

(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  
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/159169 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23K 11/34 (2006.01) B23K 11/16 (2006.01)  
B23K 11/11 (2006.01) B23K 26/36 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060541
- (22) 国際出願日: 2016年3月30日(30.03.2016)
- (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 2015-069553 2015年3月30日(30.03.2015) JP  
特願 2016-022066 2016年2月8日(08.02.2016) JP  
特願 2016-048893 2016年3月11日(11.03.2016) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮▲崎▼ 康信(MIYAZAKI, Yasunobu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 渡辺 史徳(WATANABE, Fuminori); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会

社内 Tokyo (JP). 若林 千智(WAKABAYASHI, Chisato); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 林邦夫(HAYASHI, Kunio); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 川田 裕之(KAWATA, Hiroyuki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 古迫 誠司(FURUSAKO, Seiji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 松井 翔(MATSUI, Sho); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

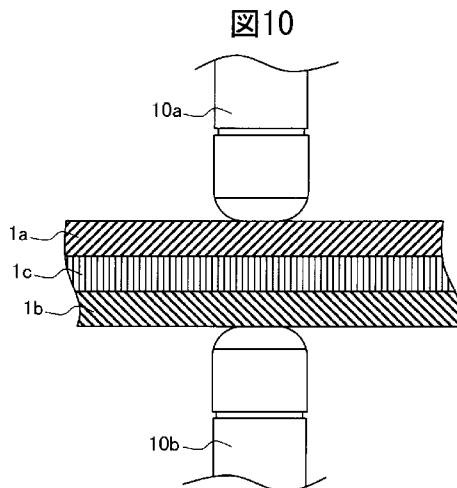
(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR SPOT WELDING OF PLATED STEEL SHEET

(54) 発明の名称: めっき鋼板のスポット溶接方法



(57) Abstract: Provided is a spot welding method with which liquid metal embrittlement cracking during spot welding of a plated steel sheet can be easily prevented, wherein the method is characterized in that, prior to spot welding, the plating is removed in at least: a range which is centered at the planned location where the center of the nugget is to be formed, the outer perimeter of the range including the interior of a circle inside the outside edge of the weld-affected part; or, from a superposition surface of the welded steel sheet, a range which has a center in common with the planned location at which the center of the nugget formed on the superposition surface of the welded steel sheet is to be formed, the outer perimeter of the range including the interior of a circle inside the outside edge of the weld-affected part.

(57) 要約: めっき鋼板のスポット溶接における液体金属脆化割れを簡便に防止できるスポット溶接方法であって、スポット溶接の前に、少なくとも、ナゲットの中心が形成される予定箇所を中心とし、外周が溶接影響部外縁の内側の円内を含む範囲、あるいは、溶接される鋼板の重ね合わせ面であって、鋼板の重ね合わせ面に形成されるナゲットの中心となる予定の位置と中心を共有し、外周が溶接影響部外縁でありの内側の円内を含む範囲のめっきを除去することを特徴とする。



WO 2016/159169 A1



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：めっき鋼板のスポット溶接方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、めっき鋼板を含む複数枚の鋼板のスポット溶接方法に関し、特に、自動車用の亜鉛系めっき高強度鋼板を含む複数枚の鋼板に好適なスポット溶接方法に関するものである。

### 背景技術

[0002] 近年、自動車分野では、低燃費化やCO<sub>2</sub>排出量の削減のため、車体を軽量化することや、衝突安全性の向上のため、車体部材を高強度化することが求められている。これらの要求を満たすためには、車体部材や各種部品などに高強度鋼板を使用することが有効である。

[0003] また、車体の高防錆化の観点から、部材を耐食性に優れた鋼板で構成する必要がある。亜鉛系めっき鋼板は、耐食性が良好であることが幅広く知られている。軽量化や高強度化の観点から、自動車用として用いられる亜鉛系めっき鋼板においては、めっき原板に高強度鋼板を用いた亜鉛系めっき高強度鋼板が使用されている。

[0004] 自動車の車体の組立や部品の取付けなどでは、主として、スポット溶接が使われている。亜鉛系めっき高強度鋼板にスポット溶接を行うと、スポット溶接用の電極と接する鋼板の外側面から板厚方向に割れが発生することがある。

[0005] 図1は、亜鉛系めっき高強度鋼板にスポット溶接を行った場合のスポット溶接箇所の割れの概略を示す。図1は、板厚方向の断面である。亜鉛系めっき高強度鋼板1にスポット溶接を行うと、電極と接する鋼板1の表面から熔融凝固部2（ナゲット）に向かって進展する割れ3（以下「電極直下部割れ」という）や、鋼板1の電極の肩部と接触する箇所から熱影響部4に進展する割れ5（以下「肩部割れ」という）、電極と鋼板1が接触する箇所の外側から熱影響部4に進展する割れ6（以下「電極外側割れ」という）が発生す

ることが知られている。

[0006] 以下、特に区別する必要がない場合、「電極直下部割れ」、「肩部割れ」及び「電極外側割れ」を合わせて、「外割れ」という。また、「肩部割れ」及び「電極外側割れ」を合わせて、「溶接部外周近傍の割れ」という。

[0007] これらの割れは、いわゆる液体金属脆性に起因する割れであるといわれている。すなわち、電極加圧力や鋼板の熱膨張、収縮による引張応力が溶接箇所に加わることにより、溶融した亜鉛めっき金属が鋼板の結晶粒界に侵入して粒界強度を低下させて引き起こされるといわれている。

[0008] 自動車車体では、溶接箇所の割れが著しいと継手の強度が低下する。溶接箇所の割れを、鋼板の成分組成や組織を制御する方法により抑制する技術が知られている。

[0009] 例えば、特許文献1は、鋼板の成分組成を調整し、スポット溶接時に生成されるオーステナイト相を微細な結晶粒にして、他の相の結晶粒と複雑に入り組んだ金属組織を有するものとする事で、結晶粒界への溶融亜鉛の拡散侵入経路を複雑にして溶融亜鉛が侵入し難くし、溶接時の液体金属脆化割れを防止することを開示している。

[0010] また、特許文献2は、鋼板の組織制御によって結晶粒界を複雑化するだけでは、溶接箇所の割れ発生を十分に抑制できないことがあると教示しており、鋼板の成分組成を調整し、熱間圧延鋼板の粒界酸化深さを5  $\mu$ m以下とし、合金化溶融亜鉛めっき処理前の冷間圧延鋼板にFe系電気めっき処理を行うことによって、合金化溶融亜鉛めっき鋼板の粒界侵食深さを5  $\mu$ m以下にすることで、合金化溶融亜鉛めっき鋼板の溶接箇所における割れの発生を抑制することを開示している。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0011] 特許文献1：特開2006-265671号公報

特許文献2：特開2008-231493号公報

特許文献3：特開平05-277552号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0012] このように、鋼板と電極との接触箇所での割れの対策は検討されている。しかしながら、一部の亜鉛系めっき鋼板のスポット溶接継手において、又は一部の非めっき鋼板と亜鉛系めっき鋼板のスポット溶接継手において、依然として、鋼板と電極との接触箇所での割れが発生することや、割れが発生しない場合でも所望の引張強度が得られないことがある。
- [0013] 本発明者らは、鋼板と電極との接触箇所での割れが発生しない場合で所望の引張強度が得られない理由について調査した。図2及び図3は、スポット溶接個所での割れの概略であり、ナゲットを含む板厚方向の断面を示す。
- [0014] 図2に示すように、所望の引張強度が得られないスポット溶接継手には、鋼板の重ね合わせ面のコロナボンド直外に割れ7や、コロナボンドのナゲット際に割れ8が生じていることがあった。
- [0015] また、図3に示すように、所望の引張強度が得られない3枚以上の鋼板のスポット溶接継手には、コロナボンドからナゲット内に進展したナゲット内の割れ9が生じていることがあった。
- [0016] 以下、区別する必要がない場合、コロナボンド直外の割れ、コロナボンドのナゲット際の割れ、及びナゲット内の割れを「内割れ」と総称する。
- [0017] このような鋼板の重ね合わせ面の割れや、前述の鋼板と電極との接触箇所での割れは、亜鉛系めっき高強度鋼板にスポット溶接を行う際に、決まって発生するものではない。そのため、該割れが発生する場合において、簡便な方法により割れを防止することが望まれている。
- [0018] 本発明は、このような実情に鑑み、めっき鋼板のスポット溶接における液体金属脆化割れを簡便に防止できるスポット溶接方法を提供することを課題とする。

### 課題を解決するための手段

- [0019] 本発明者らは、溶接箇所の液体金属脆化割れの発生因子との関係について調査したところ、次の(a)～(g)の場合などに発生しやすいことを知見

した。

- [0020] (a) 軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^{\circ}$ 以上となる角度を付けて溶接する場合。
- [0021] (b) 軸芯が鋼板の表面に対して垂直から $5^{\circ}$ 以上となっている角度付き電極を使用して溶接する場合
- [0022] (c) 溶接中に軸芯が鋼板の表面に対して垂直から $3^{\circ}$ 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合
- [0023] (d) 対向する溶接電極の軸芯の相対的なズレが $0.5\text{ mm}$ 以上生じたまま溶接する場合
- [0024] (e) 重ね合わせ面に $0.5\text{ mm}$ 以上の隙間を有する溶接箇所を溶接する場合
- [0025] (f) 鋼板に対する固定側の溶接電極の加圧方向の位置が $0.2\text{ mm}$ 以上のクリアランスを有するまま溶接する場合
- [0026] (g) 強度比が $2.5$ 倍を超える鋼板を含む板組を溶接する場合
- [0027] 本発明者らは、このような場合、溶接過程において、割れ発生位置に、引張応力が高くなる箇所が生じ、該箇所の鋼板の結晶粒界に、溶融しためっき金属が侵入し、割れを発生させていると考えた。
- [0028] 本発明者らは、液体金属脆化割れを防止する手段について検討した。その結果、実際のスポット溶接前に、少なくとも電極と接触する側の表面にある、溶接熱影響部の内側の領域に被覆されためっきを除去することで、外割れを防止すること、また、少なくとも鋼板の重ね合わせ面の両側に被覆されためっきで、外周が熱影響部外縁であり、内周がナゲット直径の $0.8$ 倍である範囲からなる円環（リング）状の領域に被覆されためっきを除去することで、鋼板の重ね合わせ面の内割れを防止することに着想し、発明を完成させた。
- [0029] 本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨とするところは以下の通りである。
- [0030] (1) 少なくとも一方の表面の溶接箇所にめっきが被覆された鋼板を1枚

以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、

スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、

上記めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、少なくとも、外周が重ね合わされた複数の鋼板の溶接電極側に形成される溶接熱影響部外縁となる円内とすることを特徴とするスポット溶接方法。

[0031] (2) スポット溶接後に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラを塗布することを特徴とする前記(1)のスポット溶接方法。

[0032] (3) めっきを除去する前にテストスポット溶接を行い、溶接箇所の割れの発生の有無を確認し、重ね合わされた複数の鋼板の溶接電極側の割れを確認したときに、割れの確認された鋼板表面のめっきを除去することを特徴とする前記(1)又は(2)のスポット溶接方法。

[0033] (4) 少なくとも一方の表面の溶接箇所にめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、

スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、

めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、

外周が重ね合わされた複数の鋼板の重ね合わせ面に形成される溶接熱影響部外縁の広いほうとなる円内とすることを特徴とするスポット溶接方法。

[0034] (5) 少なくとも一方の表面の溶接箇所にめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、

スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、

めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、

外周が重ね合わされた複数の鋼板の重ね合わせ面に形成される溶接熱影響部外縁の広いほうであり、

内周が上記鋼板の重ね合わせ面に形成されるナゲットの中心となる予定の位置と中心を共有し、ナゲット直径の0.8倍である直径を有する円である円

環内とすることを特徴とするスポット溶接方法。

- [0035] (6) スポット溶接前に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラ又は接着剤を塗布することを特徴とする前記(4)～(6)のいずれかのスポット溶接方法。
- [0036] (7) めっきを除去する前にテストスポット溶接を行い、溶接箇所割れの発生の有無を確認し、重ね合わされた複数の鋼板の割れを確認したときに、割れの確認された鋼板の割れの発生した表面と重ね合わされた鋼板の重ね合わされた面にあるめっきを除去することを特徴とする前記(4)又は(5)又は(6)のスポット溶接方法。
- [0037] (8) 前記スポット溶接が、(a) 溶接電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^{\circ}$ 以上となる角度を付けて溶接する場合、(b) 溶接電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $5^{\circ}$ 以上となっている角度付き電極を使用して溶接する場合、(c) 溶接中に電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^{\circ}$ 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合、(d) 対向する溶接電極の軸心の相対的なズレが $0.5\text{ mm}$ 以上生じた状態で溶接する場合、(e) 重ね合わせ面の隙間が $0.5\text{ mm}$ 以上有する溶接箇所を溶接する場合、(f) 鋼板に対する固定側の溶接電極の加圧方向の位置が $0.2\text{ mm}$ 以上のクリアランスを有するまま溶接する場合、及び(g) 強度比が $2.5$ 倍を超える鋼板を含む板組を溶接する場合のいずれか1以上を含む条件下で行われる場合にテストスポット溶接を行うことを特徴とする前記(3)又は(7)のスポット溶接方法。
- [0038] (9) 前記テストスポット溶接において、割れの発生が確認されなかった鋼板のめっきも除去することを特徴とする前記(3)、(7)、又は(8)のスポット溶接方法。
- [0039] (10) めっきの除去を、機械的除去、及び、蒸発除去の少なくとも一方法で行うことを特徴とする前記(1)～(9)のいずれか1項のスポット溶接方法。
- [0040] (11) 前記めっきが亜鉛系めっきであることを特徴とする前記(1)～



(10) のいずれか1項スポット溶接方法。

### 発明の効果

[0041] 本発明によれば、スポット溶接において、液体金属割れの発生を簡便に防ぐことができる。

### 図面の簡単な説明

[0042] [図1]亜鉛系めっき高強度鋼板にスポット溶接を行った場合のスポット溶接箇所割れの概略を示す板厚方向の断面図である。

[図2]ナゲットを含む板厚方向の断面図である。

[図3]ナゲットを含む板厚方向の断面図である。

[図4]角度を付けて溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図5]角度付き電極を使用して溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図6]撓みやすい溶接ガンを使用して溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図7]対向する溶接電極の軸芯の相対的なズレを生じたまま溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図8]重ね合わせ面に隙間を有する溶接箇所を溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図9]複数の鋼板に対する溶接電極の加圧方向の位置が不適切なまま溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。

[図10]3枚重ね板組を溶接している状態を示す断面図である。

[図11]2枚板組のスポット溶接で、割れを確認したときに除去する亜鉛系めっきの範囲を説明する板厚方向の断面図である。

[図12]3枚板組のスポット溶接で、鋼板の重ね合わせ面の内割れを確認したときに除去する亜鉛系めっきの範囲を説明する板厚方向の断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0043] 本発明のスポット溶接方法（以下「本発明の溶接法」という）は、一方の表面の溶接箇所をめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む複数の鋼板にスポ

ット溶接する前に、溶接箇所が割れが発生すると予測される場合に、スポット溶接の前にめっきの除去を行う方法である。

[0044] 割れの発生は、実際にスポット溶接をしようとする、めっきが被覆された鋼板を1枚以上含む複数の鋼板でテストスポット溶接を行い確認できる。

[0045] 特に、スポット溶接が以下の(a)～(g)の1以上に該当する条件で行われる場合、実際にスポット溶接を行って生産を始める前に、同じ板組でテストスポット溶接を行うことが好ましい。

[0046] (a) 軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^\circ$ 以上となる角度を付けて溶接する場合

[0047] (b) 軸心が鋼板の表面に対して垂直から $5^\circ$ 以上となっている角度付き電極を使用して溶接する場合

[0048] (c) 溶接中に軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^\circ$ 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合

[0049] (d) 対向する溶接電極の軸心の相対的なズレが $0.5\text{ mm}$ 以上生じたまま溶接する場合

[0050] (e) 重ね合わせ面に $0.5\text{ mm}$ 以上の隙間を有する溶接箇所を溶接する場合

[0051] (f) 鋼板に対する固定側の溶接電極の加圧方向の位置が $0.2\text{ mm}$ 以上のクリアランスを有するまま溶接する場合

[0052] (g) 強度比が $2.5$ 倍を超える鋼板を含む板組を溶接する場合

[0053] まず、テストスポット溶接を行うのが好ましい(a)～(g)の場合(割れ発生因子)について、図面を用いて説明する。

[0054] (a) 溶接電極の軸心が鋼板の表面に対して $3^\circ$ 以上となる角度を付けて溶接する場合

図4は、軸心が鋼板の表面に対して $3^\circ$ 以上となる角度を付けて溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。図4に示す被溶接部材は、鋼板1aと鋼板1bからなる。鋼板1aは、立上がり部Wを有する、断面ハット形状の鋼板である。このような立上がり部Wの近傍において、鋼板1aと鋼板

1 bとをスポット溶接する場合、溶接箇所の周囲の空間が狭小となり、スポット溶接ガンの一部が立上がり部Wに干渉することがある。

[0055] この干渉を回避するために、電極10 a、10 bに角度を付けて溶接する場合がある。電極10 a、10 bは、その軸芯11 a、11 bが鋼板1 a、1 bの表面に対して、垂直となっていない。電極10 a、10 bの先端面と鋼板1 a、1 bとが接触した状態では、スポット溶接の電極10 aが立上がり部Wから離れる方向に傾いている。

[0056] 溶接電極の軸芯11 a、11 bが鋼板1 a、1 bの表面に対して垂直から3°以上となる角度を付けて溶接する場合、特に、鋼板1 a、1 bの重ね合わせ面のコロナボンド直外やコロナボンドのナゲット際に割れが生じやすい。これは、鋼板表面に対し垂直に電極が当たらない状態で溶接すると、電極解放時にコロナボンド直外やコロナボンド内にスプリングバックにより引張応力が発生し、内割れの原因となるためである。

[0057] (b) 溶接電極の軸芯が鋼板の表面に対して垂直から5°以上となっている角度付き電極を使用して溶接する場合

図5は、角度付き電極を使用して溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。図5に示す被溶接部材は、鋼板1 aと鋼板1 bからなる。鋼板1 aは、立上がり部Wを有する、断面ハット形状の鋼板である。このような立上がり部Wの近傍において、鋼板1 aと鋼板1 bとをスポット溶接する場合、溶接箇所の周囲の空間が狭小となり、スポット溶接ガンのアーム等が立上がり部Wに干渉することがある。

[0058] この干渉を回避するために、角度付き電極10 a、10 bが用いられる。角度付き電極10 a、10 bは、その軸芯11 a、11 bが鋼板1 a、1 bの表面に対して、垂直となっていない。角度付き電極10 a、10 bの先端面と鋼板1 a、1 bとが接触した状態では、スポット溶接の電極が立上がり部Wから離れる方向に傾いている。

[0059] 軸芯11 a、11 bが鋼板1 a、1 bの表面に対して垂直から5°以上となっている角度付き電極10 a、10 bを使用して溶接する場合、特に、角

度付き電極 10 a、10 b と鋼板 1 a、1 b との接触箇所に電極直下部割れや溶接部外周近傍の割れが生じやすい。これは、鋼板表面に対し垂直に電極が当たらず、鋼板表面に平行な応力成分が発生した状態で、溶接中にめっき金属が溶融するためである。

[0060] (c) 溶接中に軸芯が鋼板の表面に対して垂直から 3° 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合

図 6 は、撓み易い溶接ガン（溶接ガンの先端に電極がついている）を使用して溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。図 6 に示す溶接電極 10 a、10 b は、その軸芯 11 a、11 b が鋼板 1 a、1 b の表面に対して、垂直となっておらず、先端面が鋼板 1 a、1 b の表面に対して平行になっていない。溶接による加圧により溶接ガン（図示せず）が撓むと、溶接電極 10 a、10 b の先端側が溶接電極を保持するホルダ（図示せず）から離れる方向に変位させられる。

[0061] 溶接電極の軸芯 11 a、11 b が鋼板 1 a、1 b の表面に対して垂直から 3° 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合、特に、電極と鋼板との接触箇所に電極直下部割れや、溶接部外周近傍の割れが生じやすい。溶接中に溶接ガンが撓むと、角度付き電極を使用する場合と同様、鋼板表面に対し垂直に電極が当たらなくなり、鋼板表面に平行な応力成分が発生し、溶接中にめっき金属が溶融すると応力が高い部分で外割れが発生する。

[0062] (d) 対向する溶接電極の軸芯の相対的なズレが 0.5 mm 以上生じたまま溶接する場合

図 7 は、対向する溶接電極の軸芯の相対的なズレを生じたまま溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。図 7 に示すように、溶接電極 10 a、10 b は、電極チップの取り付け不良により、それぞれの軸芯 11 a、11 b に相対的なズレ 12（以下「電極芯ズレ」という）を生じることがある。また、図 6 に示した撓みやすい溶接ガンで、上下の撓みが均一ではない場合、電極に角度が生じるとともに軸芯のズレが発生する。

[0063] 対向する溶接電極 10 a、10 b の電極芯ズレ 12 が 0.5 mm 以上のみ

ま溶接する場合、特に、鋼板の重ね合わせ面にコロナボンド直外の割れや、コロナボンドのナゲット際の割れ、ナゲット内の割れが生じやすい。電極の軸心がずれていると、鋼板をせん断する応力が発生した状態で溶接することになる。そうすると、溶接のための通電中、及び通電が終了し電極を開放する時に、高い応力が発生し、コロナボンド直外の割れや、コロナボンドのナゲット際の割れ、ナゲット内の割れが生じる。

[0064] (e) 重ね合わせ面に0.5 mm以上の隙間を有する溶接箇所を溶接する場合

図8は、重ね合わせ面に隙間を有する溶接箇所を溶接している状態を示す板厚方向の断面図である。図8に示すように、鋼板1 a、1 bの間に、他の部材1 3が挿入されている場合など、溶接箇所の重ね合わせ面の鋼板1 a、1 bの間に隙間1 4（以下「板隙」という）を生じることがある。

[0065] 溶接箇所の板隙1 4が0.5 mm以上そのまま溶接する場合、特に、鋼板の重ね合わせ面にコロナボンド直外の割れが生じやすい。隙間があると、鋼板の合わせ面側の表面に引張応力が立った状態で溶接される。溶接のための通電により、鋼板の温度が上昇するとこの引張応力は緩和されるが、通電終了後、鋼板が冷え始めると強い引張応力が立ち、めっき金属が凝固する前に割れ発生限界の応力を超えるとコロナボンド直外の割れが発生することになる。

[0066] (f) 鋼板に対する固定側の溶接電極の加圧方向の位置が0.2 mm以上のクリアランスを有するまま溶接する場合

図9は、複数の鋼板に対する溶接電極の加圧方向の位置が不適切なまま溶接している状態を示す板厚方向の断面である。スポット溶接では、複数の鋼板に対する溶接電極の加圧方向の位置を適切にするために、固定側の溶接電極を鋼板に当接させてその位置をロボットに教示して溶接することや、加圧方向に自由に移動できるようにロボットとスポット溶接ガンの間にイコライズ機構を設けて溶接することが行われている。

[0067] しかし、ロボットへの教示不良の場合又はイコライズ機構を設けない場合

、図9に示すように、鋼板1bに対する固定側の溶接電極10bの加圧方向の位置が不適切となり、鋼板1bと溶接電極10bのクリアランス15があるまま溶接することになり、溶接部に引張応力が発生する。

[0068] このためクリアランス15が0.2mm以上そのまま溶接する場合、特に、鋼板の重ね合わせ面にコロナボンド直外の割れや、コロナボンドのナゲット際の割れが生じやすい。

[0069] (g) 強度比が2.5倍を超える鋼板を含む板組を溶接する場合

図10は、真ん中に軟鋼板を、上下に高強度鋼板を設けて溶接している状態を示す板厚方向の断面である。スポット溶接では3枚重ねの溶接がしばしば行われる。しかし、溶接される鋼板の引張強度の差が大きいと、たとえば、図10の場合、スポット溶接工程において、強度の低い真ん中の軟鋼板が電極直下から押し出されて周囲で増肉される。この時、上下の高強度鋼板を上下に押しつけるようにして、高強度鋼板表面に、鋼板表面に平行な引き張り応力が発生する。

[0070] 鋼板の強度差が2.5倍を超えると、特に、鋼板の合わせ面にコロナボンドのナゲット際の割れや、ナゲット内の割れが生じやすい。

[0071] 次に、本発明の溶接法について説明する。

[0072] まず、めっきが少なくとも溶接箇所には被覆された鋼板を1枚以上含む複数の鋼板を準備する。例えば、亜鉛系めっきが両面に被覆された、引張強度780MPa以上、C含有量が0.15質量%以上、板厚0.5~3.0mmの鋼板を2枚以上準備する。

[0073] そして、実際の生産において、上記(a)~(g)の割れ発生因子を1つ以上含む条件下でスポット溶接を行うことになるときは、あらかじめテストスポット溶接を行うのがよい。

[0074] テストスポット溶接では、実際の生産において生じる、上記(a)~(g)の割れ発生因子を一つ以上含む条件下において、2枚以上の鋼板を重ね合わせて、両側から、2枚以上の鋼板を挟み込むように、銅合金などからなる電極を押し付けつつ通電して、熔融金属を形成し、通電の終了後に水冷され

た電極による抜熱や鋼板自体への熱伝導によって、溶融金属を急速に冷却して凝固させ、鋼板の間に、断面楕円形状のナゲットを形成する。

[0075] テストスポット溶接を行った後、溶接箇所の割れの発生の有無を確認する。重ね合わされた複数の鋼板の溶接電極側の割れ、すなわち外割れの確認は、たとえば、接触箇所を目視により行うことができる。外割れの確認は、図1に示すように、ナゲットを含むように、板厚方向に切断して、その断面を確認して行う。拡大鏡を使うことで小さな割れも確認できる。

[0076] 鋼板の重ね合わせ面の割れ、すなわち内割れの確認は、例えば、図2及び図3に示すようにナゲットを含むように、板厚方向に切断して、その断面を確認して行う。拡大鏡を使うことで小さな割れも確認できる。

[0077] 溶接箇所の割れが認められ、割れ発生因子を含む条件下で複数の鋼板にスポット溶接を行う場合は、スポット溶接を行う前に、めっきの除去を行うのが好ましい。

[0078] 溶接熱影響部、ナゲット、コロナボンドの大きさを確認するためには、スポット溶接による窪み部の中心を通過して、板厚方向に切断し、研磨し、ナイタールなどの薬品でエッチングする。

[0079] その後、めっきが除去された2枚以上の鋼板を重ね合わせて、テストスポット溶接の溶接条件を基準に電流を調整した条件でスポット溶接を行う。この電流値の調整は、目標とするナゲット径が得られるように、めっきを除去したことによる必要電流値の変化を補正するためであり、通常、低電流側への調整が必要となる。これにより、溶接箇所の割れの発生位置に、溶融垂鉛が存在しないので、鋼板の電極との接触箇所及び鋼板の重ね合わせ面の液体金属割れの発生を防ぐことができる。

[0080] 次に、本発明の溶接法について、さらに、必要な要件や好ましい要件について順次説明する。

[0081] <複数の鋼板>

スポット溶接される複数の鋼板は、少なくとも一方の表面の溶接箇所にめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む複数の鋼板であれば、特に限定される

ものでない。たとえば、鋼板と電極が接触する側の面にめっきが被覆された鋼板同士の組合せや、鋼板と電極が接触する側の面にめっきが被覆された鋼板とめっきが被覆されていない鋼板の組合せ、鋼板と電極が接触する側の面及び鋼板の重ね合わせ面にめっきが被覆された鋼板同士の組合せなどが例示される。また、溶接継手の耐食性を考慮すれば、鋼板と電極が接触する側の面及び鋼板の重ね合わせ面にめっきが被覆されていることが好ましい。

[0082] 本発明の溶接法は、亜鉛を含む合金がめっきされた、亜鉛系めっき鋼板などを含む鋼板のスポット溶接に好適である。ただし、本発明の原理によれば、Cu系めっき等の他のめっきの場合でも、同様の効果を得ることができるのは明らかである。

[0083] 溶接される鋼板に被覆されるめっきが亜鉛系の場合、亜鉛を含むめっきであれば、特に限定されるものではない。たとえば、めっき種として、合金化溶融亜鉛めっき、溶融亜鉛めっき、電気亜鉛めっき、亜鉛・ニッケル電気めっきが例示される。また、亜鉛・アルミニウム・マグネシウム系のめっきも含むことができる。

[0084] スポット溶接される複数の鋼板として、図1及び図2では、2枚の鋼板を記載しているが、接合する構造部品の形態に応じて、図3に示すように3枚以上の複数の鋼板とすることができる。スポット溶接される各鋼板の板厚は、特に限定されるものでなく、たとえば、0.5～3.0mmとすることができる。また、複数の鋼板の合計の板厚も、特に限定されるものでなく、たとえば、1.0～7.0mmとすることができる。

[0085] また、スポット溶接される複数の鋼板は、成分組成や、金属組織などが、特に限定されるものでない。ただし、鋼板と電極が接触する側の面又は鋼板の重ね合わせ面に亜鉛系めっきが被覆された鋼板、又は、亜鉛系めっきが被覆された鋼板と亜鉛系めっきを介して重ね合わされている鋼板に対して、低合金TRIP鋼板や、引張強度が780MPa以上でCが0.15質量%以上含有する鋼板を用いたとき、溶接箇所の割れが発生しやすいため、本発明の溶接法において、特に、このような鋼板に対して効果がある。



[0086] また、鋼板は、少なくとも一部に板状部を有し、当該板状部が互いに積み重ね合わされる部分を有するものであればよく、全体が板でなくともよい。また、複数の鋼板は、別々の鋼板から構成されるものに限定されず、1枚の鋼板を管状などの所定の形状に成形したものを重ね合わせたものでもよい。

[0087] <テストスポット溶接>

次に、テストスポット溶接について説明する。テストスポット溶接は、実際の生産で発生する上記（a）～（g）の1以上を満たす場合に行うことが好ましい。

[0088] テストスポット溶接は、目標とする板組及び実際の生産で発生する上記（a）～（g）の割れ発生因子を含む条件で、実生産において用いる溶接条件で実施する。

[0089] 溶接条件は、実生産において用いる溶接条件を採用する。例えば、電極をドームラジアス型の先端直径6～8mmのものとし、加圧力2.5～8.0kN、通電時間5～99サイクル、通電電流4～15kAとすることができる。ただし、通電電流値については、実生産で設定する前後の電流値を採用することが望ましい。ピンポイントの通電電流値での試験では、溶接箇所の割れを見逃すことがあるからである。これは、溶接を繰り返す間に電極の表面が損耗し、同じ電流値でも電流密度が低下することにより、目標とする最低ナゲット径に近いナゲット径となり、溶接部に発生する引張応力とめっき金属の溶融範囲が変化することに対応するためである。

[0090] <溶接箇所の割れの確認>

テストスポット溶接によって得られたスポット溶接継手において、溶接箇所の割れの発生の有無を確認する。この割れの発生の有無の確認方法は、特に限定されるものでなく、目視での観察や浸透探傷検査、溶融凝固部を含む板厚方向の断面の観察や、スポット溶接継手の引張試験を実施して所定の引張強度が得られるか否かで判定などして行うことができる。または、スポット溶接部を含む板厚方向の断面の観察に加えて、X線透過試験を行って確認してもよい。

[0091] 鋼板と電極との接触箇所の電極直下部割れは、鋼板と電極との接触箇所の電極直下（中心部付近）に発生し、肩部割れや電極外側割れは溶接部外周近傍に発生する。

[0092] 鋼板の重ね合わせ面のコロナボンド直外及びコロナボンドのナゲット際の割れは、めっきが被覆された鋼板の重ね合わせ面、又はめっきが被覆された鋼板と重ね合わされためっきが被覆されていない鋼板の重ね合わせ面に発生する。そして、これらの重ね合わせ面のうち、コロナボンド内及びその近傍に発生する。また、ナゲット内の割れは、3枚以上の鋼板のスポット溶接継手において、コロナボンドからナゲットに向けて発生する。

[0093] <めっきの除去>

本発明の溶接方法は、スポット溶接の前に、溶接される鋼板のめっきを除去することを特徴とする。めっきの除去範囲は、テストスポット溶接で確認された割れの位置によって、以下の範囲とするのがよい。

[0094] （鋼板と電極との接触箇所とその周囲に割れを確認したとき）

テストスポット溶接によって外割れを確認したときには、除去するめっきの範囲は、少なくとも、重ね合わされた複数の鋼板の外割れが確認された鋼板で、溶接電極側に被覆されためっきであって、外周が溶接電極側の溶接熱影響部外縁となる円内の範囲とする。これにより、割れの発生因子がいくつか重なって、鋼板の電極と接触する側の表面に強い応力が発生しても、溶融しためっき金属が存在しないので外割れの発生は無くなる。

[0095] 外割れには、電極直下部割れ、肩部割れ、電極外側割れがある。例えば電極直下割れが認められなかったことから電極の軸芯が接触する部分のめっきを除去しなかった場合、繰り返しスポット溶接を行うと、溶融しためっき金属、あるいはめっき金属と電極の銅との合金が電極を介して、割れが発生したために除去した鋼板表面に付着し、再び割れが発生する。このため、どれか1つの割れしか発生しなかった場合でも、外周が溶接電極側の溶接熱影響部外縁となる円内の全ての領域のめっきを除去する必要がある。

[0096] 図11を用いて具体的に除去するめっきの範囲を説明する。図11は、2

枚重ね板組で鋼板の電極との接触面側及び鋼板の重ね合わせ面の割れを確認したときに除去するめっきの範囲を説明する板厚方向の断面図である。図11では、重ね合わされた溶接される鋼板101に、ナゲット形成予定箇所102、コロナボンド形成予定箇所103、電極直下部割れが予想される箇所105、電極肩部割れが予想される箇所106、電極外側割れが予想される箇所107を点線で示している。

[0097] 図11には、熱影響部外縁形成予定位置104も点線で示してある。外割れを防止するためのめっきの除去範囲は、外周を熱影響部外縁とする直径 $D_{HAZ1}$ の円内とする。鋼板の熱影響部外縁形成予定位置は、鋼板が約700℃まで昇温される位置である。このため、溶接過程においてこの範囲内のめっき金属は溶融し、十分な流動性をもつ。このため、外割れを防止するために、割れが発生する部位のみのめっきを除去しても、周囲のめっき金属が除去した部位に濡れて広がり、めっきを除去した効果が失われるからである。

[0098] 溶接位置の狙い精度の都合上、めっきを除去する範囲を、例えば $D_{HAZ1} \times 1.5$ の直径を有する円内など、直径 $D_{HAZ1}$ の円内より広くしてもよい。しかし、耐食性が低下することから、できるだけ狭くすべきである。

[0099] なお、熱影響部外縁位置は、板厚方向でナゲット中心 $C_n$ からの距離が異なる。これは鋼板電極と接触する側は電極によって冷却されるのに対し、重ね合わせ面がではこうした冷却作用が働かないためである。外割れ防止のためにめっきを除去する範囲の直径 $D_{HAZ1}$ は、鋼板の電極側表面付近の熱影響部外縁で決定するとよい。

[0100] また、熱影響部外縁形成予定位置を決定するためには、ナイトールなどの腐食液を用いてテストスポット溶接部の断面観察を行うとよい。

[0101] (鋼板の重ね合わせ面の割れ(内割れ)を確認したとき)

テストスポット溶接によってナゲット内あるいはコロナボンドのナゲット際の割れあるいはコロナボンド直外の割れを確認したときには、除去するめっきの範囲は、溶接される鋼板の重ね合わせ面であって、外周が重ね合わせ面の溶接熱影響部外縁の広いほうとなる直径が $D_{HAZ2}$ である円内の範囲とする

。この範囲のめっきを除去することにより、割れの発生因子がいくつか重なって、鋼板の重ね合わせ面に強い応力が発生しても、溶融しためっき金属が存在しないので内割れは発生しない。

[0102] また、めっきを除去する範囲を外周が重ね合わされた複数の鋼板の重ね合わせ面に形成される溶接影響部外縁の広いほうであり、内周が上記鋼板の重ね合わせ面に形成されるナゲットの中心となる予定の位置と中心を共有し、ナゲット直径の0.8倍である直径を有する円である円環内の範囲としてもよい。ナゲット直径の0.8倍である直径を有する円内のめっきは、実質的に内割れには寄与しないためである。

[0103] このようにめっきを除去する範囲を制限することにより、めっきを除去したことによる溶接条件の変化を極力抑制することができる。

[0104] 図11、12を用いて具体的に除去するめっきの範囲を説明する。図11は、2枚重ね板組で鋼板の重ね合わせ面の割れを確認したときに除去するめっきの範囲を説明する板厚方向の断面図である。図11では、重ね合わされた溶接される鋼板101に、ナゲット形成予定箇所102、コロナボンド形成予定箇所103、コロナボンド直外での割れが予想される箇所108を点線で示している。

[0105] 図12では、コロナボンドのナゲット際割れの発生が予測される箇所109、ナゲット内で割れの発生が予測される箇所110を点線で示している。

[0106] 内割れは、溶接過程において、鋼板間で溶融しためっき金属が引張応力の作用する部位に残っていると発生する。

[0107] コロナボンド直外の割れは、コロナボンド形成予定箇所において溶融し、電極加圧によって排出されためっき金属と、熱影響部の内側でコロナボンドの外側にあり溶融しためっき金属がコロナボンド直外に濡れた状態で引張応力が作用して発生する。

[0108] コロナボンド内の割れおよびコロナボンドのナゲット際の割れは、ナゲット形成予定位置の外縁付近で溶融し、電極加圧によって排出された溶融めっき金属とコロナボンド形成予定箇所において溶融しためっき金属が、コロナ

ボンド内に閉じこめられた状態で、引張応力が作用して発生する。

[0109] すなわち、内割れは、溶接過程において、熱影響部内で溶融しためっき金属、および鋼板の重ね合わせ面で溶融し、ナゲットの中心から遠ざかる方向（外側方向）へ順に排出された溶融めっき金属により引き起こされる。このため、めっき除去は内割れ発生位置近傍だけではなく、ナゲット中心から外側の熱影響部や、ナゲット中心に近いナゲット形成予定位置を含む範囲を合わせて行う必要がある。ここで、溶融しためっき金属には、蒸発・気化後、液化しためっき金属も含まれることは言うまでもない。

[0110] 内割れを確認したとき、除去するめっきの範囲は、溶接される鋼板の重ね合わせ面であって、外周が重ね合わせ面の溶接熱影響部外縁の広いほうの円相当直径である  $D_{HAZ2}$  を有し、ナゲット形成予定箇所 102 の中心  $C_n$  を中心とする円内の範囲とする。なお、溶接熱影響部外縁の円相当直径とは、重ね合わされた2枚の鋼板の重ね合わせ面における熱影響部外縁で、より広いほうの面積と同一面積の円の直径のことである。

[0111] めっきの除去は、重ね合わされた鋼板の、両方のめっきに対して行う必要がある。めっきされた鋼板同士を重ね合わせてある場合に、割れの発生した鋼板のめっきだけを除去しても、重ね合わされた相手の鋼板から溶融しためっき金属が供給されるためである。このように、めっきのこの範囲のめっきを除去することにより、割れの発生因子がいくつか重なって、鋼板の重ね合わせ面に強い引張応力が発生しても、溶融しためっき金属が存在しないので内割れは発生しない。

[0112] また、めっきを除去する範囲を、外周がナゲット形成予定箇所 102 の中心  $C_n$  を中心とし、直径として  $D_{HAZ2}$ 、あるいは  $D_{HAZ3}$  を有する円であり、内周が上記鋼板の重ね合わせ面に形成されるナゲット形成予定箇所 102 の中心  $C_n$  を中心とし、直径が重ね合わせ面に形成されるナゲット  $D_n$  の直径 0.8 倍の円である円環内の範囲としてもよい。ナゲットの直径 0.8 倍である円内のめっきは、実質的に内割れには寄与しないためである。

[0113] ナゲット形成予定箇所の円相当直径  $D_n$  の 0.8 倍の円外に被覆されている

めっき金属は、溶接過程においてコロナボンド内に排出される割合が多い。このため、内割れを抑制するためには、この範囲に被覆されているめっきを確実に除去しなければならない。一方、ナゲット形成予定箇所の内相当直径  $D_n$  の 0.8 倍の内内に被覆されているめっき金属は、コロナボンド内に排出される割合が少ないため、積極的に除去しなくてもよい。

[0114] さらに、ナゲット直径  $D_n$  の直径 0.8 倍である円内のめっきを除去せず残すことにより、めっき金属を除去することにより溶接条件が大きく変化することを防ぐことができる。

[0115] なお、めっきの除去範囲が広がると、除去した場所から腐食が生じる可能性があり、やみくもにめっきを除去するのは好ましくないが、溶接割れを防ぐために本発明で規定する範囲を超えてめっきを除去することを妨げるものではない。

[0116] スポット溶接の位置精度を考慮し、熱影響部外縁形成予定箇所の内相当直径  $D_{HAZ2}$ 、あるいは  $D_{HAZ3}$  を超えた範囲に被覆されためっきを除去してもよいが、耐食性が低下するため、除去する場合は、スポット溶接の位置精度を高める努力をし、熱影響部外縁形成予定箇所の内相当直径  $D_{HAZ2}$ 、あるいは  $D_{HAZ3}$  の 5.0 倍以下の部分の全てとするとよい。

[0117] 除去するめっきを、円相当直径  $D_{HAZ2}$ 、あるいは  $D_{HAZ3}$  の 2.0 倍以下の部分の全て、さらに好ましくは、1.5 倍以下の部分の全てとすることができる。

[0118] また、熱影響部外縁形成予定箇所の内相当直径  $D_{HAZ2}$ 、 $D_{HAZ3}$ 、ナゲット形成予定箇所の内相当直径  $D_n$  は、複数枚の鋼板のスポット溶接に先立ち、クーポン（試験片）で溶接条件を決めた際に観察される円相当直径である。実際のスポット溶接においても、全く同じ溶接長さになるとは限らないものの、本発明の溶接法のめっきの除去範囲であれば、この誤差を十分にカバーすることができる。

[0119] <めっき除去後のスポット溶接>

特定の位置のめっきが除去された鋼板を含む複数の鋼板のスポット溶接で

は、鋼板と電極との接触箇所の割れや鋼板の重ね合わせ面の割れを確認したときは、テストスポット溶接の際と、ナゲット径が同じになるように電流値を調整する。それにより、本来目標としたスポット溶接継手の強度を確保することができる。

[0120] <シーラ又は接着剤を塗布>

めっきを除去したことにより、鋼板と電極との溶接箇所や鋼板の重ね合わせ面の耐食性が十分でなくなることがある。そこで、鋼板と溶接電極との接触予定箇所のめっきを除去したときは、スポット溶接後に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラを塗布し、鋼板の重ね合わせ面のめっきを除去したときは、スポット溶接前に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラ又は接着剤を塗布することが好ましい。

[0121] シーラや接着剤は、特に限定されるものでなく、車体の組み立てにおいて使用される公知のものを用いることができる。また、シーラや接着剤に亜鉛などからなる金属微粒子を混ぜておくことも、耐食性を確保する上で有効である。

[0122] <めっきの除去方法>

めっきの除去方法としては、機械的除去、及び蒸発除去の少なくとも一方を採用することができる。機械的除去としては、回転するバイトによって研削することができる。この際、接触予定箇所などの円相当中心に突起のあるバイトによって研削すれば回転中心が定まり、精度よくめっきを除去することができる。突起を十分小さくすることにより、溶接によって、突起の形成した穴を埋めることができる。

[0123] 蒸発除去は、除去しなければならない範囲を超える、円形、リング状、方形などの集光形状を有するレーザをめっきに照射し、蒸発除去する方法である。これによれば、亜鉛やマグネシウムなどの液体金属脆化を引き起こす低沸点金属を選択的に除去することが可能である。

[0124] レーザの照射は、角度をつけて反射光が発振器に戻らないようにすることが大事である。環境保全の観点から、蒸発した金属を吸引する装置を設ける

ことが好ましい。また、数十 $\mu\text{m}$ に集光したレーザにより、アブレーション除去することもできる。また、プラズマを照射することにより、めっきを蒸発除去することができる。

## 実施例

[0125] 次に、本発明の実施例について説明する。実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

[0126] 表1に、使用した鋼板について示す。亜鉛めっき鋼板A～Eは、合金化溶解亜鉛めっき鋼板であり、その両面に亜鉛めっきが被覆されている。

[0127] [表1]

鋼種	C含有量 (質量%)	引張強度 (MPa)	板厚 (mm)	亜鉛系めっき付着量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
亜鉛めっき鋼板A	0.20	1200	1.6	50
亜鉛めっき鋼板B	0.24	980	1.6	55
冷延鋼板	0.18	1200	1.6	なし
亜鉛めっき鋼板C	0.22	1200	1.0	50
亜鉛めっき鋼板D	0.003	270	1.0	50
亜鉛めっき鋼板E	0.16	440	1.0	50

[0128] 表1に示した鋼板を2～3枚用いてスポット溶接を行った。

[0129] 試験番号1は、溶接電極の軸芯が鋼板の表面に対して垂直から $3^\circ$ となっている状態で、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。スポット溶接は、両側から、先端直径6mmのドームラジラス型電極で、2枚の鋼板を挟み込み、加圧力4kNで押し付けつつ、通電時間18サイクル、通電電流9kAとして行った。その結果、コロナボンド直外の内割れが確認された。

[0130] 以降の例について、スポット溶接の条件は、試験番号1と同じである。

[0131] 試験番号2～6は、試験番号1の結果を受け、亜鉛めっきを除去してスポ



ット溶接を行った例である。

- [0132] 試験番号 7 は、溶接中に軸芯が鋼板の表面に対して垂直から  $5^\circ$  となる角度付き電極を使用し、重ね合わせ面の隙間が 0.5 mm 有る状態で、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。試験番号 7 では、コロナボンド直外の内割れが確認された。
- [0133] 試験番号 8 は、試験番号 7 の結果を受け、亜鉛めっきを除去してスポット溶接を行った例である。
- [0134] 試験番号 9 は、強度比の大きい鋼板の組み合わせで、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。試験番号 9 では、コロナボンド内のナゲット際に内割れが確認された。
- [0135] 試験番号 10～12 は、試験番号 9 の結果を受け、亜鉛めっきを除去してスポット溶接を行った例である。
- [0136] 試験番号 13 は、対向する溶接電極の軸芯が相対的に 0.5 mmズレた状態で、かつ、鋼板に対する固定側の溶接電極加圧方向の位置が 0.2 mm となっている状態で、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。試験番号 13 では、コロナボンド内からナゲット内に進展した内割れが確認された。
- [0137] 試験番号 14～17 は、試験番号 9 の結果を受け、亜鉛めっきを除去してスポット溶接を行った例である。
- [0138] 試験番号 18 は、溶接中に軸芯が鋼板の表面に対して垂直から  $3^\circ$  となるように撓む溶接ガンを使用し、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。試験番号 18 では、電極直下と肩部に外割れが確認された。
- [0139] 試験番号 19～20 は、試験番号 18 の結果を受け、亜鉛めっきを除去してスポット溶接を行った例である。
- [0140] 試験番号 21 は、溶接中に軸芯が鋼板の表面に対して垂直から  $3^\circ$  となるように撓む溶接ガンを使用し、さらに、重ね合わせ面の隙間が 0.5 mm 以上有る溶接箇所を、亜鉛めっきを除去せずにスポット溶接した比較例である。試験番号 21 では、電極外側に外割れが確認された。

- [0141] 亜鉛系めっきの除去としては、蒸発除去、又は機械的除去を用いた。
- [0142] 蒸発除去では、亜鉛めっきの加熱をレーザ、プラズマにより行った。
- [0143] レーザによる蒸発を用いた亜鉛めっきの除去は、直径9.5 mmに集光したレーザを、出力1 kWで0.1秒間、亜鉛めっきに照射し、除去範囲の亜鉛めっきを除去した。
- [0144] レーザアブレーションを用いた亜鉛めっきの除去は、直径40  $\mu$ mに集光したレーザを、平均出力9 W、繰り返し数50 kHz、パルス幅（レーザの出ている時間）20 nsにて、同一点に10ショット、亜鉛めっきに照射し、除去範囲の全面積を走査して亜鉛めっきを除去した。
- [0145] プラズマを用いた除去は、電流200 A、電圧20 Vで放電させ、0.2秒間、亜鉛めっきを加熱した。プラズマは、エネルギー密度に分布があるため、狙い亜鉛めっき範囲は完全除去され、その周辺も部分的に除去されていた。
- [0146] 機械的除去では、回転バイトによる研削により、除去範囲の亜鉛めっきを除去した。
- [0147] 試験片について、耐食性を確認する複合サイクル腐食試験（CCT試験）と溶接箇所の割れの確認を行った。その結果を表2～4に示す。なお、表2～4中の割れ発生因子の符号は、前述したテストスポット溶接を行うのが好ましい場合（割れ発生因子）に対応している。
- [0148] CCT試験は、自動車用材料腐食試験方法（JASOM609-91）に基づき、1サイクルあたり8時間の処理を30サイクル繰り返し行い、実施した。1サイクルは、塩水噴霧試験（2時間、5% NaCl、35℃）、乾燥（4時間、30% RH、60℃）、湿潤試験（2時間、95% RH、50℃）からなる。
- [0149] 評価は、鋼板間のスポット溶接部周辺に変化の見られないものを「◎」、白錆の発生が認められるものを「○」、赤錆が発生しているものを「×」とした。また、割れの確認は、ナゲットを含むように、試験片を板厚方向に切断して、その断面を確認して行った。

- [0150] 亜鉛めっきを除去してスポット溶接を行った結果は、以下のとおりであった。
- [0151] 試験番号 2～3、8、10、14～15、19～20、22～23 は、本発明で規定する範囲の亜鉛めっきを除去し、スポット溶接を行った結果、溶接部の割れの発生はなく、耐食性も良好であった。試験番号 2 では亜鉛めっきを除去した箇所に接着剤を塗布し、試験番号 20 ではめっき除去部に溶接後にシーラを塗布したので、特に良好な耐食性を示した。
- [0152] 試験番号 4～6 は、亜鉛めっきの除去は行ったが、除去範囲が狭く、コロナボンド直外に内割れが発生した。
- [0153] 試験番号 11～12 は、亜鉛めっきの除去は行ったが、除去範囲が狭く、コロナボンドのナゲット際に内割れが発生した。
- [0154] 試験番号 16～17 は、亜鉛めっきの除去は行ったが、除去範囲が狭く、コロナボンドからナゲット内に進展した内割れが発生した。
- [0155]

[表2]

試験番号	区分	板組	めっき除去方法	除去範囲	接着剤/シーラ	CCT試験結果	割れ発生有無	割れ位置	割れ発生因子
1	比較例	鋼種A 2枚重ね	—	—	なし	◎	有	コロナボンド直外内割れ	a
2	発明例	同上	レーザー	合わせ面両側のめっき層。外周が熱影響部外縁となる円内	接着剤有り	◎	無	—	a
3	発明例	同上	レーザー	合わせ面両側のめっき層。内周がナゲット直径の0.8倍～外周が熱影響部外縁となる円環内	なし	○	無	—	a
4	比較例	同上	レーザー	合わせ面両側のめっき層。内周がナゲット直径の0.9倍～外周が熱影響部外縁となる円環内	接着剤有り	◎	有	コロナボンド直外内割れ	a
5	比較例	同上	レーザー	合わせ面両側のめっき層。内周がナゲット直径の0.8倍～外周が熱影響部外縁直径の0.9倍の直径をもつ円環内	なし	○	有	コロナボンド直外内割れ	a
6	比較例	同上	レーザー	合わせ面で割れの見られた側のめっき層。外周が熱影響部外縁となる円内	なし	○	有	コロナボンド直外内割れ	a
7	比較例	亜鉛めっき鋼板Dと冷延鋼板の2枚重ね		—	なし	◎	有	コロナボンド直外内割れ	b, e
8	発明例	同上	レーザー アブレーション	合わせ面のめっき層。外周が熱影響部外縁となる円内	なし	○	無	—	b, e

[表3]

試験番号	区分	板組	めっき除去方法	除去範囲	接着剤/シラ	CCT試験結果	割れ発生有無	割れ位置	割れ発生因子
9	比較例	亜鉛めっき鋼板C/ 亜鉛めっき鋼板E/ 亜鉛めっき鋼板C		—	なし	◎	有	コロナボンドのナゲット際	g
10	発明例	同上	プラズマ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.8倍～ 外周が熱影響部外縁となる直径を もつ円管内	あり	◎	無	—	g
11	比較例	同上	プラズマ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.9倍～ 外周が熱影響部外縁となる直径を もつ円管内	なし	○	有	コロナボンドのナゲット際	g
12	比較例	同上	プラズマ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.8倍～ 外周が熱影響部外縁直径の0.9倍 の直径をもつ円管内	なし	◎	有	コロナボンドのナゲット際	g
13	比較例	亜鉛めっき鋼板D/ 亜鉛めっき鋼板C/ 亜鉛めっき鋼板C		—	なし	○	有	コロナボンドから ナゲット内へ 進展した割れ	d、f
14	発明例	同上	レーザ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.6倍～ 外周が熱影響部外縁直径の1.1倍 の直径をもつ円管内	あり	◎	無	—	d、f
15	発明例	同上	レーザ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.8倍～ 外周が熱影響部外縁となる直径を もつ円管内	なし	○	無	—	d、f
16	比較例	同上	レーザ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.9倍～ 外周が熱影響部外縁となる直径を もつ円管内	なし	○	有	コロナボンドから ナゲット内へ 進展した割れ	d、f
17	比較例	同上	レーザ	合わせ面側のめっき層。 内周がナゲット直径の0.8倍～ 外周が熱影響部外縁直径の0.9倍 の直径をもつ円環内	なし	○	有	コロナボンドから ナゲット内へ 進展した割れ	d、f

(表2の続き)

[表4]

(表3の続き)

試験番号	区分	板組	めつき除去方法	除去範囲	接着剤/シール	CCT試験結果	割れ発生有無	割れ位置	割れ発生因子
18	比較例	亜鉛めつき鋼板Bと冷延鋼板の2枚重ね		—	なし	◎	有	電極直下割れと肩部外割れ	c
19	発明例	同上	レーザーアブレーション	電極と接する亜鉛めつき層で、外周が熱影響部外縁となる円内	なし	○	無	—	c
20	発明例	同上	レーザーアブレーション	電極と接する亜鉛めつき層で、外周が熱影響部外縁となる円内	めつき除去部に溶接後、シールを塗布	◎	無	—	c
21	比較例	同上		—	なし	◎	有	電極外側割れ	c、e
22	発明例	同上	研削	電極と接する亜鉛めつき層で、外周が熱影響部外縁となる円内	なし	○	無	—	c、e
23	比較例	同上	研削	電極と接する亜鉛めつき層で、外周が熱影響部外縁となる円内となる直径を有する円内	なし	○	有	電極外側割れ	c、e

産業上の利用可能性

[0158] 本発明によれば、スポット溶接において、液体金属割れの発生を簡便に防

ることができる。よって、本発明は、産業上の利用可能性が高いものである。

## 符号の説明

- [0159]
- 1、1 a、1 b 鋼板
  - 2 ナゲット
  - 3 電極直下部割れ
  - 4 熱影響部
  - 5 肩部割れ
  - 6 電極外側割れ
  - 7 コロナボンド直外の割れ
  - 8 コロナボンドのナゲット際の割れ
  - 9 ナゲット内の割れ
  - 10 a、10 b 電極
  - 11 a、11 b 軸芯
  - 12 電極芯ズレ
  - 13 部材
  - 14 板隙
  - 15 クリアランス
  - 101 鋼板
  - 102 ナゲット形成予定箇所
  - 103 コロナボンド形成予定位置
  - 104 熱影響部外縁形成予定位置
  - 105 電極直下部割れ発生予定箇所
  - 106 電極肩部割れ発生予定箇所
  - 107 電極外側割れ発生予定箇所
  - 108 コロナボンド直外割れ発生予定箇所
  - 109 コロナボンドのナゲット際割れ発生予定箇所
  - 110 ナゲット内割れ発生予定箇所

- C<sub>n</sub> ナゲット形成予定箇所を中心
- D<sub>c</sub> コロナボンド形成予定箇所の円相当直径
- D<sub>n</sub> ナゲット形成予定箇所の円相当直径
- D<sub>HAZ1</sub> 外割れを回避するためにめっきを除去する範囲の直径
- D<sub>HAZ2</sub> 2枚重ね板組で内割れを回避するためにめっきを除去する範囲の直径
- D<sub>HAZ3</sub> 3枚重ね板組で内割れを回避するためにめっきを除去する範囲の直径
- W 立上がり部



## 請求の範囲

- [請求項1]            少なくとも一方の表面の溶接箇所をめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、
- スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、
- 上記めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、少なくとも、外周が重ね合わされた複数の鋼板の溶接電極側に形成される溶接熱影響部外縁となる円内とすることを特徴とするスポット溶接方法。
- [請求項2]            スポット溶接後に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラを塗布することを特徴とする請求項1に記載のスポット溶接方法。
- [請求項3]            めっきを除去する前にテストスポット溶接を行い、溶接箇所の割れの発生の有無を確認し、重ね合わされた複数の鋼板の溶接電極側の割れを確認したときに、割れの確認された鋼板表面のめっきを除去することを特徴とする請求項1又は2に記載のスポット溶接方法。
- [請求項4]            少なくとも一方の表面の溶接箇所をめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、
- スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、
- めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、
- 外周が重ね合わされた複数の鋼板の重ね合わせ面に形成される溶接熱影響部外縁の広いほうとなる円内とすることを特徴とするスポット溶接方法。
- [請求項5]            少なくとも一方の表面の溶接箇所をめっきが被覆された鋼板を1枚以上含む重ね合わされた複数の鋼板を対向する溶接電極で挟み込みスポット溶接する方法であって、
- スポット溶接の前に、めっきを除去する工程を含み、

めっきを除去する工程において、めっきが除去される範囲を、

外周が重ね合わされた複数の鋼板の重ね合わせ面に形成される溶接熱影響部外縁の広いほうであり、内周が上記鋼板の重ね合わせ面に形成されるナゲットの中心となる予定の位置と中心を共有し、ナゲットの直径の0.8倍である直径を有する円である円環内とすることを特徴とするスポット溶接方法。

[請求項6] スポット溶接前に、めっきが除去された部分の一部又は全部に、シーラ又は接着剤を塗布することを特徴とする請求項4又は5に記載のスポット溶接方法。

[請求項7] めっきを除去する前にテストスポット溶接を行い、溶接箇所での割れの発生の有無を確認し、重ね合わされた複数の鋼板の割れを確認したときに、割れの確認された鋼板の割れの発生した表面と重ね合わされた鋼板の重ね合わされた面にあるめっきを除去することを特徴とする請求項4～6のいずれか1項に記載のスポット溶接方法。

[請求項8] 前記スポット溶接が、

(a) 溶接電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^\circ$ 以上となる角度を付けて溶接する場合、

(b) 溶接電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $5^\circ$ 以上となっている角度付き電極を使用して溶接する場合、

(c) 溶接中に電極の軸心が鋼板の表面に対して垂直から $3^\circ$ 以上に撓む溶接ガンを使用して溶接する場合、

(d) 対向する溶接電極の軸心の相対的なズレが0.5mm以上生じた状態で溶接する場合、

(e) 重ね合わせ面の隙間が0.5mm以上有する溶接箇所を溶接する場合、

(f) 鋼板に対する固定側の溶接電極の加圧方向の位置が0.2mm以上のクリアランスを有するまま溶接する場合、及び

(g) 強度比が2.5倍を超える鋼板を含む板組を溶接する場合

のいずれか1以上を含む条件下で行われる場合にテストスポット溶接を行うことを特徴とする請求項3又は7に記載のスポット溶接方法。

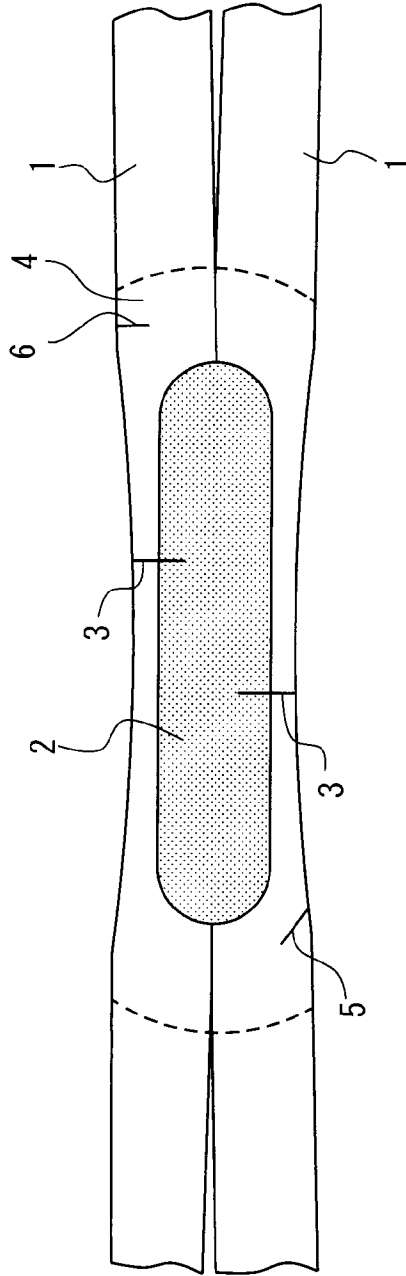
[請求項9] 前記テストスポット溶接において、割れの発生が確認されなかった鋼板のめっきも除去することを特徴とする請求項3、7、又は8に記載のスポット溶接方法。

[請求項10] めっきの除去を、機械的除去、及び蒸発除去の少なくとも一方で行うことを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載のスポット溶接方法。

[請求項11] 前記めっきが亜鉛系めっきであることを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載のスポット溶接方法。

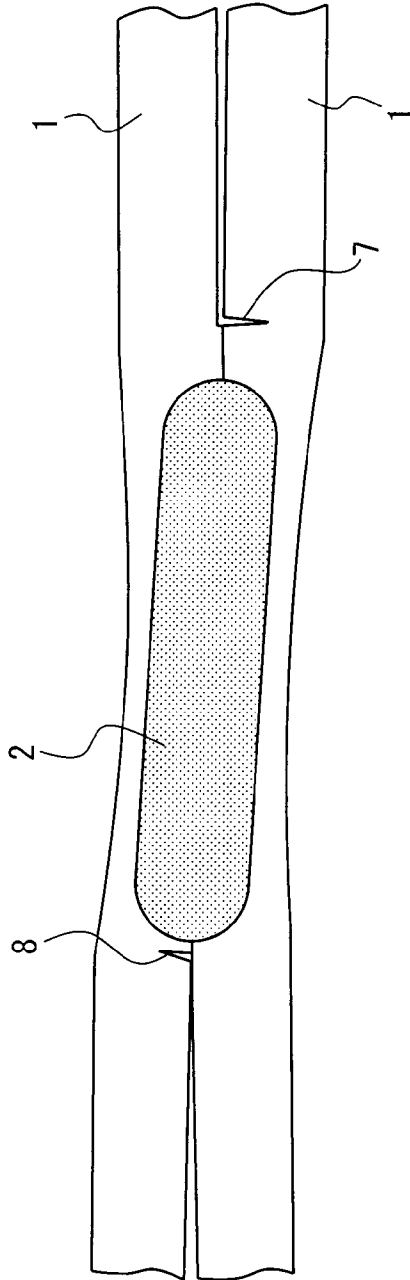
[図1]

図1



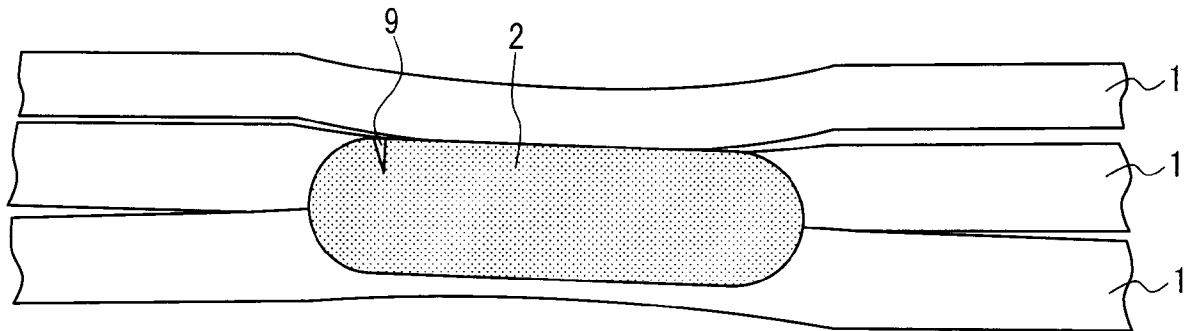
[図2]

図2



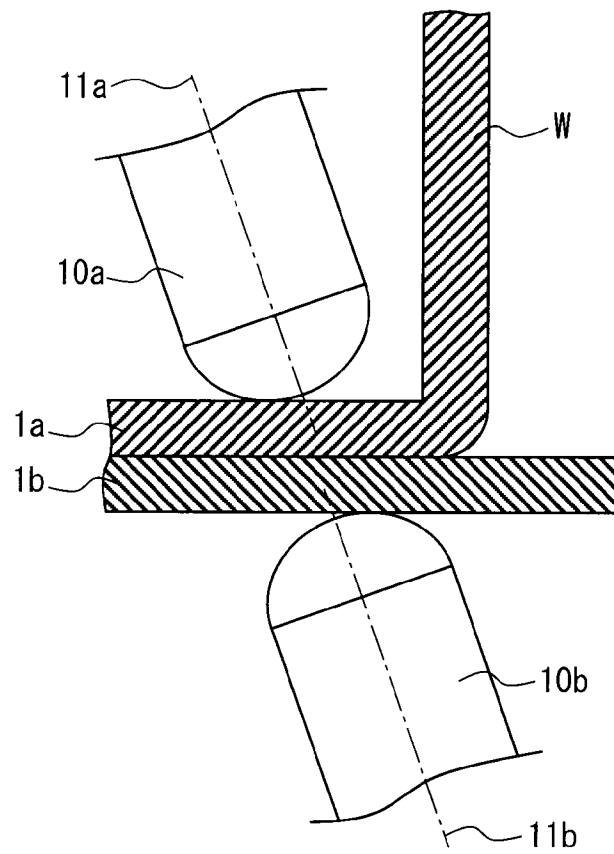
[図3]

図3



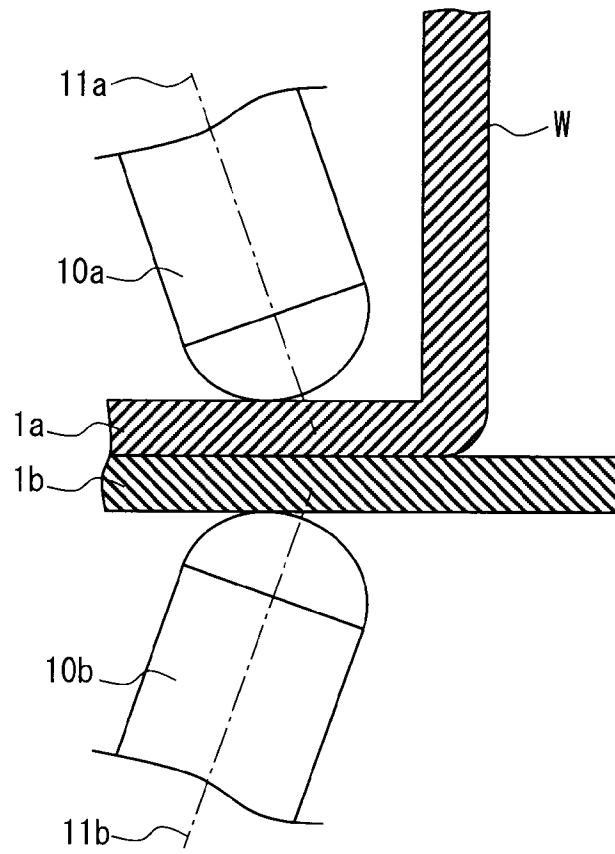
[図4]

図4



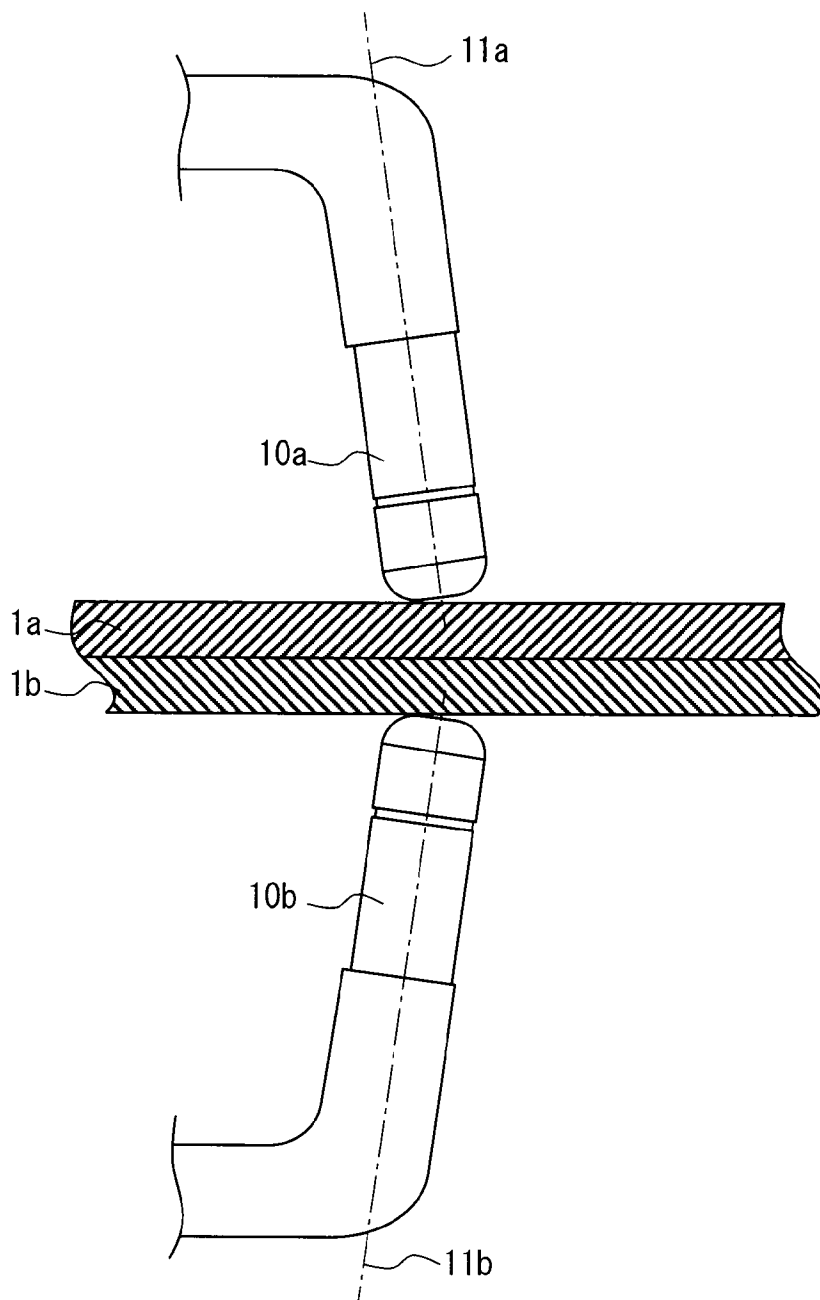
[図5]

図5



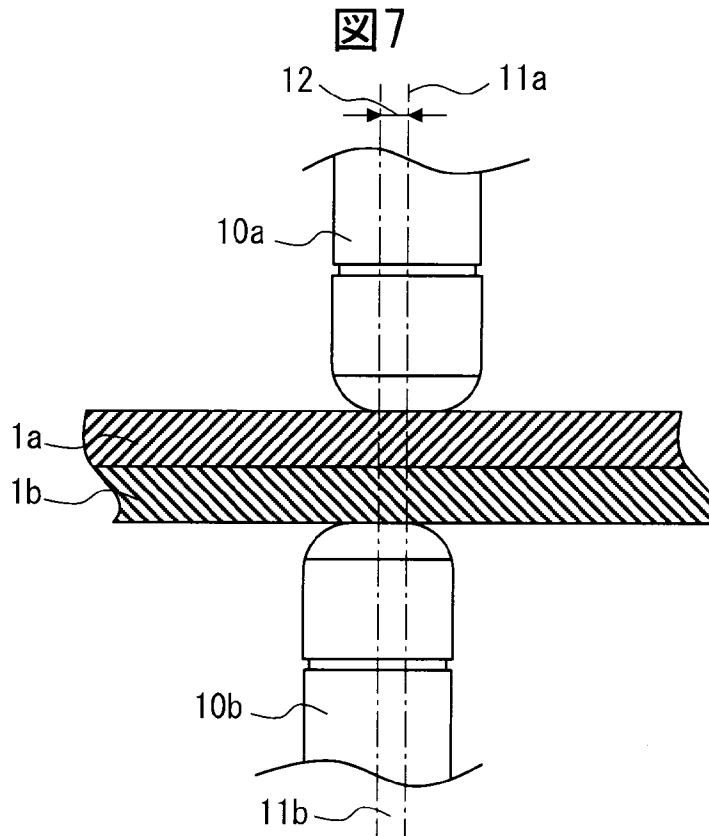
[図6]

図6

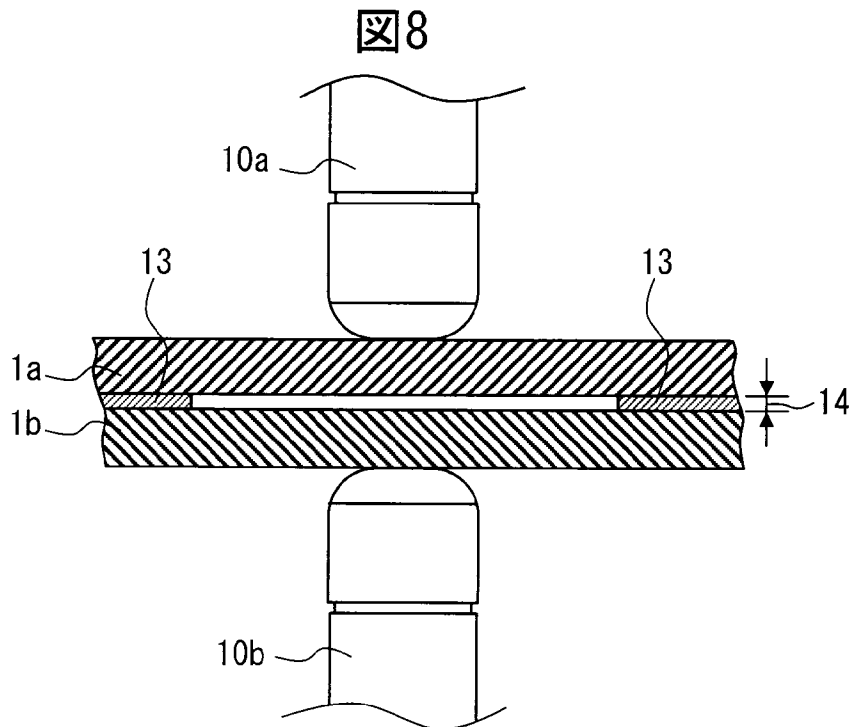




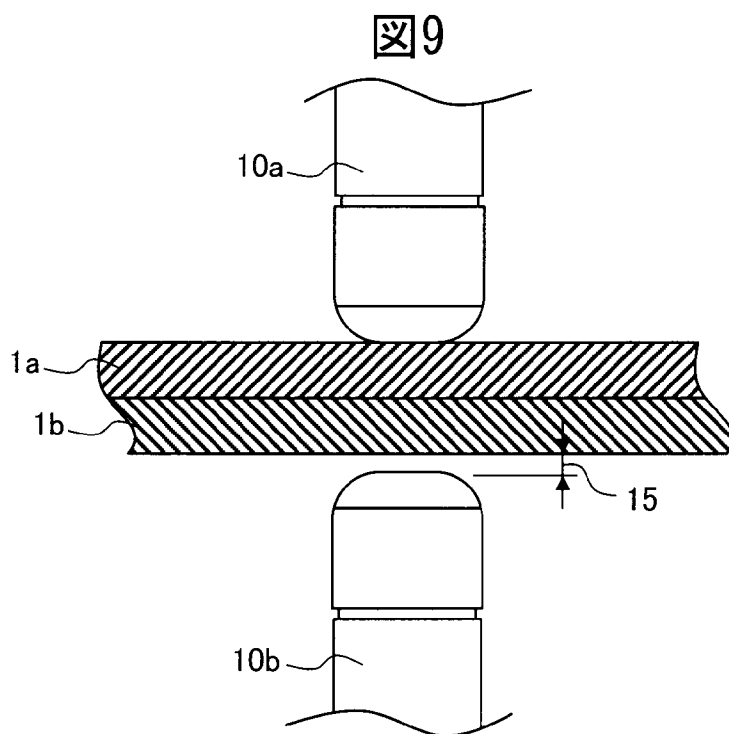
[図7]



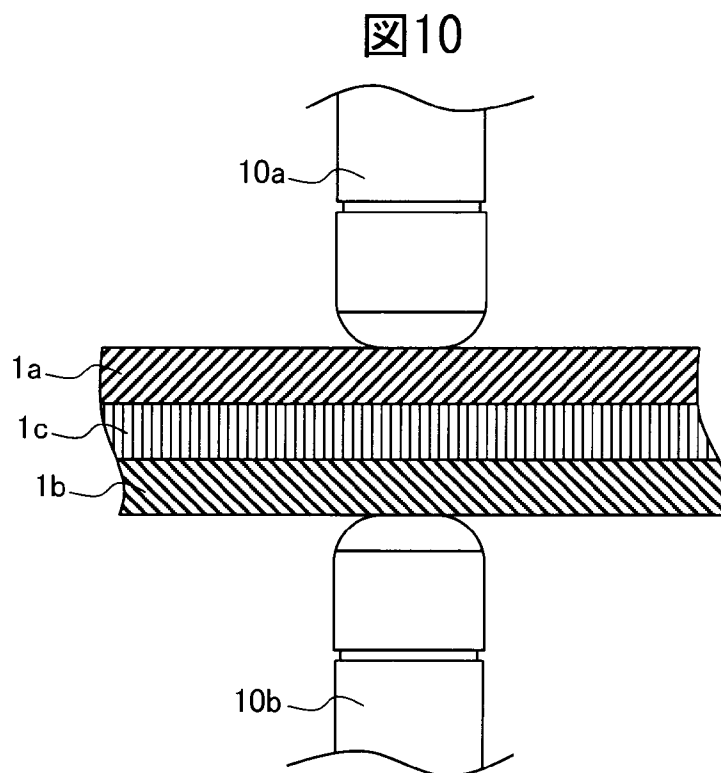
[図8]



[図9]

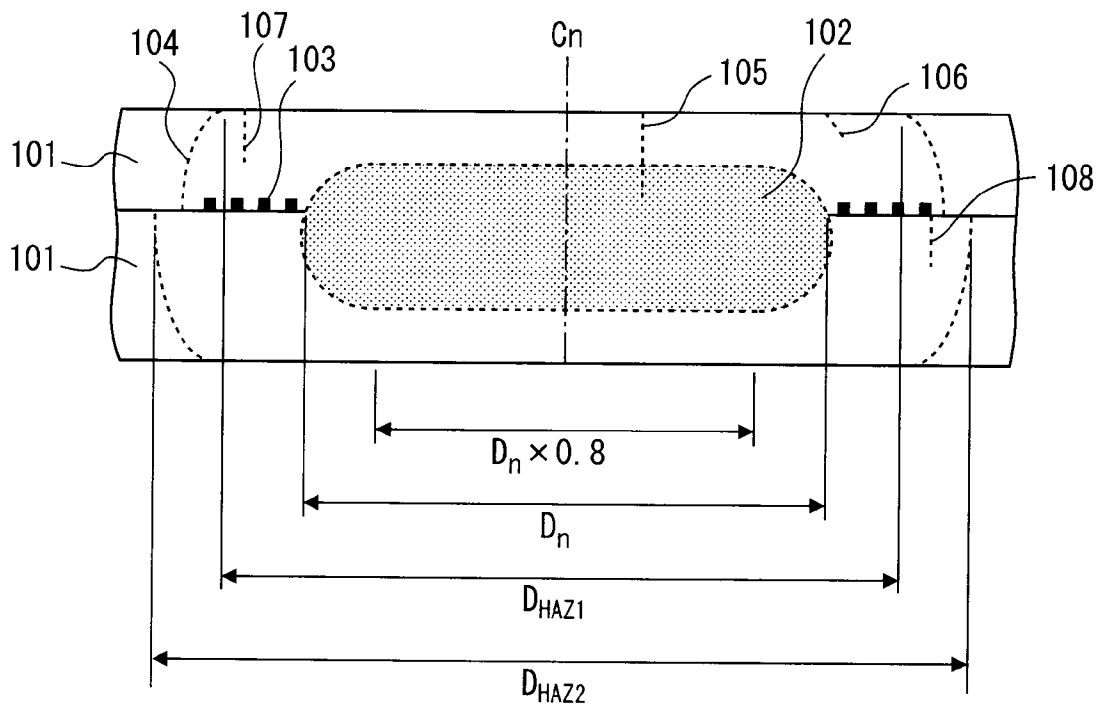


[図10]



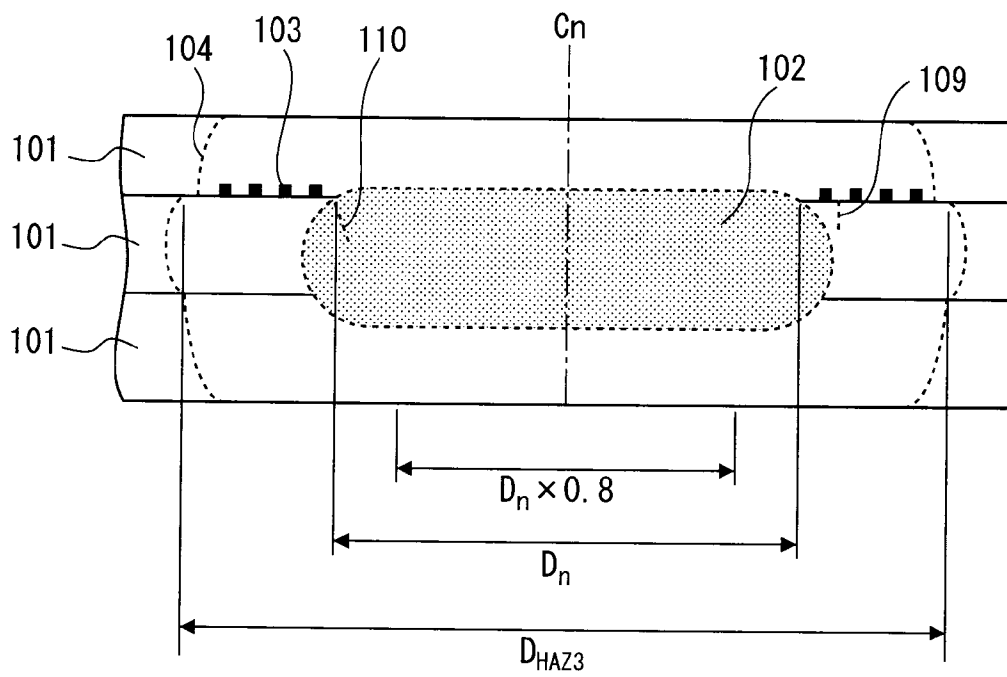
[図11]

図11



[図12]

図12



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No. PCT/JP2016/060541
--

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*B23K11/34(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/16(2006.01)i, B23K26/36(2014.01)n*

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)  
*B23K11/34, B23K11/11, B23K11/16, B23K26/36*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2016</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2016</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2016</i>

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.
A	JP 63-43775 A (Toyota Motor Corp.), 24 February 1988 (24.02.1988), claims; page 2, lower left column to lower right column (Family: none)	1-11
A	JP 2004-188495 A (Daihen Corp.), 08 July 2004 (08.07.2004), claim 3; paragraph [0029] (Family: none)	1-11
A	JP 55-139190 A (Toyo Kogyo Co., Ltd.), 30 October 1980 (30.10.1980), page 1, lower right column to page 3, upper right column (Family: none)	1-11

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 June 2016 (07.06.16)	Date of mailing of the international search report 14 June 2016 (14.06.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K11/34(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/16(2006.01)i, B23K26/36(2014.01)n

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.Cl. B23K11/34, B23K11/11, B23K11/16, B23K26/36

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 63-43775 A (トヨタ自動車株式会社) 1988.02.24, 特許請求の範囲, 第2ページ左下欄-右下欄 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2004-188495 A (株式会社ダイヘン) 2004.07.08, 請求項3, 段落[0029] (ファミリーなし)	1-11
A	JP 55-139190 A (東洋工業株式会社) 1980.10.30, 第1ページ右下欄-第3ページ右上欄 (ファミリーなし)	1-11

☐ 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

07.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

竹下 和志

3P

2926

電話番号 03-3581-1101 内線 3363