欠き部を有する前記ガセットプレートの前記板幅 w の方向の端面と前記ベースプレートの表面とが対向するように前記ガセットプレートを配置し、前記ガセットプレート側の予定脚長 d_2 が前記切欠き高さ a 以上になるように隅肉溶接を行って、前記ガセットプレート側の脚長 d_2' が、前記ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上であり、かつこの脚長 d_2' と前記ベースプレート側の脚長 d_1' と溶け込み長さ x' と溶け込み角度 θ' とが $x' + d_1' > d_2' / \sin \theta'$ を満足する前記隅肉溶接部を形成し；

前記隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の前記ベースプレート側の溶接止端部に打撃処理を施す；

ことを特徴とする面外ガセット溶接継手の製作方法。

[請求項2] 前記切欠き角度 θ が、 45° 以上 75° 以下であることを特徴とする請求項1に記載の面外ガセット溶接継手の製作方法。

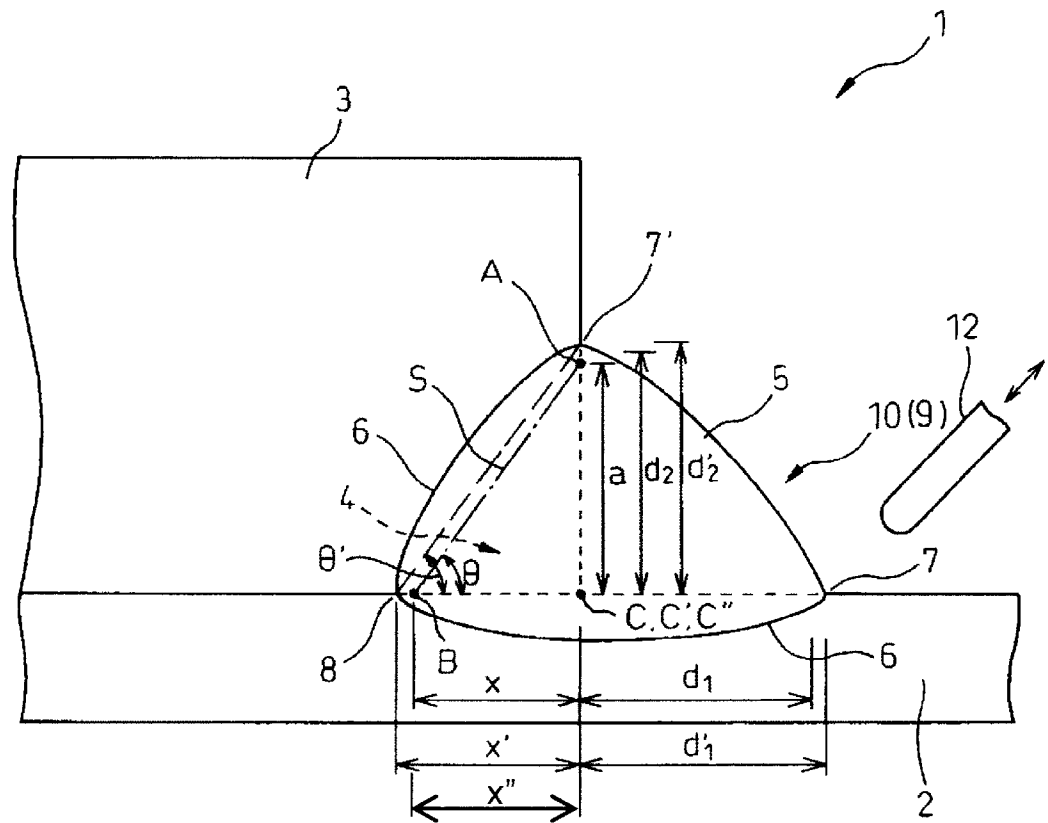
[請求項3] ベースプレートと、このベースプレートの表面から突出するガセットプレートと、隅肉溶接部とを備える面外ガセット溶接継手であって、

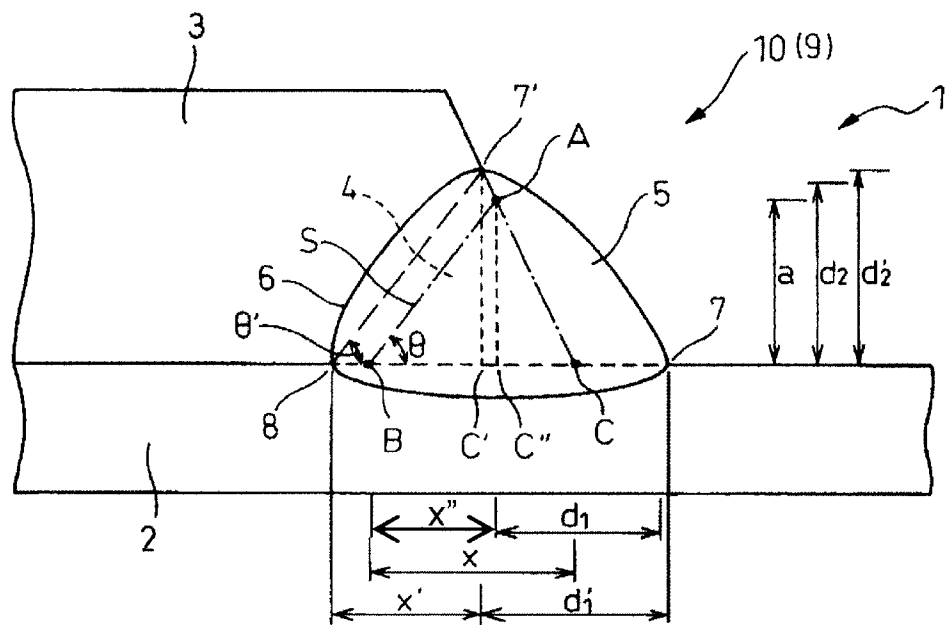
前記隅肉溶接部では、前記ガセットプレート側の脚長 d_2' が、前記ガセットプレートの板厚 t_2 の $1/3$ 以上であり、かつこの脚長 d_2' と前記ベースプレート側の脚長 d_1' と溶け込み長さ x' と溶け込み角度 θ' とが、 $x' + d_1' > d_2' / \sin \theta'$ を満足し、かつ、前記隅肉溶接部のうち、少なくとも回し溶接部の前記ベースプレ

一ト側の溶接止端部に打撃処理痕が形成されている
ことを特徴とする面外ガセット溶接継手。

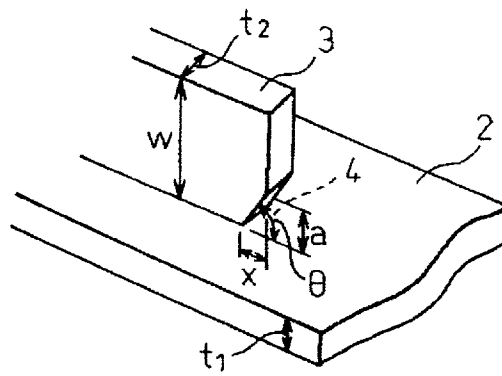
[請求項4] 前記溶け込み角度 θ' が 30° 以上 75° 以下であることを特徴とする請求項3に記載の面外ガセット溶接継手。

[図1]

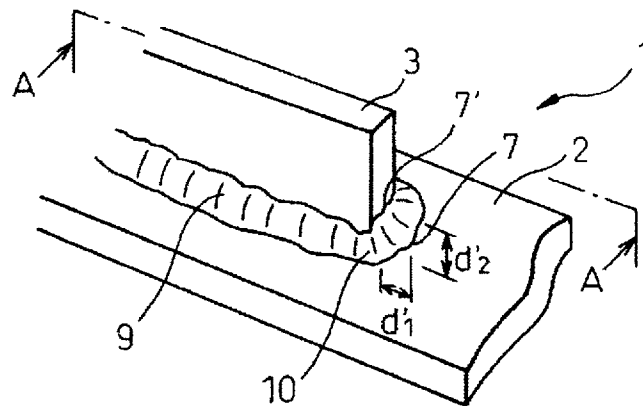




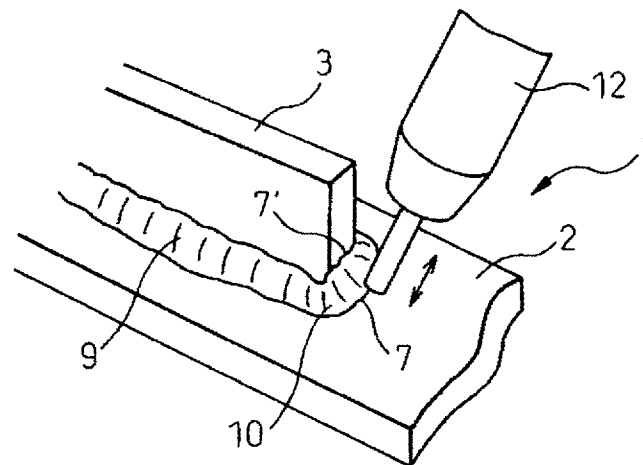
[図4A]



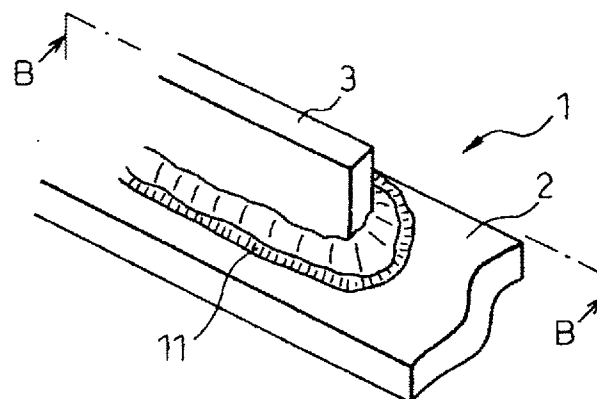
[図4B]



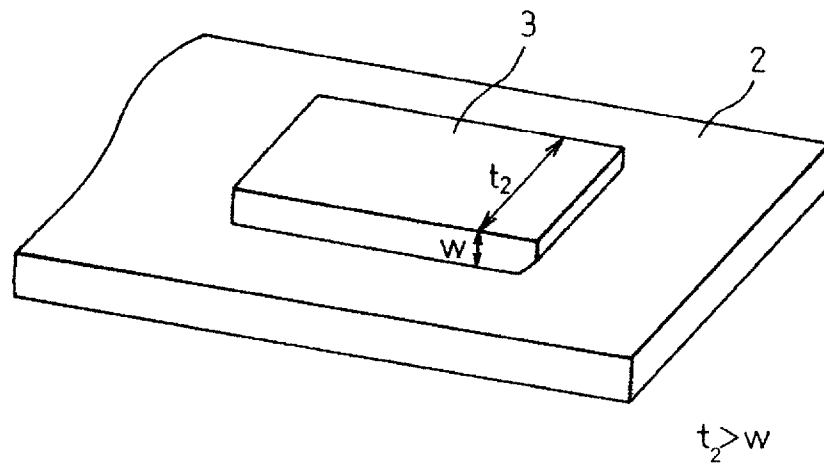
[図4C]



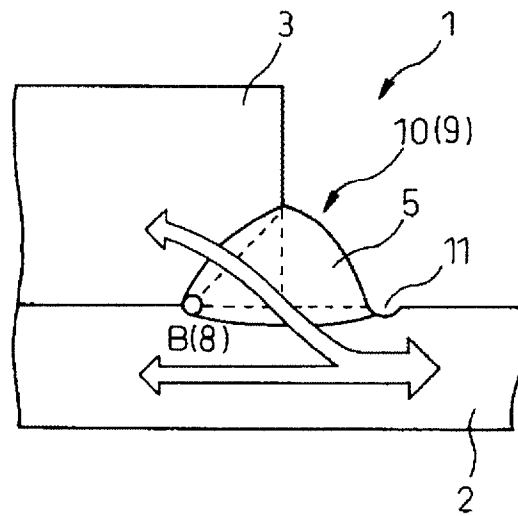
[図4D]



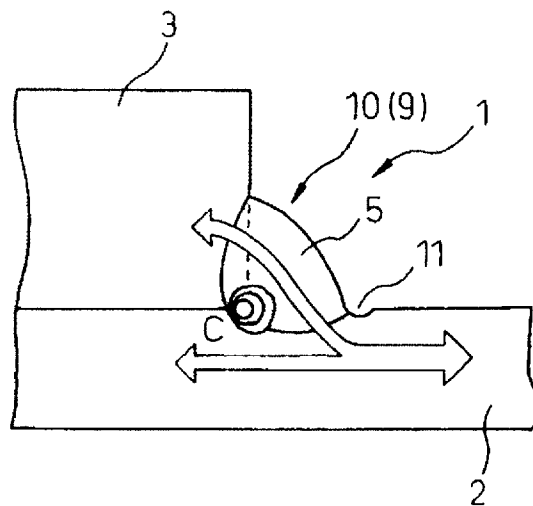
[図5]



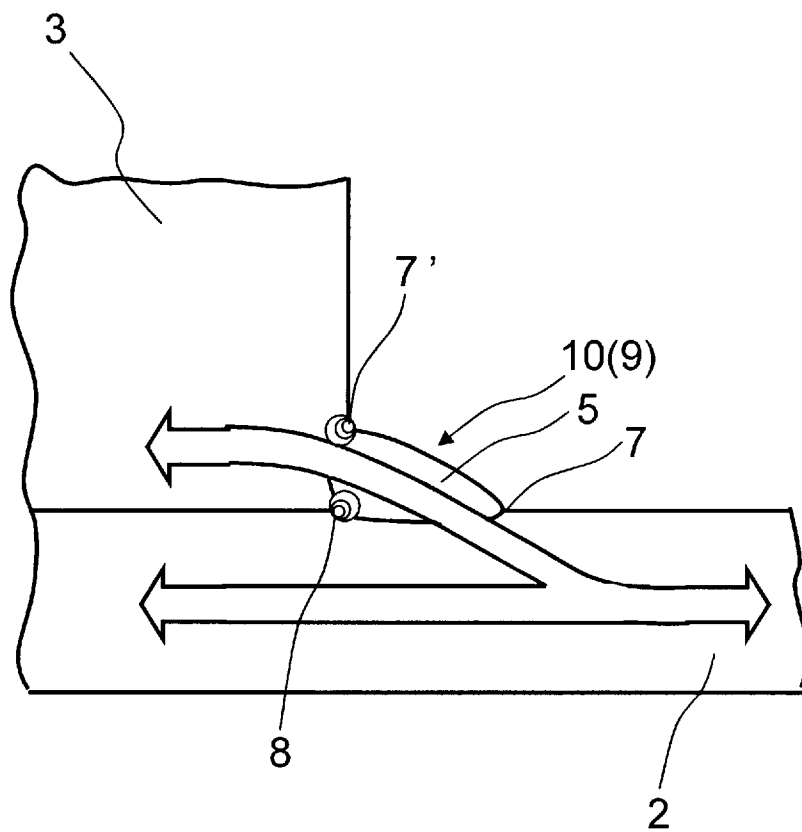
[図6A]



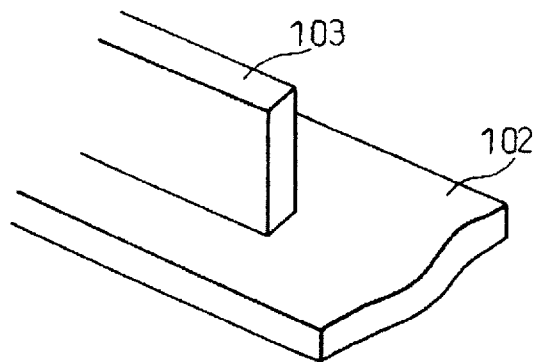
[図6B]



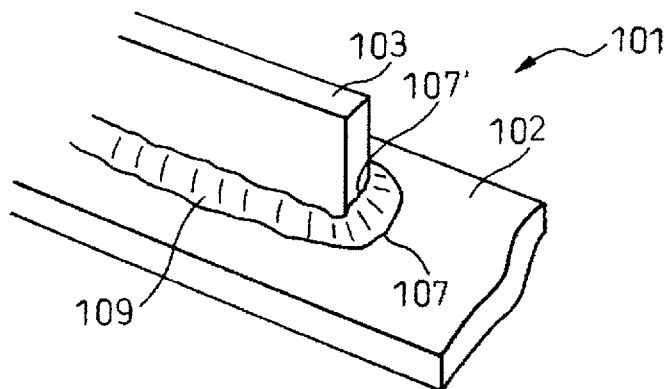
[図6C]



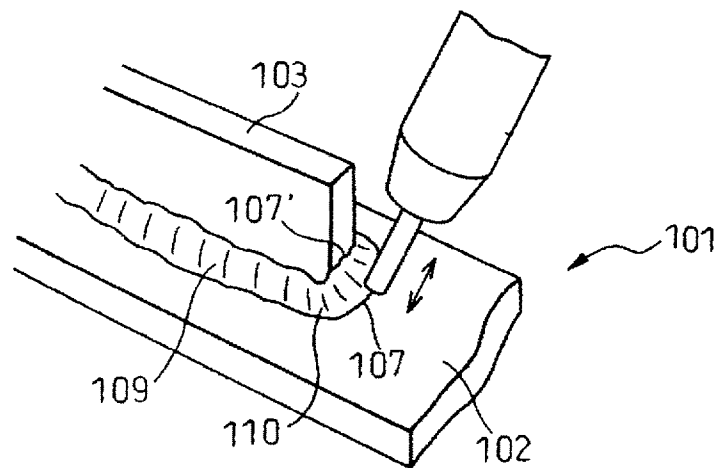
[図7A]



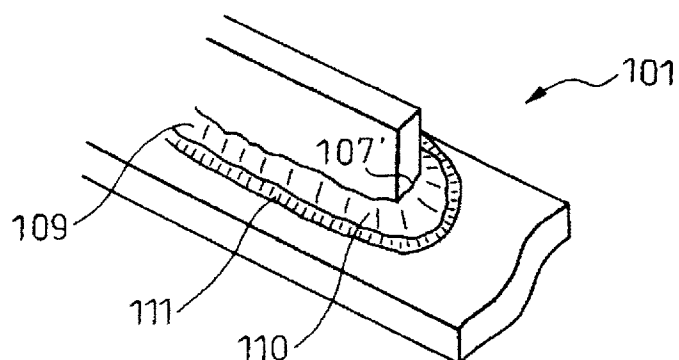
[図7B]



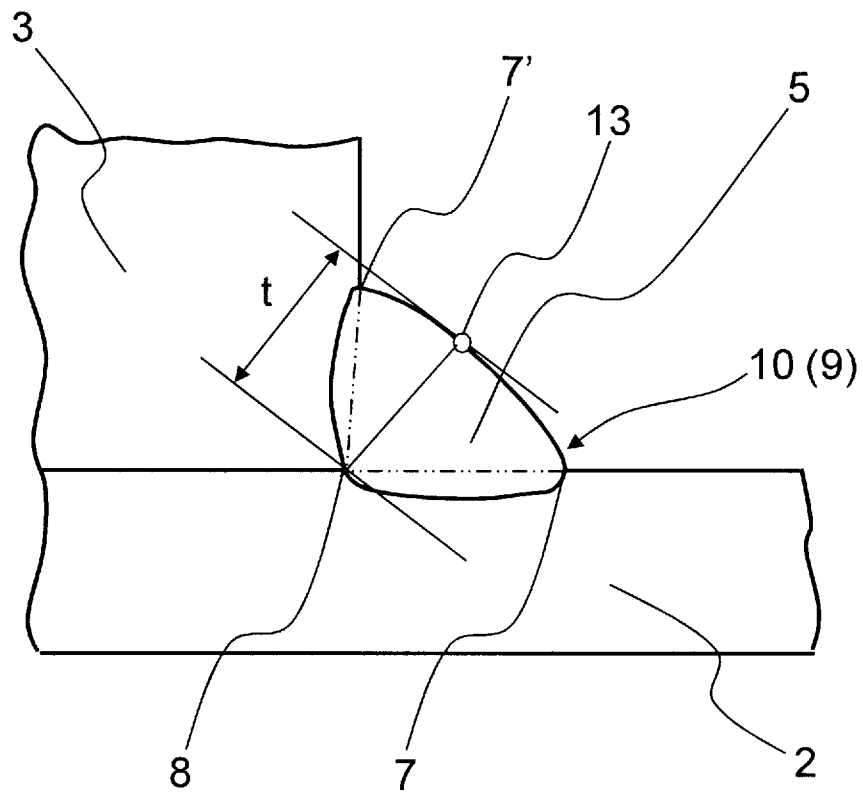
[図7C]



[図7D]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K9/02 (2006.01) i, B23K31/00 (2006.01) i, B23K33/00 (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)

B23K9/02, B23K31/00, B23K33/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
Y	JP 2002-144082 A (Nippon Steel Corp.), 21 May 2002 (21.05.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
Y	JP 2008-55448 A (Komatsu Ltd.), 13 March 2008 (13.03.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
Y	JP 2009-34721 A (Nippon Steel Corp.), 19 February 2009 (19.02.2009), 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
08 November, 2010 (08.11.10)

Date of mailing of the international search report
22 November, 2010 (22.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/064240

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-21717 A (Kawasaki Steel Corp.), 24 January 1992 (24.01.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 8-276889 A (NKK Corp.), 22 October 1996 (22.10.1996), paragraph [0026]; fig. 7 (Family: none)	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. B23K9/02(2006.01)i, B23K31/00(2006.01)i, B23K33/00(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. B23K9/02, B23K31/00, B23K33/00			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
Y	JP 2002-144082 A（新日本製鐵株式会社）2002.05.21, 全文, 全図（ファミリーなし）		1 - 4
Y	JP 2008-55448 A（株式会社小松製作所）2008.03.13, 全文, 全図（ファミリーなし）		1 - 4
Y	JP 2009-34721 A（新日本製鐵株式会社）2009.02.19, 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 0 8 . 1 1 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 2 2 . 1 1 . 2 0 1 0	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4	3 P 9 1 4 7

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
Y	JP 4-21717 A (川崎製鉄株式会社) 1992.01.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 8-276889 A (日本鋼管株式会社) 1996.10.22, 段落【0026】, 図7 (ファミリーなし)	1 - 4