

(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  
2025年6月12日(12.06.2025)



(10) 国際公開番号

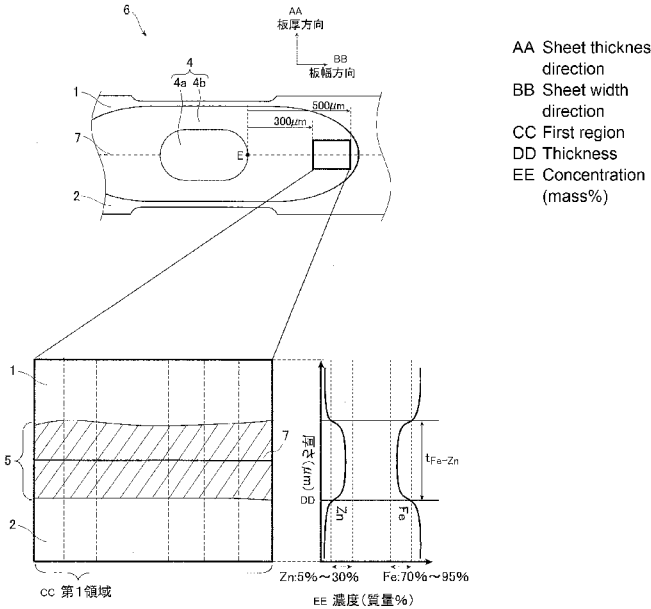
WO 2025/121278 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23K 11/16 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
B23K 11/11 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)  
B23K 11/24 (2006.01) B23K 103/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/042494
- (22) 国際出願日: 2024年12月2日(02.12.2024)
- (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 2023-207929 2023年12月8日(08.12.2023) JP
- (71) 出願人: J F E 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 (JP).
- (72) 発明者: 小 峯 慎 介 (KOMINE Shinsuke); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP). 澤 西 央 海(SAWANISHI Chikaumi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP). ▲ 高 ▼ 島 克 利(TAKASHIMA Katsutoshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP).
- (74) 代理人: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目

(54) Title: RESISTANCE SPOT WELDED MEMBER, AND RESISTANCE SPOT WELDING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接方法

[図2]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a resistance spot welded member and a resistance spot welding method for the same. The present invention pertains to a resistance spot welded member having a resistance spot welded part in which two or more overlapping steel sheets are subjected to resistance spot welding. At least one of the two or more overlapping steel sheets is a Zn plated steel sheet. In a first sheet set that has the largest difference in tensile strength between two steel sheets abutting in the vertical direction, the

6 番 1 号 J F E テクノリサーチ株式会社  
社知的財産事業部内 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

average thickness of a Fe-Zn alloy layer that has a Fe concentration of 70-95 mass% and a Zn concentration of 5-30 mass% and that is formed in a region located within 300-500 μm from a nugget end in the sheet width direction satisfies formula (1). (1):  $t_{Fe-Zn} \geq S_{iHigh} \times (M_{s1} - M_{s2})^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{Sheet}) / 5$

(57) 要約: 抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接方法の提供を目的とする。本発明は、重ね合わせた2枚以上の鋼板が抵抗スポット溶接された抵抗スポット溶接部を有する抵抗スポット溶接部材であって、重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち少なくとも1枚は、Znめっき鋼板であり、上下方向に当接した2枚の鋼板の引張強さの差が最も大きい第1板組における、ナゲット端部から板幅方向へ300~500 μmの領域に形成されたFe濃度: 70~95質量%かつZn濃度: 5~30質量%となるFe-Zn合金層の平均厚さが、(1)式を満たす。  $t_{Fe-Zn} \geq S_{iHigh} \times (M_{s1} - M_{s2})^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{Sheet}) / 5 \dots (1)$

## 明 細 書

発明の名称：

### 抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、複数の鋼板を抵抗スポット溶接した抵抗スポット溶接部材に関し、特に、自動車などの構造部品の部材として好適な抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 地球環境保全の観点からCO<sub>2</sub>排出量を削減すべく、自動車車体の強度を維持しつつ、その軽量化を図ることで自動車の燃費を改善することが、自動車業界においては常に重要な課題となっている。また、衝突安全性および燃費向上の観点からも、自動車車体の強度を維持しつつその軽量化が求められている。これらを達成するためには、自動車部品用素材となる鋼板の高強度化により鋼板を薄肉化することが有効であり、近年では引張強さ（TS）が980MPa以上の鋼板の適用が進められている。

[0003] 自動車の組み立て工程では、プレス成形された自動車部品を組み合わせる際に、重ね合わせた鋼板を溶接により接合することが一般的である。コストや製造効率の観点から、自動車部品の接合には、重ね抵抗溶接法の一つである抵抗スポット溶接方法を用いることが多い。この溶接法は、重ね合わせた2枚以上の鋼板をその上下側から一対の溶接電極により挟んで、その鋼板の上下側から一対の溶接電極で加圧しつつ、上下の溶接電極間に高電流の溶接電流を短時間通電して鋼板同士を接合する方法である。なお、図1には、一例として、2枚の鋼板1、2を重ね合わせて、溶接電極8、9で挟んだ状態を示している。この方法では、溶接電極間に高電流の溶接電流を流すことで発生する抵抗発熱を利用して、点状の溶接部4を得る。この楕円形状の溶接部4はナゲットと呼ばれ、重ね合わせた鋼板に電流を流した際に鋼板の接触箇所でも鋼板1、2が溶融し、凝固した部分である。これにより鋼板同士が

点状に接合される。

[0004] 自動車の衝突安全性を確保するためには、鋼板強度だけでなく、溶接部の強度も向上させることが求められる。抵抗スポット溶接部の強度を評価する試験方法は様々であり、一般的な評価方法のひとつとして、JIS Z 3136に規定される引張せん断試験が挙げられる。これは、溶接継手に対して引張せん断方向に引張荷重を負荷して引張せん断強度（以下、TSSと称す）を測定する試験法である。

[0005] また、自動車用鋼板では、耐食性の観点から、腐食リスクのある部品には亜鉛（Zn）めっき鋼板等の防錆能を有する鋼板（いわゆる「表面処理鋼板」）が使用される。しかしながら、表面処理鋼板を含む複数の鋼板を重ね合わせた板組の抵抗スポット溶接においては、溶接部に割れが生じることがあるという問題がある。溶接部の割れは、溶接中に表面処理鋼板の表面の低融点の金属めっき層が溶融し、溶接電極の加圧力や鋼板の熱膨張や鋼板の収縮による引張応力が溶接部に加わった際に、溶融した低融点金属が表面処理鋼板の母材の結晶粒界に侵入して粒界強度を低下させ、割れを引き起こす、いわゆる液体金属脆性に起因する割れであると考えられている（以下、「LME割れ」と称する）。LME割れの発生位置は、図7に示すような、溶接電極8、9と接する側の鋼板1、2の表面や、鋼板同士が接する側の鋼板1、2の表面など、様々である。

[0006] このようなLME割れの対策として、例えば特許文献1～特許文献4の技術がある。特許文献1では、板組である鋼板の成分組成を特定範囲とすること、具体的には、重量%で、C：0.003～0.01%、Mn：0.05～0.5%、P：0.02%以下、sol.Al：0.1%以下、Ti： $48 \times (N/14) \sim 48 \times \{ (N/14) + (S/32) \}$  %、Nb： $93 \times (C/12) \sim 0.1$  %、B：0.0005～0.003%、N：0.01%以下、Ni：0.05%以下、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成とすることが提案されている。

[0007] 特許文献2では、以下の条件式（A）および（B）を満足させるように溶

接通電時間および溶接通電後の保持時間を設定してスポット溶接を行う、高強度めっき鋼板のスポット溶接方法が提案されている。

$$0.25 \times (10 \times t + 2) / 50 \leq WT \leq 0.50 \times (10 \times t + 2) / 50$$

… (A)

$$300 - 500 \times t + 250 \times t^2 \leq HT \quad \dots (B)$$

ただし、条件式 (A) および (B) において、 $t$  : 板厚 (mm)、 $WT$  : 溶接通電時間 (ms)、 $HT$  : 溶接通電後の保持時間 (ms) とする。

[0008] また、特許文献2には、鋼板の板厚に応じて通電時間および通電後の電極の保持時間を適切に設定し、かつ、鋼板中の合金元素量が一定以下となる高強度亜鉛めっき鋼板を用いて、抵抗スポット溶接を行うことも提案されている。

[0009] 特許文献3では、通電パターンを3段以上の多段通電とし、適正電流範囲 ( $\Delta I$ ) が1.0kA以上、好ましくは2.0kA以上となるように、通電時間および溶接電流等の溶接条件を調整し、かつ、各段の間に冷却時間を設ける抵抗スポット溶接方法が提案されている。上記の適正電流範囲とは、所望のナゲット径以上で、かつ溶融残厚が0.05mm以上であるナゲットを、安定して形成できる電流範囲のことである。

[0010] 特許文献4では、抵抗スポット溶接に先だって、溶接される部分のめっき層を除去することにより、LME割れを防止する技術が提案されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0011] 特許文献1：特開平10-195597号公報

特許文献2：特開2003-103377号公報

特許文献3：特開2003-236676号公報

特許文献4：国際公開第2016/159169号

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、特許文献1では鋼板の合金元素量を限定する必要があるため、要求性能を満たす鋼板の使用が制限されるなどの課題がある。特に、最近の鋼板での高強度化に伴って高合金化が進んでいる状況下では、特許文献1の技術の適用は極めて制限される。
- [0013] 特許文献2では、散りが発生するような過大な溶接電流を設定した際のLME割れ抑制方法のみが提案されており、散りが発生しない状態でのLME割れについては言及されていない。
- [0014] 特許文献3では、溶接条件の適正化に多くの工数が必要であり、また適正電流範囲の確保が困難な鋼板および板組に対しては適用できないという課題がある。加えて、特許文献2および3では、溶接電極の打角による影響については検討されていないため、自動車組立て時の実施工を考慮すると、対策としては不十分な場合がある。
- [0015] 特許文献4では、事前にめっき層を除去する工程が必要であるため、製造コストが増加する。また、めっき層を除去しているため、溶接部の耐食性が低下すると考えられる。
- [0016] 本発明は、上記のような事情に鑑みてなされたものであり、特に表面処理鋼板を含む複数の鋼板を用いた板組における抵抗スポット溶接部のLME割れを抑止可能な、抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接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

- [0017] 本発明者らは、上記の目的を達成すべく、鋭意検討を重ねた結果、以下の知見を得た。
- [0018] 溶接時に発生する割れに対する本発明の効果は、種々の因子が複雑に影響しているため単純には説明できないが、本発明者らは次のように考える。抵抗スポット溶接部のLME割れは、溶接時の施工外乱などによって、抵抗スポット溶接部に過大な引張残留応力が発生した際に生じやすい。特に、鋼板同士が接する鋼板合わせ面側においては、抵抗スポット溶接の通電および加圧終了後に、溶接電極を開放した際に局所的に引張応力が大きい領域でLM

E割れを発生しやすいことが知られている。他にも、重ね合わせた鋼板同士の強度差が顕著な場合には、冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力も発生しやすくなると考えられる。

[0019] また、上述した通り、LME割れは、Znなどの液体金属が鋼板と接した状態で引張応力が付与されることで発生する。そのため、重ね合わせた鋼板同士の強度差が大きくなる板-板間（すなわち鋼板合わせ面）におけるFeとZnの相互拡散を促し、FeとZnの合金化を進行させ、ナゲット近傍における一定以上のFe濃度を有するZn合金層の厚さを制御する。これにより、上記の引張応力が付与された時点で板-板間に液体Znが存在しないようにする。本発明者らは、このような技術思想により、LME割れが抑止可能であるとの着想を得た。また本発明者らは、上記の一定以上のFe濃度を有するZn合金層の厚さを制御するための適切な溶接条件があることも見出した。

[0020] 本発明は、上記の知見に基づいてなされたものであり、その要旨構成は次のとおりである。

[1] 重ね合わせた2枚以上の鋼板が抵抗スポット溶接された抵抗スポット溶接部を有する抵抗スポット溶接部材であって、

前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち少なくとも1枚は、Znめっき鋼板であり、

前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、上下方向に当接した2枚の鋼板における引張強さの差が最も大きい組み合わせを第1板組と称し、

前記第1板組における、鋼板合わせ面上のナゲット端部から板幅方向へ300

0~500 $\mu\text{m}$ の領域に形成されたFe濃度：70~95質量%かつZn濃

度：5~30質量%となるFe-Zn合金層の平均厚さを $t_{\text{Fe-Zn}}$  ( $\mu\text{m}$ ) と

したとき、

前記Fe-Zn合金層の平均厚さが(1)式を満たす、抵抗スポット溶接部材。

$$t_{\text{Fe-Zn}} \geq S_{\text{High}} \times (M_{s1} - M_{s2})^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{\text{Sheet}}$$

) / 5 … (1)

ここで、(1) 式中に示す、

$M_{s_1}$  (°C) : 前記第1板組における、 $M_s$ 点が高い鋼板側の $M_s$ 点、

$M_{s_2}$  (°C) : 前記第1板組における、 $M_s$ 点が低い鋼板側の $M_s$ 点、

$S_{i_{High}}$  (質量%) : 前記第1板組における、 $S_i$ 含有量が最も大きい鋼板側の $S_i$ 濃度、

$\theta$  (度) : 前記重ね合わせた複数の鋼板における、最外層の鋼板側の肩部を結ぶ直線と当該最外層の鋼板側のナゲット外周縁の接線とのなす角で求められるナゲットの傾き、

$g_{Sheet}$  (mm) : 各鋼板合わせ面の板間の隙間の合計、である。

[2] 前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、 $S_i$ 含有量が0.5質量%以上の鋼板が1枚以上含まれる、[1]に記載の抵抗スポット溶接部材。

[3] 前記第1板組における、2枚の鋼板の引張強さの差が200MPa以上である、[1]または[2]に記載の抵抗スポット溶接部材。

[4] [1] ~ [3] のいずれか1つに記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法であって、

重ね合わせた2枚以上の鋼板を一对の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電してナゲットを形成する本通電工程を有し、

前記本通電工程の平均電流値を $I_1$  (kA)、前記本通電工程の通電時間を $T_1$  (s)、前記溶接電極の平均加圧力を $p$  (kN)、通電終了後のホールド時間を $T_{Hold}$  (s)、前記鋼板の枚数を $N$  (枚)としたとき、前記本通電工程の溶接条件が(2)式を満たす、抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

$$I_1^2 \times T_1 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{i_{High}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (2)$$

ここで、(2)式中に示す、 $S_{i_{High}}$ は前記第1板組の $S_i$ 含有量が最も大きい鋼板側の $S_i$ 濃度(質量%)であり、 $M_{s_1}$ は前記第1板組の $M_s$ 点が高い

い鋼板側の $M_s$ 点(°C)であり、 $M_{s_2}$ は前記第1板組の $M_s$ 点が低い鋼板側の $M_s$ 点である。

[5] 前記本通電工程後に、形成された前記ナゲットに後熱処理を行う後通電工程を有し、

前記本通電工程の平均電流値を $I_1$ (kA)、前記本通電工程の通電時間を $T_1$ (s)、前記後通電工程の平均電流値を $I_2$ (kA)、前記後通電工程の通電時間を $T_2$ (s)、前記後通電工程の通電回数を $N_p$ (回)、前記本通電工程および後通電工程の通電間隔を $T_3$ (s)、溶接電極の平均加圧力を $p$ (kN)とし、前記通電終了後のホールド時間を $T_{Hold}$ (s)、前記鋼板の枚数を $N$ (枚)としたとき、

前記(2)式に変えて、前記本通電工程および前記後通電工程の溶接条件が(3)式の関係を満たす、[4]に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

$$I_1^2 \times T_1 + I_2^2 \times T_2 \times N_p / T_3 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{i_{High}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (3)$$

[6] 前記本通電工程では、少なくとも1箇所の溶接打点については、前記溶接電極による加圧を行う直前に、(a)～(d)のうちから選択された1つまたは2つ以上の状態を満たす、[4]または[5]に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

(a) 前記溶接電極と前記重ね合わせた2枚以上の鋼板との打角が0.2度以上である状態

(b) 一对の前記溶接電極の芯ずれ量が0.1mm以上である状態

(c) いずれかの前記溶接電極と前記重ね合わせた2枚以上の鋼板の最外層との隙間が0.5mm以上ある状態

(d) 前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、少なくとも1組以上の鋼板間にある隙間が0.5mm以上ある状態

[7] 前記本通電工程と前記後通電工程との間には、通電を休止する無通電工程を有する、[5]または[6]に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗

スポット溶接方法。

[8] 前記本通電工程後に、前記無通電工程および前記後通電工程を繰り返す、[7]に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

### 発明の効果

[0021] 本発明によれば、特に表面処理鋼板を含む複数の鋼板を用いた板組であっても、鋼板の成分組成や溶接時の施工外乱によらず抵抗スポット溶接部のLME割れの抑止が可能な、抵抗スポット溶接部材を提供できる。また、当該板組に含まれるZnめっき鋼板のめっき層を事前に除去することなく溶接継手が製造可能な、抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法を提供できる。

### 図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、抵抗スポット溶接の一例を模式的に示す板厚方向断面図である。

[図2]図2は、本発明の一実施形態に係る抵抗スポット溶接部材における、抵抗スポット溶接部およびその周辺と、 $t_{Fe-Zn}$ の測定方法とを模式的に説明する板厚方向断面図である。

[図3]図3は、本発明の他の実施形態に係る抵抗スポット溶接部材における、抵抗スポット溶接部およびその周辺と、 $t_{Fe-Zn}$ の測定方法とを模式的に説明する板厚方向断面図である。

[図4]図4は、本発明の抵抗スポット溶接部における $t_{Fe-Zn}$ と、(1)式の右辺値と、LME割れの評価との関係を示す図である。

[図5]図5は、抵抗スポット溶接時の施工外乱である、ナゲットの傾き( $\theta$ )の測定方法を模式的に説明する板厚方向断面図である。

[図6]図6(A)および図6(B)は、抵抗スポット溶接時の施工外乱である、板間の隙間( $g_{sheet}$ )の測定方法を模式的に説明する板厚方向断面図である。

[図7]図7は、従来の抵抗スポット溶接時の割れの発生例を模式的に示す板厚方向断面図である。

## 発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の抵抗スポット溶接部材およびその抵抗スポット溶接方法について具体的に説明する。なお、本発明は、この実施形態に限定されない。

[0024] 〔抵抗スポット溶接部材〕

図2および図3を参照して、本発明の抵抗スポット溶接部材（以下、「溶接部材」と称する）を説明する。図2および図3には、一例として、溶接部材における抵抗スポット溶接部およびその周辺の一部を拡大した板厚方向断面図を示す。この拡大した箇所とは、図2および図3中に示す四角枠で囲った領域である。

[0025] 本発明は、重ね合わせた2枚以上の鋼板が抵抗スポット溶接された抵抗スポット溶接部を有する溶接部材である。後述するように、重ね合わせた複数の鋼板のうち少なくとも1枚は、鋼板表面にZn系めっき層を有するZnめっき鋼板である。当該重ね合わせた鋼板の枚数の上限は特に規定しないが、5枚以下とすることが好ましい。

[0026] なお、重ね合わせた鋼板の枚数が増えると、溶接部への入熱が増加することでLME割れが発生しやすくなる。そのため、上記の鋼板の枚数が3枚以上である場合に、本発明の効果をより有効に得ることができる。

[0027] 図2に示す例は、重ね合わせた2枚の鋼板1、2が溶接接合された溶接部材6であり、下側に配置される鋼板2（以下、「下板」と称する場合もある）および上側に配置される鋼板1（以下、「上板」と称する場合もある）の両方またはいずれか一方が、Znめっき鋼板である。図2の溶接部材6の場合、上板1と下板2が接する鋼板合わせ面（すなわち、鋼板の重ね面）7に、以下に説明する抵抗スポット溶接部4が形成される。

[0028] また、鋼板の枚数が3枚以上である例として、図3には、重ね合わせた3枚の鋼板1、2、3が溶接接合された溶接部材6を示す。図3の溶接部材6は、最も下側に配置される鋼板2（すなわち下板）、最も上側に配置される鋼板1（すなわち上板）、およびそれらの間に配置される鋼板3（以下、「中板」と称する場合もある）の全部または少なくとも1枚が、Znめっき鋼

板である。図3の溶接部材6の場合、下板2と中板3および中板3と上板1が接する各鋼板合わせ面7（7a、7b）を含むように、以下に説明する抵抗スポット溶接部4が形成される。

[0029] [抵抗スポット溶接部]

まず、図4を参照して、本発明の技術思想を詳細に説明する。

[0030] 図4には、本発明の溶接部材の抵抗スポット溶接部（以下、「溶接部」と称する）における、板一板間に形成された一定以上のFe濃度を有するZn合金層（すなわち、後述のFe-Zn合金層）の平均厚さ（ $t_{Fe-Zn}$ ）と後述の（1）式の右辺値との関係、および、これらとLME割れ評価との対応を示す。ここでは、後述する実施例に記載の板組および溶接条件で溶接した溶接部材、LME割れ評価の評価基準を用いる。上記厚さの単位は、 $\mu m$ である。上記の「（1）式の右辺値」とは、「 $S_{i\ High} \times (M_{s1} - M_{s2})^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{sheet}) / 5$ 」で計算される値である。

[0031] 上述のように、LME割れは、Znなどの液体金属が鋼板と接した状態で、引張応力が付与されることで発生する。他にも、重ね合わせた鋼板同士の強度差が顕著な場合には、冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力も発生しやすくなると考えられる。そのため、本発明では、特定領域における板一板間のFeとZnの相互拡散を促し、FeとZnの合金化を進行させ、一定以上のFe濃度を有するZn合金層の厚さを制御することが重要となる。これにより、引張応力が付与された時点で板一板間に液体Znが存在しないようにすることができるからである。

[0032] ここで、上記の「一定以上のFe濃度を有するZn合金層」について説明する。図2および図3の溶接部材6に示すように、ナゲット4aの外側で、かつ重ね合わせた複数の鋼板の板一板間（すなわち鋼板合わせ面7側）には、Zn合金層が形成される。Fe濃度の高いZn合金層ほど、合金化に伴い液体Znが抑制され、LME割れ抑止に有効である。そこで、本発明では、Fe濃度が70～95質量%かつZn濃度が5～30質量%となる領域を「Fe-Zn合金層」と定義し、当該Fe-Zn合金層の平均厚さを「 $t_{Fe-Zn}$

」と定義する。

[0033] Fe濃度が70～95質量%かつZn濃度が5～30質量%とする理由は、以下の通りである。Fe濃度およびZn濃度はFe-Zn合金化度の指標であり、合金化が進行するほどFe濃度は増加し、Zn濃度は減少する。Fe濃度が70質量%未満かつZn濃度が30質量%超えでは、合金化が不十分となり、本発明の効果が得られない場合がある。よって、Fe濃度が70質量%以上かつZn濃度が30質量%以下とする。一方で、合金化を進行させるため、Fe濃度が95%超えかつZn濃度が5%未満とするには、通電時間や通電回数が著しく増加し、施工効率の低下を招く可能性がある。よって、Fe濃度が95質量%以下かつZn濃度が5質量%以上とする。

[0034] なお、Fe-Zn合金化度の制御は、溶接時の通電パターンを制御することによって実現できる。特に、合金化には、通電中にFe-Znの合金化が進行するような高温域で長時間保持することが有効である。この通電パターンの制御によって、溶接板組、当該板組に用いる鋼板の強度や成分組成や組織、および溶接時の外乱に応じたFe-Zn合金層の平均厚さを適切に制御することができる。

[0035] また、上記の「特定領域」とは、鋼板合わせ面7とナゲット4aの外周縁との交点をナゲット端部Eとしたとき、当該ナゲット端部Eから鋼板合わせ面7上を板幅方向へ300～500μm離れた位置の領域を指す。本発明では、この領域を「第1領域」と称する。この第1領域は、ナゲット4aの外周に形成された溶接熱影響部4bの内部に存在する領域であり、ナゲット4aの両端側に形成される。なお、図2および図3では、説明のために一方のナゲット端部側だけに第1領域を図示し、他方のナゲット端部側の第1領域の図示を省略している。当該図中に示す四角枠は、第1領域内のFe-Zn合金層5が含まれるように板厚方向長さを適宜設定し、図示している。

[0036] この第1領域は、LME割れが生じやすい領域と考えられる。この理由は明らかではないが、次のように考えられる。溶接時の最高到達温度はナゲットに近いほど高くなることから、ナゲットに近いほどFeとZnの相互拡散

に伴う Fe-Zn 合金化が促進される。このナゲットに近い領域は、Fe-Zn 合金化の観点からは LME 割れが生じにくいと考えられる。しかしながら、最高到達温度が高いほど溶接電極開放時の温度は高くなるため、液体 Zn が存在しやすくなると考えられる。これに起因して、ナゲット端部 E から鋼板合わせ面 7 上を板幅方向へ 300~500  $\mu\text{m}$  離れた位置の領域である第 1 領域では LME 割れが生じやすいと考えられる。

[0037] なお、ナゲット端部 E から鋼板合わせ面 7 上を板幅方向に 300  $\mu\text{m}$  未満までの領域では溶接条件によらず、(1) 式を満たす  $t_{\text{Fe-Zn}}$  が得られる場合が多く、LME 割れが発生するリスクは低いと考えられる。また、ナゲット端部 E から鋼板合わせ面 7 上を板幅方向に 500  $\mu\text{m}$  の位置を超える領域では外乱による局所的な引張応力が生じにくく、また溶接時の最高到達温度も低いため、LME 割れが発生するリスクが低いと考えられる。よって、本発明では、ナゲット端部 E から鋼板合わせ面 7 上を板幅方向へ 300~500  $\mu\text{m}$  離れた位置の領域に着目している。

[0038] そこで、図 4 に示すように、本発明では、板-板間の材料物性に着目し、鋼板同士の TS 差、Si 量、組織分率を考慮した変態点、および施工外乱によって、LME 割れを抑制するために必要な  $t_{\text{Fe-Zn}}$  が変化することを見出した。さらに、板-板間の材料物性に依じて上記第 1 領域の  $t_{\text{Fe-Zn}}$  を適切に制御することで、LME 割れを抑止可能であることを見出した。

[0039] 続いて、この技術思想に基づき完成された本発明の溶接部を説明する。

[0040] 本発明の溶接部 4 は、上述のように、ナゲット近傍の第 1 領域の Fe-Zn 合金層の厚さを適切に制御することが重要となる。

[0041] 具体的には、図 2 および図 3 に示すように、重ね合わせた複数の鋼板のうち、上下方向に当接した 2 枚の鋼板における引張強さの差が最も大きい組み合わせを第 1 板組と称する。図 2 に示す例では、上板 1 と下板 2 が第 1 板組となり、図 3 に示す例では上板 1 と中板 3 とが第 1 板組となる。なお、重ね合わせた鋼板の枚数が 3 枚以上の場合において、上下方向に当接した 2 枚の鋼板における引張強さの差が全ての組み合わせで同一であるときには、い

れか1つの組み合わせを第1板組とすればよい。

[0042] この第1板組における、鋼板合わせ面7上のナゲット端部Eから板幅方向へ300~500 $\mu$ mの領域に形成されたFe濃度：70~95質量%かつZn濃度：5~30質量%となるFe-Zn合金層を第1領域と称し、この第1領域のFe-Zn合金層の平均厚さを $t_{Fe-Zn}$  ( $\mu$ m) とする。

また、第1板組における、Ms点が高い鋼板側のMs点を $Ms_1$  ( $^{\circ}$ C) とし、Ms点が高い鋼板側のMs点を $Ms_2$  ( $^{\circ}$ C) とし、Si含有量が最も大きい鋼板側のSi濃度を $Si_{High}$  (質量%) とする。また、重ね合わせた複数の鋼板における、最外層の鋼板側の肩部を結ぶ直線と当該最外層の鋼板側のナゲット外周縁の接線とのなす角で求められるナゲットの傾きを $\theta$  (度) とし (図5を参照)、各鋼板合わせ面7の板間の隙間の合計を $g_{Sheet}$  (mm) とする (図6を参照)。

上記の $t_{Fe-Zn}$ が、上記の $Si_{High}$ 、 $Ms_1$ 、 $Ms_2$ 、 $\theta$ および $g_{Sheet}$ との関係で(1)式を満たす。

$$t_{Fe-Zn} \geq Si_{High} \times (Ms_1 - Ms_2)^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{Sheet}) / 5 \quad \dots (1)$$

ここで、(1)式における $Ms_1$ および $Ms_2$ はマルテンサイト変態開始温度(Ms点)のことであり、Ms点は以下の(4)式により求めることができる。

$$Ms (^{\circ}C) = 539 - 423 \times \{ [C\%] \times 100 / (100 - [\alpha \text{面積}\%]) \} - 30 \times [Mn\%] - 12 \times [Cr\%] - 18 \times [Ni\%] - 8 \times [Mo\%] \quad \dots (4)$$

上記の(4)式に示す[元素記号%]は、各元素の含有量(質量%)を表し、含有しない元素は0とする。また、[\alpha面積%]は、焼鈍後の鋼板(母材)のフェライト面積率(%)とする。

[0044] 本発明で(1)式を規定した理由は以下の通りである。

[0045] LME割れに及ぼす影響因子は様々であるが、鋼板の成分組成としてはSiが増加すると、LME割れ発生リスクが高まると考えられる。鋼板中の

S<sub>i</sub>がLME割れに及ぼす影響は複雑であり、単純には説明できないものの、S<sub>i</sub>はFe-Znの合金化反応を阻害する元素として知られている。そのため、S<sub>i</sub>が増加することで板-板間に液体Znが存在しやすくなることから、鋼板のS<sub>i</sub>含有量の増加に応じて $t_{Fe-Zn}$ の下限値が上昇する。

[0046] また、鋼板のマルテンサイト変態開始温度（M<sub>s</sub>点）はマルテンサイト分率、つまり鋼板強度に影響する因子であり、M<sub>s</sub>点の差が大きいと、鋼板間の強度差も大きくなり、溶接時に鋼板に生じる残留応力が一方に集中する可能性がある。このことから、M<sub>s</sub>点の差の増加に応じて $t_{Fe-Zn}$ の下限値が上昇する。本発明では、 $(M_{s1} - M_{s2}) > 0$ のときに本発明効果が大きくなり、 $(M_{s1} - M_{s2}) \geq 10$ のときに更に本発明効果は大きくなる。なお、本発明における重ね合わせた鋼板とは、異種鋼板であることが好ましい。M<sub>s</sub>点は $t_{Fe-Zn}$ の下限値への影響因子であるが、M<sub>s</sub>点は鋼板の成分だけでなく、鋼板の組織分率にも影響を受ける。特にCを固溶しないフェライト相分率の影響が大きい。これを踏まえ、フェライト相分率を考慮したM<sub>s</sub>点を用いることで、 $t_{Fe-Zn}$ の適切な制御による、LME割れ抑止技術を見出した。

[0047] また、ナゲットの傾き（ $\theta$ ）は、溶接時の打角によって生じたものと考えられる。打角により加圧時に生じるモーメントに起因して、鋼板の一部に引張応力が生じる。このことから、ナゲットの傾きの増加に応じて $t_{Fe-Zn}$ の下限値が上昇する。

[0048] また、鋼板合わせ面の板間の隙間の合計（ $g_{sheet}$ ）も、ナゲットの傾きと同様、加圧時に鋼板の一部に引張応力が生じることから、鋼板合わせ面の板間の隙間の合計の増加に応じて $t_{Fe-Zn}$ の下限値が上昇する。

[0049] そして、上述のように、重ね合わせた鋼板同士の強度差が顕著な場合には、冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力も発生しやすくなると考えられる。

[0050] 以上の理由から、本発明では、第1板組における鋼板合わせ面側での第1領域のFe-Zn合金層の平均厚さ（ $t_{Fe-Zn}$ ）が（1）式を満たすものとする。

[0051] なお、 $t_{Fe-Zn}$ が大きいほどZn合金層の融点が増え、LME割れ抑止に

有効であることから(1)式の上限は、特に規定しない。しかし、 $t_{Fe-Zn}$ を過度に大きくするためには、非常に長時間の通電が必要となり、タクトタイムの増加を招く場合がある。そのため、(1)式における $t_{Fe-Zn}$ の上限は20( $\mu m$ )以下とすることが好ましく、15( $\mu m$ )以下とすることがより好ましく、14.0( $\mu m$ )以下とすることがさらに好ましい。

[0052] 本発明では、(1)式を満たす $t_{Fe-Zn}$ となる第1領域は、ナゲットの両端部側にそれぞれ形成される。例えば、図2および図3のように、鋼板合わせ面7に対してナゲットが傾いていなかった場合には、ナゲット端部のいずれか一方側に形成された第1領域を測定対象とする。また例えば、図5のように、鋼板合わせ面7に対してナゲットが傾いていた場合には、傾いている側と反対側に形成された第1領域を測定対象とする。具体的には、図5に示すような方向にナゲット4aが傾いていた場合(すなわち、鋼板合わせ面7に対して紙面左側が下がるようにナゲット4aが傾いていた場合)には、ナゲット右側の第1領域を測定対象とする。なお、重ね合わせた鋼板が3枚以上で、かつ、複数の鋼板合わせ面でFe-Zn合金層が形成された場合には、当接した鋼板同士のTSの差が最も大きい鋼板合わせ面に形成された第1領域を測定対象とする。

[0053] 本発明において、上記の $S_{i\ High}$ の濃度、 $M_{s1}$ 、 $M_{s2}$ 、 $\theta$ 、 $g_{Sheet}$ 、 $t_{Fe-Zn}$ は、後述する実施例に記載の方法で測定することができる。

[0054] [重ね合わせた複数の鋼板]

[Znめっき鋼板]

上述のとおり、重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち少なくとも1枚は、Znめっき鋼板である。LME割れは、少なくとも1枚のZnめっき鋼板を用いた際に発生する現象のためである。なお、重ね合わせた複数の鋼板(すなわち板組)は、全ての鋼板がZnめっき鋼板であってもよいし、Znめっき鋼板と金属めっき層を有さない鋼板(いわゆる「冷延鋼板」)とを重ね合わせてもよい。いずれの場合でも本発明の効果を得られる。

[0055] 本発明における「Znめっき鋼板」とは、電気亜鉛めっき(EG)および

溶融亜鉛めっき（G I）および合金化溶融亜鉛めっき（G A）に代表される亜鉛めっきや、亜鉛の他にアルミニウムやマグネシウムなどの元素を含んだ亜鉛合金めっきなどのZn系めっき層を、母材である下地鋼板の表面上に有する鋼板を指す。

[0056] なお、めっき層中の組成は特に限定されないが、 $t_{Fe-Zn}$ を増加させるためには、めっき層中のFe濃度は5質量%以上であることが好適である。また、鋼板のパウダリング性の低下を防ぐなどの観点から、めっき層中のFe濃度は30質量%以下であることが好適である。

[0057] 本発明において上述の作用効果をより有効に得るため、板組に用いる鋼板は、必要に応じて以下の構成を備えることができる。

[0058] [鋼板のSi含有量]

本発明では、板組に用いる複数の鋼板のうち、Si含有量が0.5質量%以上の鋼板が1枚以上含まれることが好ましい。

[0059] Si含有量が0.5質量%未満の場合、外乱やその他の溶接条件に関わらず、LME割れが生じない可能性がある。この原因は明らかでないが次のように考えられる。Siは状態図における液相・固相共存領域を拡大する効果があると考えられ、Si添加によって溶接時の冷却過程で、Znの凝固を遅らせると考えられる。これにより、液体Znが存在する状態が長くなり、ホールド中や電極開放時に生じる局所的な引張応力との相互作用によってLME割れが生じやすくなると考えられる。Si含有量が少ない場合、液体Znと引張応力の相互作用が生じにくく、溶接条件によっては本発明の溶接条件以外の方法を用いてもLME割れが生じない場合がある。そこで、本発明では、Si含有量が0.5質量%以上の場合のLME割れを考慮するものとする。よって、板組に用いる鋼板のうち少なくとも1枚の鋼板は、後述の鋼板組成の範囲内にあり、かつ、Si含有量が0.5質量%以上とすることが好ましい。

[0060] なお、本発明の溶接方法は、重ね合わせた鋼板のすべての板間に存在するZnの合金化を促進するため、板組に用いるすべての鋼板のSi含有量が0

、5質量%以上であってもよい。

[0061] [鋼板同士の強度差]

上述の通り、重ね合わせた複数の鋼板における鋼板同士の強度差が顕著な場合には、溶接での冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力により、LME割れが発生しやすくなる。そのため、本発明では、上記の重ね合わせた複数の鋼板のうち、上下方向に当接した2枚の鋼板における引張強さの差が最も大きいTS差（以下、「 $\Delta T S_{Max}$ 」と称する）が200MPa以上とすることが好ましい。 $\Delta T S_{Max}$ が200MPa未満では、冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力が生じにくいいため、溶接条件によっては本発明の溶接条件以外の方法を用いてもLME割れが生じない場合があるからである。

[0062] したがって、板組において、 $\Delta T S_{Max}$ が200MPa以上となる鋼板の組み合わせが少なくとも1か所以上存在することが好ましい。 $\Delta T S_{Max}$ が200MPa以上の鋼板の組み合わせでは、冷却時の変態挙動の差に伴う引張応力も発生しやすくなり、LME割れが生じやすと考えられる。この場合に、本発明のFe-Zn合金化促進によるLME割れ抑止効果がより有効に得られることから、自動車の構造設計の自由度を向上させることができる。

[0063]  $\Delta T S_{Max}$ は大きいほど本発明の効果がより有効に得られることから、 $\Delta T S_{Max}$ の上限は特に規定しないが、自動車用鋼板の実用的な強度レベルの観点からは、2000MPa以下が好ましい。 $\Delta T S_{Max}$ は、より好ましくは2500MPa以上とし、さらに好ましくは3500MPa以上とする。また、 $\Delta T S_{Max}$ は、より好ましくは1800MPa以下とし、さらに好ましくは1700MPa以下とする。

[0064] [鋼板の引張強さ]

また、LME割れは高強度鋼板において発生しやすい。そのため、本発明では、上記の重ね合わせた複数の鋼板のうち少なくとも1枚は、引張強さが980MPa以上であることが好ましい。この場合に、鋼板を高強度化してもLME割れを抑制できることから、溶接部材の衝突特性の向上などの効果が期待でき、本発明の効果をより有効に得ることができる。鋼板の引張強さ

は、好ましくは3000MPa以下とするのが好ましい。

[0065] [鋼板の成分組成]

本発明に用いる高強度鋼板の成分組成は、上述の溶接部の構成を備えることができれば特に限定されない。本発明を自動車の構造部品に適用する観点からは、次に示す成分組成とすることが好ましい。以下の説明において、成分組成の「%」表示は、特に断らない限り「質量%」を意味する。

[0066] C : 0.01~0.40%

Cは、鋼板の高強度化に寄与する元素である。したがって、C含有量は0.01%以上とすることが好ましい。C含有量は、より好ましくは0.02%以上とする。一方、Cは過剰に添加すると、溶接部が過剰に硬化し、溶接部の靱性低下を引き起こす。したがって、C含有量は0.40%以下とすることが好ましい。C含有量は、より好ましくは0.38%以下とする。

[0067] Si : 0.02~2.50%

Siは、鋼板の強度および伸びを向上させるのに有効な元素である。したがって、Si含有量は0.02%以上とすることが好ましい。Si含有量は、より好ましくは0.10%以上とする。一方、Siの過剰な添加は、耐LME性やめっき性の低下を引き起こす。したがって、Si含有量は2.50%以下とすることが好ましい。Si含有量は、より好ましくは2.00%以下とする。

[0068] Mn : 1.0~5.0%

Mnは、鋼板の高強度化に寄与する元素である。したがって、Mn含有量は1.0%以上とすることが好ましい。Mn含有量は、より好ましくは1.2%以上とする。一方、Mnの過剰な添加は、ナゲットにおける合金元素の凝固偏析を促し、溶接部の靱性低下を引き起こす。したがって、Mn含有量は5.0%以下とすることが好ましい。Mn含有量は、より好ましくは3.5%未満とする。

[0069] P : 0.050%以下

Pは、過剰に添加された場合、ナゲットの凝固偏析によって溶接部の靱性

低下を引き起こす。そのため、P含有量は0.050%以下とすることが好ましい。P含有量は、より好ましくは0.020%以下とする。特にP含有量の下限は規定しないが、極低P化は製鋼コストが上昇する、そのため、P含有量は0.005%以上とすることが好ましい。

[0070] S : 0.100%以下

Sの含有量が多い場合には、ナゲットの凝固偏析によって溶接部の靱性低下を引き起こす。そのため、S含有量は0.100%以下とすることが好ましい。S含有量は、より好ましくは0.010%以下とし、さらに好ましくは0.005%以下である。特にS含有量の下限は規定しないが、極低S化は製鋼コストが上昇する。そのため、S含有量は0.001%以上とすることが好ましい。

[0071] Al : 0.010~1.000%

Alは脱酸に必要な元素であり、この効果を得るためにはAlを0.010%以上含有することが望ましい。一方、Alの過剰な添加は鋼板中の介在物が増加し、局部変形能が低下し、鋼板の延性が低下する。そのため、Al含有量の上限は1.000%とすることが好ましい。Al含有量は、より好ましくは0.800%以下である。

[0072] N : 0.0100%以下

Nは粗大な窒化物を形成することで局部変形能が低下し、鋼板の延性が低下することから、含有量を抑えることが望ましい。これは、N含有量が0.0100%超えでこの傾向は顕著となることから、N含有量を0.0100%以下とすることが好ましい。N含有量は、より好ましくは0.0075%以下である。特にN含有量の下限は規定しないが、極低N化は製鋼コストが上昇する。そのため、N含有量は0.0001%以上とすることが好ましい。

[0073] 以上が基本の成分組成であり、残部はFe及び不可避免的不純物とする。不可避免的不純物としては、例えば、Co、Sn、Zn等が挙げられ、これらの含有量の許容範囲としては、Co : 0.05%以下、Sn : 0.01%以下

、Zn：0.01%以下である。

[0074] 本発明では、上記の基本の成分組成に加え、必要に応じて、以下に示す成分のうちから選ばれた1種又は2種以上を含有してもよい。なお、Ti、B、Nb、Cr、Ni、Mo、Cu、Sb、V、Ca、REMの各成分は必要に応じて含有できるので、これらの成分は0%であってもよい。

[0075] Ti：0.1%以下

Tiは、微細な炭窒化物を形成することで鋼板の析出硬化に有効である。その効果を得るためにTiを含有する場合は、Tiを0.005%以上含有させることが好ましい。一方、多量にTiを添加すると、伸びが著しく低下するため、Tiの含有量は0.1%以下とすることが好ましい。Ti含有量は、より好ましく0.065%以下である。

[0076] B：0.010%以下

Bは鋼板の焼入れ性を向上させ、高強度化に寄与する元素である。この効果を発揮するためにBを含有する場合は、Bを0.0002%以上含有させることが好ましい。一方、Bは0.010%を超えて含有させても効果が飽和するため、Bの含有量を0.010%以下とすることが好ましい。B含有量は、好ましくは0.008%以下である。

[0077] Nb：0.1%以下

Nbは、微細な炭窒化物を形成することで鋼板の析出硬化に有効である。その効果を得るためにNbを含有する場合は、Nbを0.005%以上含有させることが好ましい。一方、多量にNbを添加すると、伸びが著しく低下するだけでなく、連続鋳造後にスラブ割れが生じるため、Nbの含有量は0.1%以下とすることが好ましい。Nb含有量は、より好ましくは0.07%以下であり、さらに好ましくは0.055%以下である。

[0078] Cr：1.0%以下

Crは抵抗溶接部にマルテンサイトを生成させやすいため、せん断引張強度の高強度化に寄与する元素である。この効果を発揮させるためにCrを含有する場合は、Crを0.05%以上含有させることが好ましい。一方、C

rは1.0%を超えて含有させると、面欠陥が発生しやすくなるため、Crの含有量は1.0%以下とすることが好ましい。Cr含有量は、好ましくは0.8%以下である。

[0079] Ni : 0.50%以下

Niは、鋼板の固溶強化および変態強化により高強度化に寄与する元素である。これらの効果を発揮させるためにNiを含有する場合は、Niを0.005%以上含有させることが好ましい。また、NiはCuと同時に添加すると、Cu起因の表面欠陥を抑制する効果を得られるため、Cu添加時に有効である。一方、Niは0.50%を超えて含有させても効果が飽和するため、Niの含有量を0.50%以下とすることが好ましい。

[0080] Mo : 0.5%以下

MoもCrと同様、抵抗溶接部にマルテンサイトを生成させやすいため、せん断引張強度の高強度化に寄与する元素である。これら効果を発揮させるためにMoを含有する場合は、Moを0.01%以上含有させることが望ましい。Mo含有量は、好ましくは0.02%以上である。また、0.5%を超えてMoを含有させても前述の効果が飽和するためコストが上昇するだけとなる。そのため、Moの含有量は0.5%以下とすることが好ましい。Mo含有量は、より好ましくは0.42%以下である。

[0081] Cu : 1.0%以下

Cuは鋼板の固溶強化に寄与する元素である。この効果を発揮するためにCuを含有する場合は、Cuを0.005%以上含有させることが好ましい。一方、Cuは1.0%を超えて含有させても効果が飽和し、またCuに起因する表面欠陥が発生しやすくなる。そのため、Cuの含有量は1.0%以下とすることが好ましい。

[0082] Sb : 0.20%以下

Sbは鋼板表層部に生じる脱炭層を抑制する効果を有するため、鋼板表面におけるマルテンサイトの減少を抑制することができる。このような効果を発現するためにSbを含有する場合は、Sbの含有量を0.001%以上と

することが好ましい。一方、S bが0.20%を超えて含有されると、圧延負荷荷重を増大させるため、生産性を低下させることから、S bの含有量を0.20%以下とすることが好ましい。

[0083] V : 0.05%以下

Vは微細な炭窒化物を形成することで、鋼板の析出硬化に有効である。このような作用を得るためにVを含有する場合は、Vの含有量を0.005%以上含有させることが好ましい。一方、多量のVを添加させても、0.05%を超えた分の強度上昇効果は小さく、そのうえ、合金コストの増加も招いてしまう。したがって、Vの含有量は0.05%以下とすることが好ましい。

[0084] Ca : 0.05%以下、REM : 0.05%以下

CaおよびREM（希土類金属）は、硫化物の形状を球状化することで耐遅れ破壊特性の向上に寄与する元素であり、必要に応じて添加することができる。これらの効果を発揮するために含有する場合は、CaおよびREMをそれぞれ0.0005%以上含有させることが好ましい。一方、CaおよびREMはそれぞれ0.05%を超えて含有させても効果が飽和するため、CaおよびREMの含有量をそれぞれ0.05%以下とすることが好ましい。

[0085] [抵抗スポット溶接方法]

本発明の溶接部材を製造するための、抵抗スポット溶接方法の一実施形態について説明する。

[0086] 本発明の溶接部材は、少なくとも1枚の上記Znめっき鋼板を含む、複数の鋼板を重ね合わせた板組を、一对の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合する抵抗スポット溶接によって製造される。

[0087] 例えば、図1に示すように、2枚の鋼板1、2を重ね合わせて板組とする。ついで、板組の下側および上側に配置される一对の溶接電極8、9で当該板組を挟持し、加圧しながら所定の溶接条件となるように制御して通電を行う。これにより、鋼板1、2の鋼板合わせ面7となる鋼板間に上述の溶接部4を形成することによって、鋼板同士を接合することができる。なお、Zn

系めっき層を有する鋼板（G I 鋼板、G A 鋼板、E G 鋼板）とめっき層を有しない鋼板（冷延鋼板）とを用いて板組としてもよい。この場合、Z n 系めっき層を有する面側が冷延鋼板と接するように重ね合わせる。

[0088] 本発明の抵抗スポット溶接方法で使用可能な溶接装置としては、上下一対の溶接電極を備え、溶接中に加圧力および溶接電流をそれぞれ任意に制御可能な溶接装置を用いることができる。溶接装置の加圧機構、形式、溶接電極形状等は、とくに限定されない。加圧機構としては、例えばエアシリンダやサーボモータ等が挙げられ、形式としては、例えば定置式、ロボットガン等が挙げられる。溶接電極の先端の形式としては、例えば、J I S C 9304 : 1999 に記載される D R 形（ドームラジラス形）、R 径（ラジラス形）、D 形（ドーム形）等が挙げられる。また、溶接電極の先端径は、例えば 4 m m ~ 16 m m である。溶接電極の先端の曲率半径は、例えば 10 m m ~ 400 m m である。また、直流、交流のいずれの溶接電源にも本発明を適用できる。交流の場合は、「電流」は「実効電流」を意味する。

[0089] 続いて、本発明の溶接条件について説明する。

[0090] ナゲット近傍の板-板間の F e - Z n の合金化を促すには、上述のように、通電中に合金化が進行する温度域で保持することが有効であり、そのために、本発明では溶接時の通電パターンを適切に制御し、F e と Z n の相互拡散を促進する。

[0091] 本発明の抵抗スポット溶接では、溶接時の通電パターンを本通電工程のみで制御したり、あるいは、溶接時の通電パターンを本通電工程および後通電工程とで制御することができる。特に、本通電工程と後通電工程を組み合わせた通電とすることで、本通電工程のみの通電と比べて、より一層安定的に、F e - Z n の合金化が進行するような高温域で長時間保持することが可能となる。

[0092] [第 1 通電パターン]

上述のように、本発明の通電パターンには、本通電工程のみを有する場合や、本通電工程および後通電工程を有する場合がある。ここでは、本通電工

程のみを有する場合を「第1通電パターン」と称し、当該第1通電パターンの一実施形態について以下に説明する。

- [0093] 第1通電パターンでは、本通電工程の平均電流値を  $I_1$  (kA)、本通電工程の通電時間を  $T_1$  (s)、通電中の溶接電極の平均加圧力を  $p$  (kN)、通電終了後のホールド時間を  $T_{\text{Hold}}$  (s)、鋼板の枚数を  $N$  (枚) とする。本通電工程の溶接条件と通電終了後のホールド時間が、(2) 式の関係を満たすように通電パターンを制御する。

$$I_1^2 \times T_1 + (T_{\text{Hold}} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{i_{\text{High}}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (2)$$

ここで、(2) 式中に示す、 $S_{i_{\text{High}}}$  は上記第1板組の  $S_i$  含有量が最も大きい鋼板側の  $S_i$  濃度 (質量%) であり、 $M_{s_1}$  は上記第1板組の  $M_s$  点が高い鋼板側の  $M_s$  点 (°C) であり、 $M_{s_2}$  は上記第1板組の  $M_s$  点が低い鋼板側の  $M_s$  点である。

- [0094] (2) 式を満足しない場合、通電中に合金化が進行する温度域での保持が不十分となる。その結果、板-板間の  $Fe-Zn$  合金化が不十分となり、 $Fe-Zn$  合金層の平均厚さ ( $t_{Fe-Zn}$ ) を増加させることができなくなる。また、上述の通り、鋼板の  $S_i$  量や変態点の差が増加すると  $LME$  割れが発生しやすくなるため、(2) 式の左辺値 (すなわち、「 $I_1^2 \times T_1 + (T_{\text{Hold}} \times 1000)^2 / 50$ 」の値) の下限は、 $S_{i_{\text{High}}}$  や  $(M_{s_1} - M_{s_2})$  に応じて増加させることが有効である。

- [0095] 以上の理由から、第1通電パターンでは、(2) 式の関係を満たすように本通電工程の溶接条件を制御する。(2) 式の左辺値は、好ましくは(2)式の右辺値  $\times 1.05$  以上とする。上記の「(2) 式の右辺値」とは、「 $(S_{i_{\text{High}}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N)$ 」の値である。

- [0096] なお、(2) 式の上限は特に限定されない。過大な入熱による顕著な散りの発生や、自動車製造工程のタクトタイムの過大増加を防ぐため、(2) 式に制御することに加えて、 $I_1$  は  $15.0$  kA 以下とし、かつ、 $T_1$  は  $2.0$  s 以下とすることが好ましい。より好ましくは、 $I_1$  は  $4.0$  kA 以上とし、

かつ、 $T_1$ は0.2 s以上とする。

[0097] [第2通電パターン]

上述のように、本通電工程および後通電工程を有する場合を「第2通電パターン」と称し、当該第2通電パターンの一実施形態について以下に説明する。

[0098] 第2通電パターンでは、本通電工程の平均電流値を $I_1$  (kA)、本通電工程の通電時間を $T_1$  (s)とする。また、後通電工程の平均電流値を $I_2$  (kA)、後通電工程の通電時間を $T_2$  (s)、後通電工程の通電回数を $N_P$  (回)とする。また、本通電工程および後通電工程の通電間隔(無通電時間)を $T_3$  (s)とし、通電中の溶接電極の平均加圧力を $p$  (kN)とする。また、通電終了後のホールド時間を $T_{Hold}$  (s)とし、鋼板の枚数を $N$  (枚)とする。

本通電工程および後通電工程の溶接条件と通電終了後のホールド時間が、(3)式の関係を満たすように本通電工程および後通電工程の溶接条件を制御する。

$$I_1^2 \times T_1 + I_2^2 \times T_2 \times N_P / T_3 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{i_{High}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (3)$$

ここで、(3)式中に示す、 $S_{i_{High}}$ は上記第1板組のSi含有量が最も大きい鋼板側のSi濃度(質量%)であり、 $M_{s_1}$ は上記第1板組のMs点が高い鋼板側のMs点(°C)であり、 $M_{s_2}$ は上記第1板組のMs点が低い鋼板側のMs点である。

[0099] なお、第2通電パターンの場合には、上述の第1通電パターンで用いる(2)式に変えて、(3)式を用いる。

[0100] (3)式を満足しない溶接条件で通電を行う場合、Fe・Znの相互拡散に十分な温度・時間での保持ができず、後通電工による板-板間のFe-Zn合金化が不十分となり、その結果、Fe-Zn合金層の平均厚さ( $t_{Fe-Zn}$ )を増加させることができなくなる。

また、上述の通り、鋼板のSi量や変態点の差が増加するとLME割れが発

生しやすくなる。そのため、(3)式の左辺値(すなわち、「 $I_1^2 \times T_1 + I_2^2 \times T_2 \times N_P / T_3 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50$ 」の値)の下限は、 $S_{i\_High}$ や $(M_{s_1} - M_{s_2})$ に応じて増加させることが有効である、との着想を本発明者らは得た。

[0101] 以上の理由から、第2通電パターンでは、(3)式の関係を満たすように本通電工程および後通電工程の溶接条件を制御する。(3)式の左辺値は、好ましくは(3)式の右辺値 $\times 1.05$ 以上とする。上記の「(3)式の右辺値」とは、「 $(S_{i\_High} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N)$ 」の値である。

[0102] なお、(3)式の上限は特に限定されない。過大な入熱による顕著な散りの発生や、自動車製造工程のタクトタイムの過大増加を防ぐため、本通電工程および後通電工程の溶接条件を(3)式に制御することに加えて、 $I_1$ および $I_2$ はそれぞれ $15.0\text{ kA}$ 以下とし、かつ、 $T_1$ および $T_2$ は合計で $2.0\text{ s}$ 以下とすることが好ましい。より好ましくは、 $I_1$ および $I_2$ はそれぞれ $3.0\text{ kA}$ 以上とし、かつ、 $T_1$ および $T_2$ は合計で $0.2\text{ s}$ 以上とする。

[0103] [電極保持時間]

上述の第1通電パターンでの本通電工程あるいは第2通電パターンでの後通電工程が終了した後、所定の時間(ホールド時間)、電極保持する。このホールド時間は、 $0.02 \sim 1.00\text{ s}$ とする。通電完了後に一定加圧力で溶接電極を保持することで、ナゲット内のブローホールの発生およびタクトタイムの過大増加を抑制する。ホールド時間は、好ましくは $0.05\text{ s}$ 以上とし、また好ましくは $0.50\text{ s}$ 以下とする。

[0104] [無通電工程]

上述の第2通電パターンの場合には、本通電工程と後通電工程との間に、通電を休止する無通電工程を有してもよい。無通電工程を有する場合には、本通電工程後に、無通電工程および後通電工程を繰り返すことが好ましい。これにより、本発明の効果をより有効に得ることができるからである。

[0105] なお、上記(3)式における「 $T_3\text{ (s)}$ 」が、無通電工程の無通電時間を

示す。よって、無通電工程を有さない場合には、上記（3）式における $T_3$ （s）を0とする。また、上記（3）式における「 $N_p$ （回）」が、当該繰り返しの数を示す。

[0106] 後通電工程において、ナゲットの再溶融による散りを抑制しつつ、FeとZnの相互拡散を促進させ、 $t_{Fe-Zn}$ を増加させるためには、本通電工程の完了後にナゲット近傍を一定の温度範囲で保持することが有効である。そのため、本発明では、本通電工程および後通電工程の通電間隔として無通電工程を設けることが好ましい。

[0107] 一定の電流値で後通電工程を行った場合、後通電工程の電流値が大きいとナゲット近傍の温度は徐々に上昇していき、逆に後通電工程の電流値が小さいとナゲット近傍の温度は徐々に低下してしまう。このような状態でも、後通電工程の電流値を適正に設定すれば所望の効果が得られると考えられるが、最適条件の導出に必要な工数が増加する場合がある。

[0108] また、一定の温度範囲での保持を行うには、厳密な条件管理が必要になるだけでなく、後述する溶接施工外乱時には、さらに条件管理が困難となる。一方で、無通電工程と後通電工程を繰り返すことにより、後通電工程における総通電時間が増加したとしても、ナゲット近傍の温度を比較的一定の範囲に保つことができる。

[0109] このような理由から、本発明の第2通電パターンでは、本通電工程後に無通電工程を有し、かつ、当該無通電工程と後通電工程を繰り返してもよい。これにより、ナゲット近傍を簡便に一定の温度範囲に保持でき、かつ、後通電工程における適正電流範囲が広がるため、溶接施工外乱に対するロバスト性も向上すると考えられる。なお、無通電時間が短すぎるとナゲットの再溶融による散りの増加が懸念され、一方で無通電時間が長すぎると所望の熱処理効果は得られない場合がある。したがって、無通電工程の時間は、0.01s以上とすることが好ましく、また0.20s以下とすることが好ましい。

[0110] 無通電工程と後通電工程は、少なくとも1回実施すればよく、無通電工程

と後通電工程を繰り返す場合には当該繰り返し数は、より好ましくは2回以上とし、さらに好ましくは3回以上とする。この繰り返し数の上限は特に規定しないが、一般的に溶接装置で設定可能な繰り返し数には上限があり、上限を超える繰り返し数の設定には溶接装置の改造が必要となる。そのため、自動車製造工程における設備コストが増加するとの理由から、好ましくは20回以下とし、さらに好ましくは10回以下とする。

[0111] [溶接施工外乱]

本発明は、上記各工程での溶接条件に加えて、以下の溶接条件を有してもよい。

[0112] 上述のように、LME割れは溶接時の施工外乱の存在下で発生しやすい。そのため、本通電工程では、少なくとも1箇所の溶接打点については、溶接電極による加圧を行う直前に、以下の(a)～(d)のうちから選択された1つまたは2つ以上の状態を満たすことが好ましい。これにより、本発明の効果をより有効に得ることができる。

(a) 溶接電極と重ね合わせた2枚以上の鋼板との打角が0.2度以上である状態

(b) 一对の溶接電極の芯ずれ量が0.1mm以上である状態

(c) いずれかの溶接電極と重ね合わせた2枚以上の鋼板の最外層との隙間が0.5mm以上ある状態

(d) 重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、少なくとも1組以上の鋼板間にある隙間が0.5mm以上ある状態

[0113] これらの溶接施工外乱は、いずれも電極解放時における溶接部の温度および/または引張応力を、局所的に上昇させるため、LME割れが発生しやすい状態となる。しかし、本発明により $t_{Fe-Zn}$ を適正化することで、これらの溶接施工外乱がある状態であってもLME割れを抑制することができ、部材製造時の施工外乱管理の裕度が向上する。以下、各施工外乱の詳細について説明する。

[0114] (a) 溶接電極と重ね合わせた2枚以上の鋼板との打角が0.2度以上で

ある状態

打角とは、鋼板に対して電極が傾く角度、すなわち、「電極加圧力方向と鋼板板厚方向との成す角度」を意味する。打角が大きいと、溶接部に曲げ応力が加わり、局所的に大きな圧縮塑性変形が生じることで、冷却後の引張応力が増加する。

[0115] また、打角のついた状態で溶接した場合、形成されるナゲットも傾くため、溶接後の断面から打角を求める場合にはナゲットの傾きを打角とした。すなわち、この「打角」とは、溶接する際の施工外乱の1つであるが、前述の理由から、溶接後に得られる部材における「ナゲットの傾き」をこの「打角」として代替してよい。

[0116] なお、「ナゲットの傾き」を示す「 $\theta$ 」は図5に示す方法により求める。図5に示すように、上板1側（すなわち、板組の最外層の鋼板側）の左右肩部の最外部（すなわち、溶接電極の加圧による変形が認められなくなる境界部）を結ぶ直線を基準とし、この基準となる直線（以下、「基準線」と称する）の中央から左右に500 $\mu$ m離れた位置から引いた2本の垂線とナゲット最外縁（すなわち、ナゲット4aの外周縁）との交点同士を通る直線と基準線とのなす角を $\theta$ とする。なお、上記「2本の垂線」とは、基準線の中央の位置から引いた中線に対し、平行な線となる。打角は0.2度以上の場合に、本発明の効果を有効に得ることができる。打角が過大の場合はナゲット形成が不安定となり、散り発生の原因となるため、打角は10.0度以下とすることが好適である。打角は、さらに好ましくは1.0度以上とし、さらに好ましくは8.0度以下とする。

[0117] (b) 一对の溶接電極の芯ずれ量が0.1mm以上である状態

芯ずれとは、一对の溶接電極の中心軸が揃っていない状態を意味する。上述した打角と同様、芯ずれが大きいと、溶接部に曲げ応力が加わることで、LME割れが発生しやすくなる。芯ずれ量が0.1mm以上の場合に、本発明の効果を有効に得ることができる。芯ずれ量が過大の場合はナゲット形成が不安定となり、散り発生の原因となるため、芯ずれ量は5.0mm以下と

することが好適である。芯ずれ量は、さらに好ましくは0.2 mm以上とし、さらに好ましくは3.0 mm以下とする。

[0118] (c) いずれかの溶接電極と重ね合わせた2枚以上の鋼板の最外層との隙間が0.5 mm以上ある状態

加圧開始直前にいずれかの溶接電極と鋼板の間に隙間がある状態では、例えば片方の電極が可動（以下、「可動側電極」と称する）、もう片方の電極が固定（以下、「固定側電極」と称する）としたとき、固定側電極と鋼板の間に隙間がある状態では、可動側電極による加圧が開始された際、鋼板が曲げ変形するため、溶接部に曲げ応力が加わる。これにより、LME割れが発生しやすくなる。この溶接電極と鋼板の間の隙間量が0.5 mm以上の場合に、本発明の効果を有効に得ることができる。この隙間量が過大の場合はナゲット形成が不安定となり、散り発生の原因となるため、この隙間量は5.0 mm以下とすることが好適である。隙間量は、さらに好ましくは1.0 mm以上とし、さらに好ましくは3.0 mm以下とする。

[0119] (d) 重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、少なくとも1組以上の鋼板間にある隙間が0.5 mm以上ある状態

(c)と同様、加圧開始直前にいずれかの鋼板間に隙間がある状態では、鋼板に曲げ変形が生じるため、溶接部に曲げ応力が加わることで、LME割れが発生しやすくなる。溶接時に鋼板が変形するため、溶接前後で鋼板間の隙間は変化する可能性があるが、溶接後の断面において鋼板間に隙間が生じている場合、溶接前においても鋼板間に隙間が生じている可能性が高い。したがって、溶接後の断面から鋼板間の隙間を求める場合、溶接後の鋼板間の隙間を溶接前における鋼板間の隙間とする。すなわち、上記(c)に記載の「鋼板間にある隙間」とは、溶接する際の施工外乱の1つであるが、前述の理由から、溶接後に得られる部材における「溶接後の鋼板間の隙間」をこの「鋼板間にある隙間」として代替してよい。

[0120] なお、この「溶接後の鋼板間の隙間」を示す「 $g_{sheet}$ 」は図6(A)および図6(B)に示す方法により求める。図6(A)に示すように、連続打点

の場合は、隣り合う2つのナゲット4 aの間における鋼板1、2の最大厚さと重ね合わせた鋼板1、2の合計板厚との差を求めて、 $g_{sheet}$ とする。それ以外の場合（例えば図6（B）に示すような場合）は、ナゲット4 aから板組の端部までの間における鋼板1、2の最大厚さと重ね合わせた鋼板1、2の合計板厚との差を求めて、 $g_{sheet}$ とする。

[0121] この隙間量が0.5 mm以上の場合に、本発明の効果を有効に得ることができる。この隙間量が過大の場合はナゲット形成が不安定となり、散り発生の原因となるため、この隙間量は4.0 mm以下とすることが好適である。隙間量は、さらに好ましくは1.0 mm以上とし、さらに好ましくは3.0 mm以下とする。

[0122] なお、本発明では、各工程における加圧条件は特に限定しない。自動車用途向けの観点から、加圧条件は2.0～8.0 kNの範囲に調整することが好ましい。

### 実施例

[0123] 以下、本発明の作用および効果について、実施例を用いて説明する。なお、本発明は、以下の実施例に限定されない。

[0124] 表1に示す鋼板を用いて板組とし、当該板組を表2、3に示す溶接条件で溶接して溶接継手（溶接部材）を作製した。なお板組は、表2に示すように、下板、上板の順に、あるいは、下板、中板、上板の順に配置して重ね合わせた。溶接装置には、溶接ガンに取付けられたサーボモータ加圧式で単相交流（50 Hz）の抵抗溶接機を用いた。使用した一对の電極チップは、先端の曲率半径R40 mm、先端径6 mmを有するクロム銅のDR型電極とした。

[0125] 表1の「めっき」欄に示す「G1」とは溶融亜鉛めっき層を有する鋼板（溶融亜鉛めっき鋼板）を指し、「GA」とは合金化溶融亜鉛めっき層を有する鋼板（合金化溶融亜鉛めっき鋼板）を指し、「EG」とは電気亜鉛めっき層を有する鋼板（電気亜鉛めっき鋼板）を指し、「-」とはめっき層を有しない鋼板（冷延鋼板）を指すものとした。

- [0126] また、表1に示す成分組成は、誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析法で測定した。
- [0127] また、表1の「引張強さ」欄には、各鋼板から圧延方向にJIS 5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241に準拠して引張試験を行い測定した引張強さ（TS）（単位：MPa）を示した。
- [0128] また、表1の「組織分率」欄には、各鋼板から走査電子顕微鏡（SEM）により観察面積に占めるフェライト（ $\alpha$ ）の面積率（%）を示した。そして、得られたフェライト面積率を用いて、上述のマルテンサイト変態開始温度（ $M_s$ ）の計算式から各鋼板の $M_s$ を求め、表1の「変態点」欄に示した。なお、面積率は、次のように測定する。圧延方向に対して平行に切断した鋼板の板厚断面を研磨後、3体積%ナイトールで腐食し、板厚1/4位置をSEMで1500倍の倍率で3視野撮影し、得られた画像データからMedia Cybernetics社製のImage-Proを用いて面積率を求める。3視野の面積率の平均値を本発明の面積率とする。画像データにおいて、フェライトは黒色として区別できる。
- [0129] そして、板厚1/4位置における10kg-HV硬さ（中央値3点/5点の平均値）を0.32倍した値をTSとし、鋼板同士の強度さが最大（ $\Delta T_{S_{MAX}}$ ）となる板組の組合せ（すなわち第1板組）を特定した。この第1板組における、 $M_{s_1}$ および $M_{s_2}$ の値を上述の(4)式を用いて算出し、表2に示した。
- [0130] 表3の「施工外乱」欄に示す符号は、上述の溶接施工外乱に示した(a)～(d)に対応するものとした。なお、表3に示す「 $g_{Axis}$ 」は上述の(b)に示す「芯ずれ量」を表し、また「c」は上述の(c)に示す「溶接電極と鋼板の間隙間量」を表すものとした。
- [0131] また、表3の「溶接条件」欄に示す「 $N_p$ 」とは、無通電工程および後通電工程の繰り返し回数を示すものとした。例えば、「本通電工程のみ」の場合には $N_p : 0$ （回）となり、また例えば「本通電工程—無通電工程—後通電工程」の場合には $N_p : 1$ （回）となり、また例えば「本通電工程—無通電工程

(1)－後通電工程(1)－無通電工程(2)－後通電工程(2)」の場合には $N_p : 2$  (回)となるものとした。

[0132] 得られた溶接部材を用いて、以下に示す方法で、Zn合金層におけるFe－Zn合金層の平均厚さ ( $t_{Fe-Zn}$ ) の測定と、溶接部のLME割れの評価をおこなった。

[0133] [ $t_{Fe-Zn}$ の測定]

$t_{Fe-Zn}$ の測定方法はFe濃度を定量測定できれば、特に限定されない。例えばEPMAやSEM－EDSにより測定可能である。ここでは、一例としてSEM－EDSにより測定した。また、SEM－EDSの条件は次通りとした。

EDS条件：照射するX線の線源としてKa線源を使用、倍率：1500倍以上、加速電圧：15kV、スキャン時間：1min以上

ただし、間隙部は除く。具体的には、間隙部を含んだ厚さから間隙部の厚さを引く。間隙部の厚さが判別しにくい場合は、間隙のない最隣接部から測定する。

[0134] 図2および図3に示すように、溶接部におけるFe－Zn合金層の形成された鋼板合わせ面7において、ナゲット4aの端部Eから板幅方向へ300～500 $\mu$ m離れた領域（すなわち第1領域）を観察領域とした。

[0135] ここでは、ナゲット端部Eから板幅方向に300 $\mu$ m離れた位置（すなわち、各図において紙面左側に位置する、鋼板合わせ面7に垂直な第1領域の一辺）を観察位置の始点とし、ナゲット端部Eから板幅方向に500 $\mu$ m離れた位置（すなわち、各図において紙面右側に位置する、鋼板合わせ面7に垂直な第1領域の一辺）を観察位置の終点とした。当該始点から当該終点までの領域を等間隔で観察し、各視野における板間のZn濃化部のうち、Fe濃度が70～95質量%かつZn濃度が5～30質量%となる領域をFe－Zn合金層と特定し、当該Fe－Zn合金層の厚さを測定する。得られた各Fe－Zn合金層の厚さのうち最大値と最小値を除いた値における平均値を、Fe－Zn合金層の平均厚さ ( $t_{Fe-Zn}$ ) とした。

[0136] なお、上記の「等間隔で観察し」とは、少なくとも10個所の視野を等間隔で観察することを指す。当該視野は、例えば11～100個所の範囲内から適宜設定してもよい。この測定間隔が10個所未満では正確な値が得られない場合があるため、本実施例では、視野を10個所とした。また、上記の「Fe濃度」、「Zn濃度」、「Fe-Zn合金層の厚さ」の測定には、以下の分析方法を用いた。

[0137] 濃度測定は、例えばライン分析やポイント分析によって行うことが可能である。これらの分析で濃度測定を行う場合は、視野毎に少なくとも5か所以上のラインで濃度測定を行い、測定ラインごとのFe濃度およびZn濃度とした。なお、ポイント分析の場合は1か所あたり1μm以下のピッチで測定することが好ましい。

[0138] 第1領域におけるFe-Zn合金層の厚さの測定は、次のように行った。まず、測定対象となる第1領域を、上述のようにして特定した。次いで、測定対象とした第1領域における、Fe-Zn合金層の厚さを測定した。当該厚さの測定は、上述の測定方法を用いて、濃度測定を行った個所で行い、各ラインにおけるFe-Zn合金層厚さを測定した。視野内で測定したすべてのラインにおけるFe-Zn合金層厚さのうち、最大値および最小値を除いた値の平均値を求めた。

[0139] 得られたラインごとの平均値を用いて、測定した際の測定ラインにおける長さ-Fe濃度のグラフ、および、当該測定ラインにおける長さ-Zn濃度のグラフをそれぞれ作成した（図2および図3を参照）。そして、Fe、Znの濃度範囲の両方が本発明範囲を満たす領域の厚さ（μm）を求め、 $t_{Fe-Zn}$ とした。すなわち、図2および図3中に示す両矢印の幅が、「Fe-Zn合金層の平均厚さ（ $t_{Fe-Zn}$ ）」となる。

[0140] [LME割れの評価]

得られた溶接部材の溶接部中央をマイクロカッターで切断した後、溶接部の断面観察を行い、LME割れの有無を評価した。具体的には、表3に示す各溶接条件で5体ずつ溶接部材を作製したうえで、板-板間（すなわち鋼板

合わせ面側) のLME割れの有無を確認した。以下の評価基準で評価した結果を、表3に示した。ここでは、評価結果がA判定およびB判定の場合に「合格」と評価した。

<評価基準>

A判定：0／5（すなわち、5体のうち割れを確認した個数が0体）

B判定：1／5（すなわち、5体のうち割れを確認した個数が1体）

C判定：2／5～4／5（すなわち、5体のうち割れを確認した個数が2～4体）

[0141]

[表1]

鋼板 No.	成分組成 (質量%)													組織 分率	変態点 Ms *1 (°C)	めっき *2	めっき層 中の Fe濃度 (質量%)	引張強さ TS (MPa)					
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	B	Nb	Cr	Ni	Mo						Cu	Sb	V	Ca	REM
A	0.02	0.60	1.5	0.030	0.015	0.021	0.0020	0	0	0.20	0.08	0	0	0	0	0	0	0	95	321	GA	10	284
B	0.02	0.50	1.8	0.030	0.010	0.021	0.0020	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	96	274	GI	0	291
C	0.03	0.20	1.8	0.012	0.001	0.034	0.0037	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	92	324	GA	15	355
D	0.03	0.10	1.7	0.012	0.001	0.034	0.0037	0	0	0.30	0	0	0	0	0.05	0	0	0	94	273	EG	30	346
E	0.08	0.90	2.3	0.009	0.012	0.030	0.0030	0	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0.05	74	339	GA	12	601	
F	0.10	1.40	2.0	0.008	0.010	0.030	0.0030	0.020	0.0020	0	0	0	0	0	0	0.05	0	78	287	-	-	614	
G	0.10	0.30	2.1	0.010	0.009	0.069	0.0041	0	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0	58	375	GA	15	794	
H	0.10	0.40	1.9	0.010	0.010	0.069	0.0041	0	0	0	0.09	0.10	0	0	0	0	0	62	368	GI	0	788	
I	0.09	1.50	2.8	0.008	0.010	0.030	0.0028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	390	GA	15	1016	
J	0.13	1.30	2.6	0.008	0.011	0.030	0.0028	0.020	0.0020	0.03	0	0	0	0	0	0	0	50	351	-	-	1002	
K	0.13	1.20	2.6	0.008	0.010	0.030	0.0028	0.020	0.0020	0	0	0.10	0	0	0	0	0	45	360	GI	0	999	
L	0.09	0.30	2.7	0.008	0.010	0.030	0.0028	0.020	0.0020	0.02	0	0	0	0	0.05	0	0	39	396	EG	25	1010	
M	0.14	2.00	2.5	0.012	0.005	0.026	0.0022	0	0	0	0.05	0.15	0	0	0.05	0	0	50	343	GA	12	1007	
N	0.19	1.60	2.8	0.029	0.013	0.031	0.0038	0.020	0.0020	0	0	0	0	0	0	0	0	22	352	GA	10	1200	
O	0.13	0.50	2.4	0.023	0.006	0.035	0.0031	0.020	0.0020	0	0.60	0.05	0	0	0	0.05	0	13	396	-	-	1195	
P	0.14	0.70	3.0	0.020	0.025	0.045	0.0042	0.020	0.0020	0	0	0	0	0	0	0	0	6	386	GA	10	1492	
Q	0.15	0.60	3.1	0.020	0.020	0.045	0.0042	0	0	0.02	0	0.10	0	0	0	0	0	5	378	-	-	1488	
R	0.21	0.10	1.3	0.015	0.011	0.038	0.0035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	407	-	-	1822	
S	0.31	0.30	1.1	0.025	0.009	0.034	0.0039	0.020	0.0020	0	0	0	0	0.10	0.05	0	0	4	369	-	-	2006	

\*1. Ms(°C) = 539 - 423 × [(C%) × 100 / (100 - [α面積%])] - 30 × [Mn%] - 12 × [Cr%] - 18 × [Ni%] - 8 × [Mo%]

\*2. GA: 合金化熔融亜鉛めっき鋼板、GI: 熔融亜鉛めっき鋼板、EG: 電気亜鉛めっき鋼板

[表2]

No.	板組										(1)式 *1			備考	
	N (枚)	上板 鋼板No.	中板 鋼板No.	下板 鋼板No.	N <sub>Si≥0.5</sub> (枚)	ΔTS <sub>Max</sub> (MPa)	α <sub>1</sub> (面積%)	α <sub>2</sub> (面積%)	Ms <sub>1</sub> (°C)	Ms <sub>2</sub> (°C)	Ms <sub>1</sub> -Ms <sub>2</sub>	Si <sub>High</sub> (質量%)	t <sub>Fe-Zn</sub> (μm)		右辺値
1	3	Q	B	Q	3	1197	5	96	378	274	105	0.60	7.6	6.7	発明例
2	3	P	H	P	2	704	6	62	386	368	18	0.70	8.5	7.9	発明例
3	3	O	O	B	3	904	13	96	397	274	123	0.50	10.7	8.5	発明例
4	3	N	F	N	3	586	22	78	352	287	65	1.60	9.5	9.0	発明例
5	3	L	B	L	1	719	39	96	396	274	122	0.50	11.1	10.7	発明例
6	3	K	A	K	3	715	45	95	360	321	39	1.20	8.2	8.1	発明例
7	3	J	B	J	3	711	50	96	351	274	78	1.30	9.5	9.2	発明例
8	3	I	C	I	2	661	41	92	390	324	66	1.50	11.6	13.5	比較例
9	3	S	H	H	0	1218	4	62	369	368	1	0.40	9.9	7.1	発明例
10	3	R	G	G	0	1028	4	58	407	375	32	0.30	7.1	3.5	発明例
11	3	P	F	F	3	878	6	78	386	287	99	1.40	6.7	8.1	比較例
12	3	Q	E	E	3	887	5	74	378	339	39	0.90	6.4	5.4	発明例
13	3	Q	B	L	2	1197	5	96	378	274	105	0.60	7.8	7.1	発明例
14	3	P	C	J	2	1137	6	92	386	324	62	0.70	4.4	4.8	比較例
15	3	B	L	H	1	719	39	96	396	274	122	0.50	6.9	6.4	発明例
16	3	K	D	F	2	653	45	94	360	273	87	1.20	12.0	9.1	発明例
17	3	M	A	M	3	723	50	95	343	321	22	2.00	8.1	6.9	発明例
18	3	R	B	R	1	1531	4	96	407	274	134	0.50	5.4	4.3	発明例
19	3	S	B	S	1	1715	4	96	369	274	96	0.50	7.2	7.8	比較例
20	2	L	-	A	1	726	39	95	396	321	75	0.60	8.1	6.2	発明例
21	2	K	-	C	1	644	45	92	360	324	36	1.20	8.5	6.6	発明例
22	2	J	-	B	2	711	50	96	351	274	78	1.30	13.5	12.5	発明例
23	2	I	-	D	1	670	41	94	390	273	118	1.50	7.6	9.3	比較例
24	2	Q	-	C	1	1133	5	92	378	324	54	0.60	7.3	6.7	発明例
25	2	P	-	F	2	878	6	78	386	287	99	1.40	9.3	9.2	発明例
26	2	Q	-	A	2	911	13	95	396	321	75	0.60	9.8	6.6	発明例
27	2	G	-	E	1	193	58	74	375	339	36	0.90	4.5	3.8	発明例
28	2	L	-	A	1	726	39	95	396	321	75	0.60	7.7	6.5	発明例
29	2	K	-	C	1	644	45	92	360	324	36	1.20	9.6	10.2	比較例
30	2	M	-	E	2	406	50	74	343	339	4	2.00	6.0	5.6	発明例
31	2	I	-	D	1	670	41	94	390	273	118	1.50	11.6	9.6	発明例
32	2	Q	-	H	1	700	5	62	378	368	10	0.60	7.9	4.1	発明例
33	2	P	-	G	1	698	6	58	386	375	11	0.70	5.9	3.9	発明例
34	2	M	-	B	2	716	50	96	343	274	70	2.00	11.2	12.9	比較例
35	2	Q	-	D	1	1142	5	94	378	273	106	0.60	8.6	8.0	発明例
36	2	R	-	B	1	1531	4	96	407	274	134	0.50	6.3	4.6	発明例
37	2	S	-	D	0	1660	4	94	369	273	97	0.30	7.0	5.2	発明例
38	2	N	-	A	2	916	22	95	352	321	31	1.60	8.8	9.8	比較例
39	2	I	-	A	2	732	41	95	390	321	69	1.50	7.5	6.2	発明例

\*1.  $t_{Fe-Zn} \geq Si_{High} \times (Ms_1 - Ms_2)^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times E_{Sheet}) / 5 \dots (1)$

[0143]

[表3]

No.	N (枚)	平均 加圧力 P (kN)	本通電工程			無通電工程			後通電工程			施工外乱					(2)式 #2		(3)式 #3		割れ 評価	備考
			I <sub>1</sub> (kA)	T <sub>1</sub> (s)	T <sub>3</sub> (s)	I <sub>2</sub> (kA)	T <sub>2</sub> (s)	N <sub>p</sub> (回)	T <sub>Hold</sub> (s)	(a) θ (度)	(b) δ <sub>Axis</sub> (mm)	(c) c (mm)	(d) δ <sub>Sheet</sub> (mm)	左刃値	右刃値	左刃値	右刃値					
																		(e) δ <sub>Axis</sub> (mm)	(f) δ <sub>Sheet</sub> (mm)			
1	3	2.6	5.6	0.5	0.04	8.3	0.05	6	0.10	5.4	1.2	3.7	1.6	-	-	732.4	159.8	B	発明例			
2	3	2.5	5.8	0.5	0.04	8.6	0.04	7	0.12	3.2	3.7	0.9	3.6	-	-	822.5	73.7	A	発明例			
3	3	3.4	6.1	0.4	0.07	9.2	0.07	6	0.14	0.6	4.0	1.4	3.5	-	-	914.7	188.6	A	発明例			
4	3	3.9	5.8	0.3	0.04	10.0	0.10	9	0.16	5.3	2.4	2.4	0.9	-	-	2772.1	504.0	A	発明例			
5	3	2.6	6.1	0.5	0.05	7.7	0.03	5	0.08	8.3	0.7	2.1	3.9	-	-	324.5	143.6	A	発明例			
6	3	3.0	6.0	0.9	0.05	8.6	0.05	4	0.12	9.0	5.0	1.4	1.6	-	-	616.2	225.6	A	発明例			
7	3	4.5	5.9	0.3	0.04	9.1	0.06	1	0.16	5.2	2.5	1.8	1.5	-	-	646.7	515.1	B	発明例			
8	3	5.5	5.1	0.4	0.03	7.1	0.01	2	0.08	8.1	2.6	2.8	3.6	-	-	172.0	672.8	C	比較例			
9	3	3.0	6.1	0.5	0.04	10.0	0.01	8	0.10	2.3	1.0	2.6	4.0	-	-	418.6	12.8	B	発明例			
10	3	3.6	6.3	0.6	0.06	5.1	0.12	1	0.10	4.2	4.0	4.1	1.1	-	-	275.8	61.3	B	発明例			
11	3	5.0	4.8	0.4	0.03	7.9	0.08	2	0.10	0.7	3.9	4.6	0.6	-	-	542.1	697.4	C	比較例			
12	3	2.7	7.0	0.7	0	0	0	0	0.14	4.1	1.0	4.0	1.1	426.3	152.5	-	-	B	発明例			
13	3	3.7	6.3	0.4	0.04	9.0	0.10	4	0.12	9.1	2.6	1.2	1.4	-	-	1113.9	227.4	A	発明例			
14	3	4.8	5.0	1.0	0.09	6.1	0.09	2	0.08	2.0	1.8	1.0	1.0	-	-	227.4	264.6	C	比較例			
15	3	4.8	5.7	0.4	0.04	9.1	0.04	3	0.10	1.2	2.8	4.3	2.1	-	-	461.4	265.2	A	発明例			
16	3	3.1	5.8	0.8	0.09	8.6	0.09	6	0.14	1.5	3.7	2.6	2.0	-	-	862.7	347.6	A	発明例			
17	3	2.3	5.1	0.3	0.04	7.7	0.04	8	0.20	3.7	3.7	4.8	0.9	-	-	1282.1	216.0	A	発明例			
18	3	5.4	6.2	0.7	0.03	8.9	0.03	9	0.12	1.5	2.6	1.1	0.7	-	-	1027.8	312.5	A	発明例			
19	3	5.3	5.4	0.6	0.09	8.6	0.06	2	0.08	7.5	0.9	2.4	2.4	-	-	244.1	259.5	C	比較例			
20	2	3.3	5.9	0.5	0.05	8.6	0.08	7	0.16	9.3	0.1	0.5	1.1	-	-	1357.8	256.6	B	発明例			
21	2	2.3	5.9	0.4	0.04	8.9	0.08	3	0.12	6.9	3.7	1.2	1.0	-	-	777.2	249.2	B	発明例			
22	2	5.8	6.1	0.9	0.03	8.7	0.03	10	0.22	8.2	4.6	4.9	3.2	-	-	1758.4	995.8	A	発明例			
23	2	2.5	6.3	0.5	0.12	9.2	0.05	1	0.10	1.6	3.0	1.6	0.5	-	-	255.1	609.9	C	比較例			
24	2	5.8	6.4	0.5	0.04	4.9	0.10	1	0.16	5.0	4.6	0.6	2.2	-	-	592.5	385.1	A	発明例			
25	2	4.0	5.9	0.4	0.03	8.8	0.03	6	0.22	3.8	0.5	3.7	0.9	-	-	1446.6	836.9	B	発明例			
26	2	4.5	6.2	0.5	0.05	9.3	0.07	3	0.18	2.6	0.2	4.8	2.2	-	-	1030.5	350.8	A	発明例			
27	2	3.0	5.6	0.7	0.07	10.7	0.07	8	0.20	0.6	4.2	3.1	0.6	-	-	1737.9	243.8	B	発明例			
28	2	3.4	5.5	0.9	0.04	8.2	0.09	1	0.90	9.8	2.6	1.2	1.2	-	-	16378.5	264.3	B	発明例			
29	2	2.9	5.2	0.5	0.05	7.5	0.04	2	0.08	7.3	2.9	1.7	3.2	-	-	231.5	314.3	C	比較例			
30	2	4.4	5.9	0.5	0.03	11.5	0.05	2	0.12	1.5	0.4	1.2	2.1	-	-	746.2	262.5	A	発明例			
31	2	4.0	6.1	0.5	0.04	10.6	0.05	8	0.22	1.5	2.0	3.5	0.7	-	-	2110.2	975.9	A	発明例			
32	2	3.9	5.0	0.5	0.04	11.0	0.04	3	0.10	3.8	3.2	2.6	1.5	-	-	575.5	111.8	B	発明例			
33	2	2.9	7.0	0.6	0	7.5	0.04	1	0.16	1.0	3.0	3.5	1.6	-	-	225541.4	99.7	B	発明例			
34	2	5.9	5.8	0.5	0.06	9.4	0.06	5	0.14	6.0	1.9	4.6	2.1	-	-	850.6	1475.6	C	比較例			
35	2	2.4	5.7	0.6	0.06	8.8	0.05	7	0.18	9.3	2.4	0.6	1.9	-	-	1209.6	221.9	A	発明例			
36	2	5.1	6.1	1.0	0.04	9.0	0.04	8	0.16	0.7	0.3	0.7	1.0	-	-	1197.2	442.7	A	発明例			
37	2	2.3	5.9	0.9	0.06	9.1	0.06	7	0.12	2.4	4.4	1.9	2.0	-	-	899.0	101.7	B	発明例			
38	2	2.3	5.1	0.3	0	0	0	0	0.08	8.2	3.8	4.0	2.3	135.8	307.3	-	-	C	比較例			
39	2	2.9	7.0	0.9	0	0	0	0	0.08	4.1	1.0	4.0	1.1	556.1	542.0	-	-	B	発明例			

\*2.  $I_1^2 \times T_1 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{High} \times (M_{S1} - M_{S2})^{1/2} \times p \times 30 / N \dots(2)$   
 \*3.  $I_1^2 \times T_1 + I_2^2 \times T_2 \times N_p / T_3 + (T_{Hold} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{High} \times (M_{S1} - M_{S2})^{1/2} \times p \times 30 / N \dots(3)$

[0144] 表2、3に示すように、発明例となる溶接部材では、LEM割れの評価結果がすべて合格であり、LEM割れの抑制ができていたことがわかった。

符号の説明

[0145] 1、2、3 鋼板

- 4 溶接部
- 4 a ナゲット
- 4 b 溶接熱影響部
- 5 Fe-Zn合金層
- 6 抵抗スポット溶接部材
- 7 鋼板合わせ面
- 8、9 溶接電極

## 請求の範囲

[請求項1]

重ね合わせた2枚以上の鋼板が抵抗スポット溶接された抵抗スポット溶接部を有する抵抗スポット溶接部材であって、

前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち少なくとも1枚は、Znめつき鋼板であり、

前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、上下方向に当接した2枚の鋼板における引張強さの差が最も大きい組み合わせを第1板組と称し、

前記第1板組における、鋼板合わせ面上のナゲット端部から板幅方向へ300～500 μmの領域に形成されたFe濃度：70～95質量%かつZn濃度：5～30質量%となるFe-Zn合金層の平均厚さを $t_{Fe-Zn}$  (μm) としたとき、

前記Fe-Zn合金層の平均厚さが(1)式を満たす、抵抗スポット溶接部材。

$$t_{Fe-Zn} \geq S i_{High} \times (M s_1 - M s_2)^{1/2} \times 0.5 + (\theta + 8 \times g_{Sheet}) / 5 \quad \dots (1)$$

ここで、(1)式中に示す、

$M s_1$  (°C) : 前記第1板組における、Ms点が高い鋼板側のMs点

、

$M s_2$  (°C) : 前記第1板組における、Ms点が低い鋼板側のMs点

、

$S i_{High}$  (質量%) : 前記第1板組における、Si含有量が最も大きい鋼板側のSi濃度、

$\theta$  (度) : 前記重ね合わせた複数の鋼板における、最外層の鋼板側の肩部を結ぶ直線と該最外層の鋼板側のナゲット外周縁の接線とのなす角で求められるナゲットの傾き、

$g_{Sheet}$  (mm) : 各鋼板合わせ面の板間の隙間の合計、

である。

[請求項2] 前記重ね合わせた2枚以上の鋼板のうち、Si含有量が0.5質量%以上の鋼板が1枚以上含まれる、請求項1に記載の抵抗スポット溶接部材。

[請求項3] 前記第1板組における、2枚の鋼板の引張強さの差が200MPa以上である、請求項1または2に記載の抵抗スポット溶接部材。

[請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法であって、

重ね合わせた2枚以上の鋼板を一对の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電してナゲットを形成する本通電工程を有し、

前記本通電工程の平均電流値を $I_1$  (kA)、前記本通電工程の通電時間を $T_1$  (s)、前記溶接電極の平均加圧力を $p$  (kN)、通電終了後のホールド時間を $T_{\text{Hold}}$  (s)、前記鋼板の枚数を $N$  (枚)としたとき、

前記本通電工程の溶接条件が(2)式を満たす、抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

$$I_1^2 \times T_1 + (T_{\text{Hold}} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{i\text{High}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (2)$$

ここで、(2)式中に示す、 $S_{i\text{High}}$ は前記第1板組のSi含有量が最も大きい鋼板側のSi濃度(質量%)であり、 $M_{s_1}$ は前記第1板組のMs点が高い鋼板側のMs点(°C)であり、 $M_{s_2}$ は前記第1板組のMs点が低い鋼板側のMs点である。

[請求項5] 前記本通電工程後に、形成された前記ナゲットに後熱処理を行う後通電工程を有し、

前記本通電工程の平均電流値を $I_1$  (kA)、前記本通電工程の通電時間を $T_1$  (s)、前記後通電工程の平均電流値を $I_2$  (kA)、前記後通電工程の通電時間を $T_2$  (s)、前記後通電工程の通電回数を $N_p$  (回)、前記本通電工程および後通電工程の通電間隔を $T_3$  (s)、溶接電極の平均加圧力を $p$  (kN)とし、前記通電終了後のホ

ールド時間を  $T_{\text{Hold}}$  (s)、前記鋼板の枚数を  $N$  (枚) としたとき、

前記 (2) 式に変えて、前記本通電工程および前記後通電工程の溶接条件が (3) 式の関係を満たす、請求項 4 に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

$$I_1^2 \times T_1 + I_2^2 \times T_2 \times N_P / T_3 + (T_{\text{Hold}} \times 1000)^2 / 50 \geq S_{\text{High}} \times (M_{s_1} - M_{s_2})^{1/2} \times p \times 30 / N \quad \dots (3)$$

[請求項6] 前記本通電工程では、少なくとも 1 箇所の溶接打点については、前記溶接電極による加圧を行う直前に、(a) ~ (d) のうちから選択された 1 つまたは 2 つ以上の状態を満たす、請求項 4 または 5 に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

(a) 前記溶接電極と前記重ね合わせた 2 枚以上の鋼板との打角が 0.2 度以上である状態

(b) 一对の前記溶接電極の芯ずれ量が 0.1 mm 以上である状態

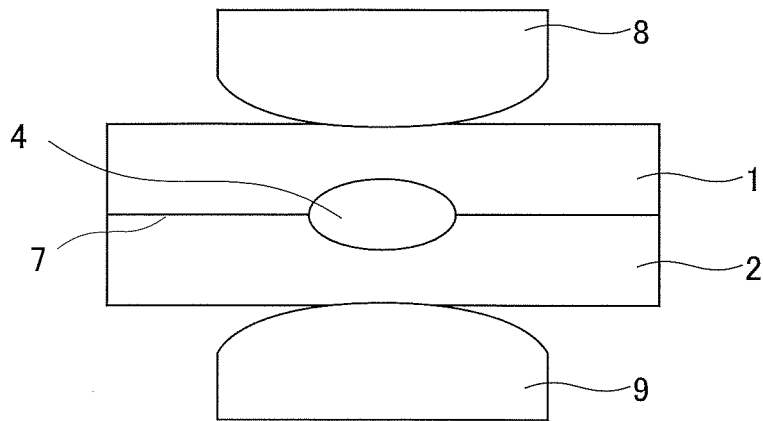
(c) いずれかの前記溶接電極と前記重ね合わせた 2 枚以上の鋼板の最外層との隙間が 0.5 mm 以上ある状態

(d) 前記重ね合わせた 2 枚以上の鋼板のうち、少なくとも 1 組以上の鋼板間にある隙間が 0.5 mm 以上ある状態

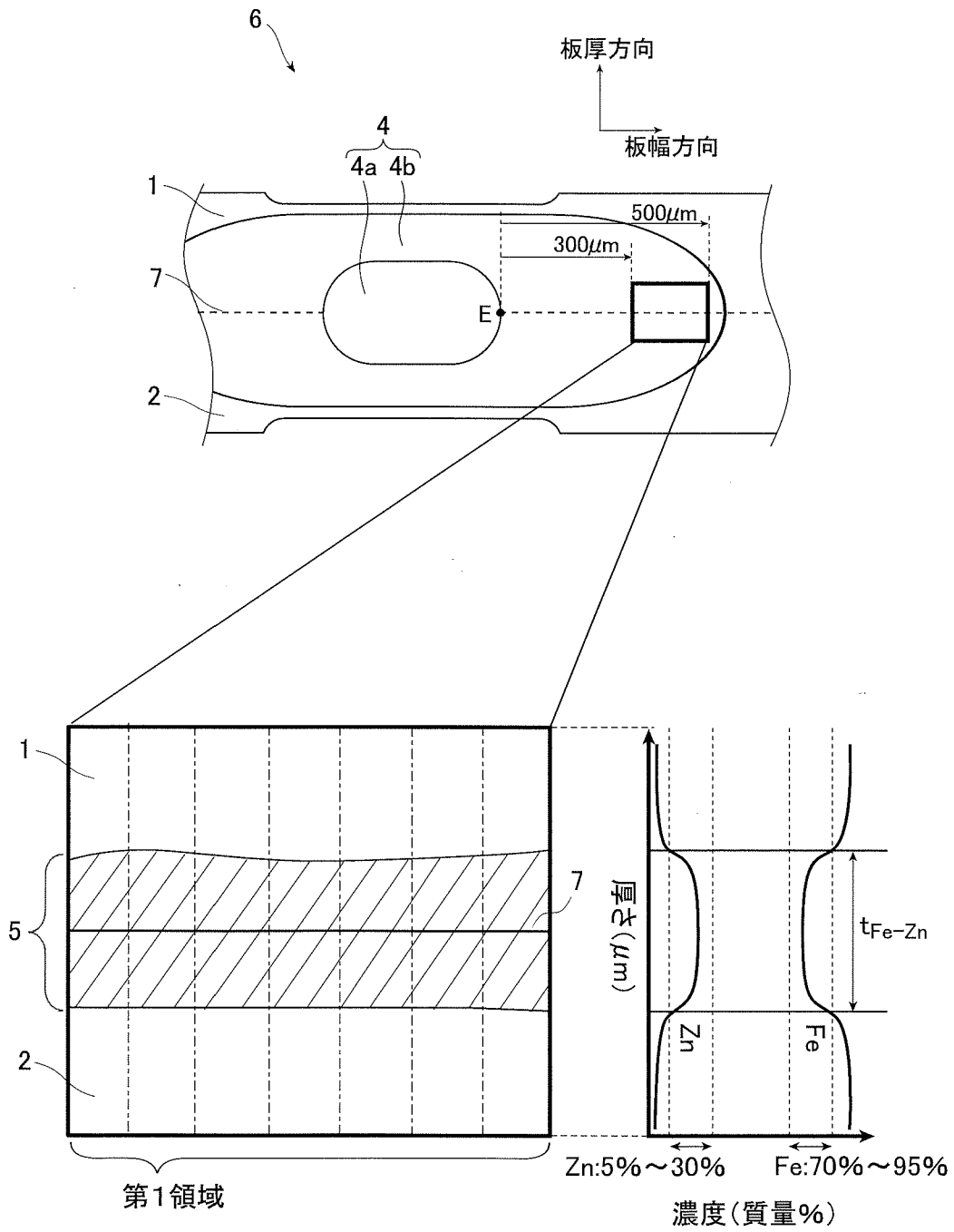
[請求項7] 前記本通電工程と前記後通電工程との間には、通電を休止する無通電工程を有する、請求項 5 または 6 に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

[請求項8] 前記本通電工程後に、前記無通電工程および前記後通電工程を繰り返す、請求項 7 に記載の抵抗スポット溶接部材の抵抗スポット溶接方法。

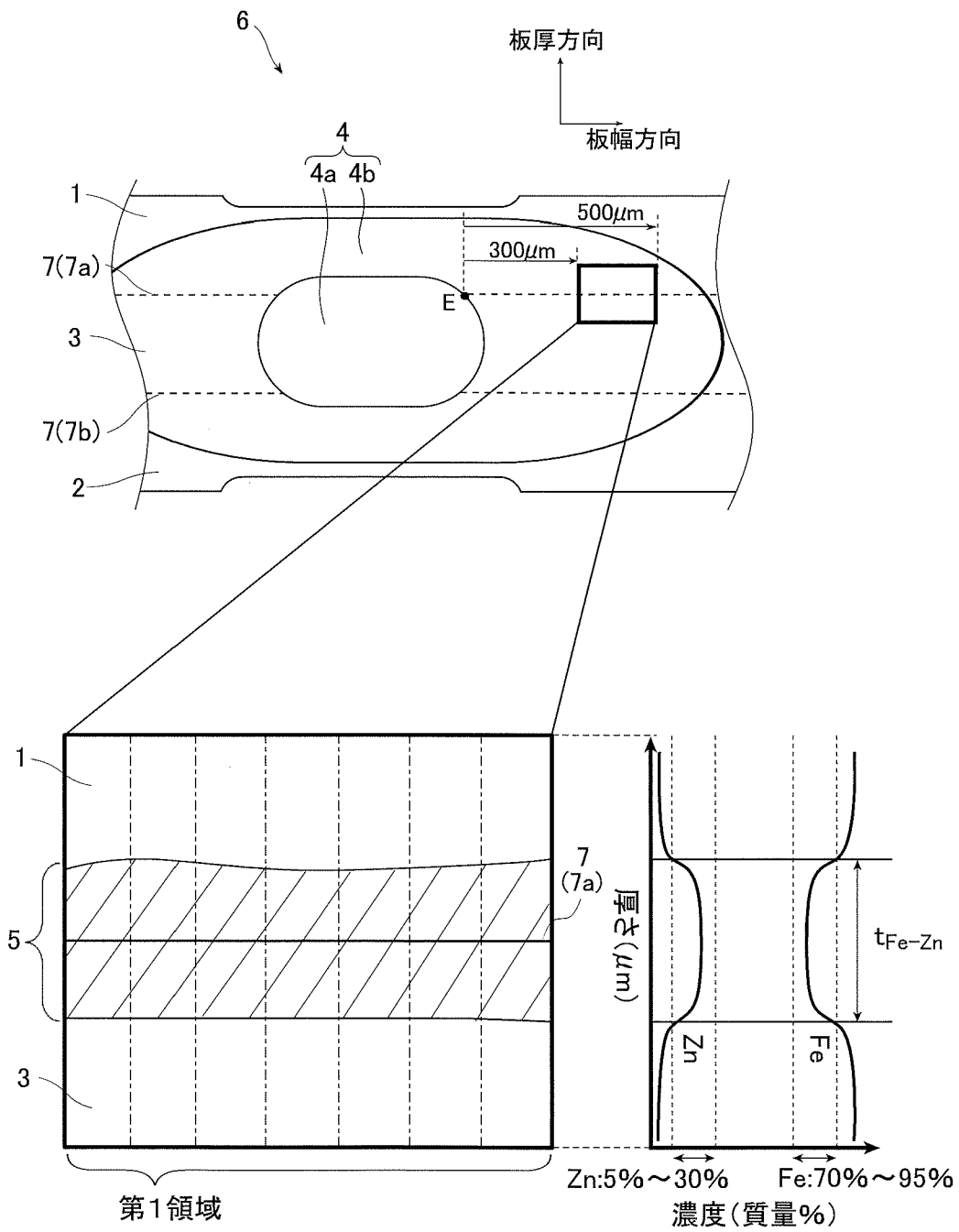
[図1]



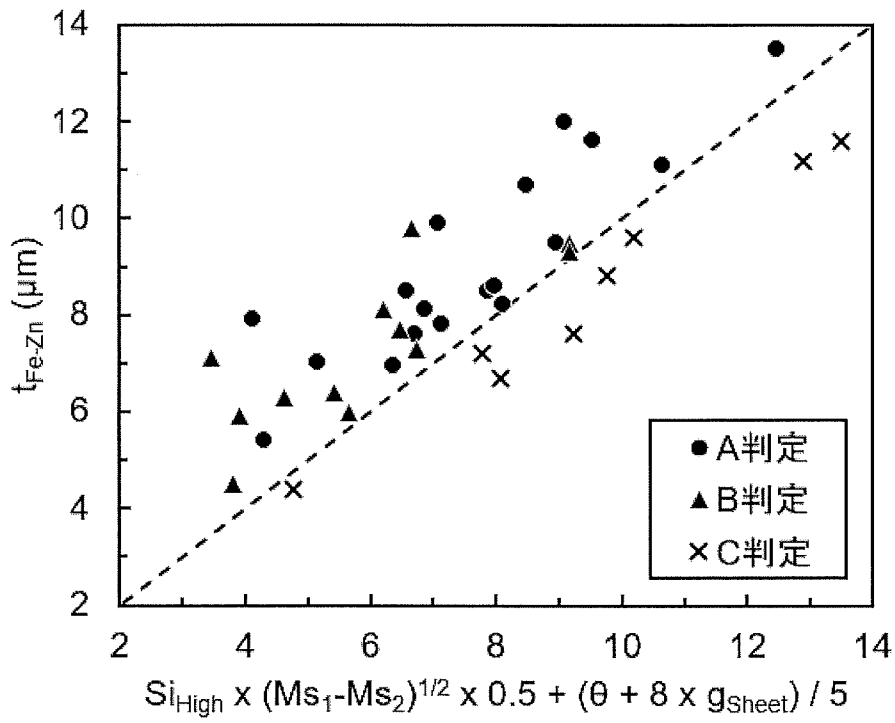
[図2]



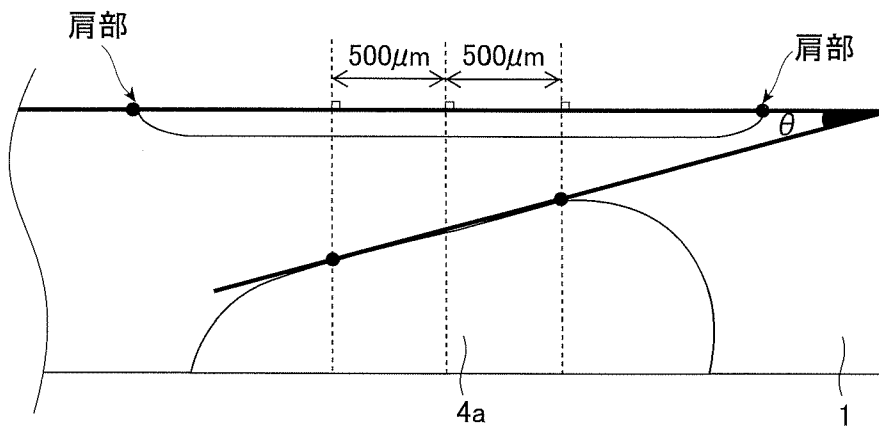
[図3]



[図4]

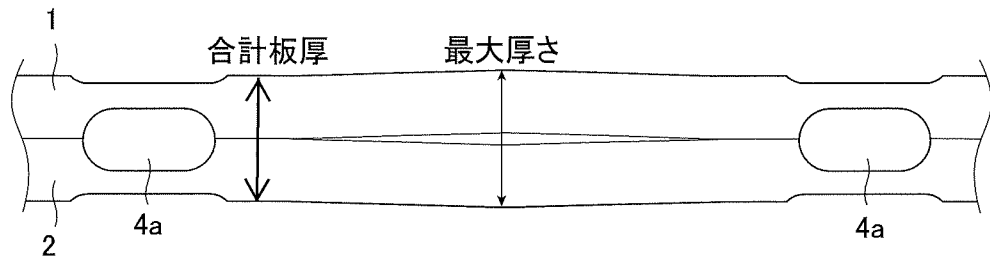


[図5]

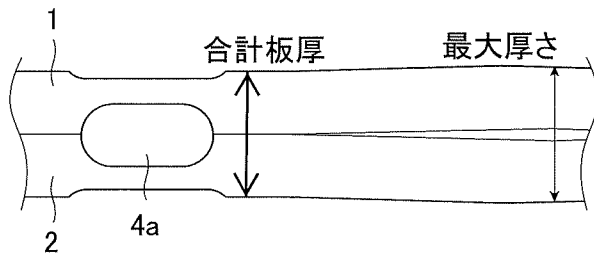


[図6]

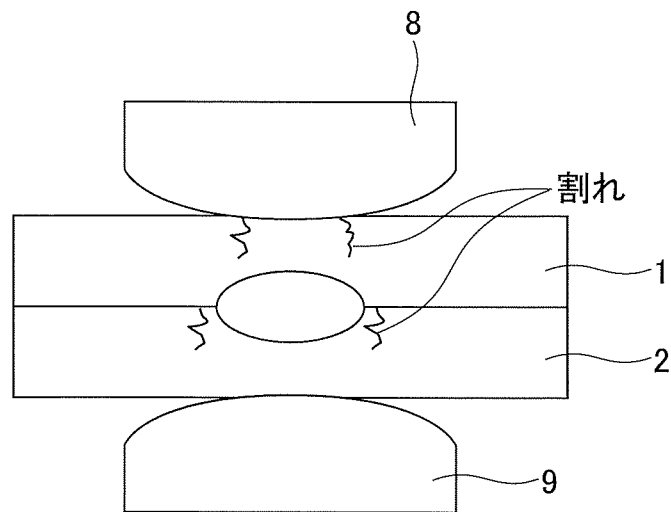
(A)



(B)



[図7]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/042494

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B23K 11/16</i> (2006.01)i; <i>B23K 11/11</i> (2006.01)i; <i>B23K 11/24</i> (2006.01)i; <i>C22C 38/00</i> (2006.01)i; <i>C22C 38/60</i> (2006.01)i; <i>B23K 103/04</i> (2006.01)n FI: B23K11/16 311; B23K11/11 540; B23K11/24 315; C22C38/00 302X; C22C38/00 301T; C22C38/60; B23K103:04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K11/16; B23K11/11; B23K11/24; C22C38/00; C22C38/60; B23K103/04		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2023/080076 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 11 May 2023 (2023-05-11) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2018/159764 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 07 September 2018 (2018-09-07) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2017/104647 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 22 June 2017 (2017-06-22) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2020-082102 A (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) 04 June 2020 (2020-06-04) entire text, all drawings	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 <b>03 February 2025</b>		Date of mailing of the international search report <b>10 February 2025</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2024/042494**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2023/080076	A1	11 May 2023	EP 4393628 A1 entire text, all drawings	
				CN 118139712 A	
				KR 10-2024-0056833 A	
				MX 2024004673 A	
WO	2018/159764	A1	07 September 2018	US 2020/0230735 A1 entire text, all drawings	
				EP 3590645 A1	
				CN 110325313 A	
				KR 10-2019-0112045 A	
				MX 2019010321 A	
WO	2017/104647	A1	22 June 2017	US 2019/0001429 A1 entire text, all drawings	
				EP 3391988 A1	
				CN 108367378 A	
				KR 10-2018-0081581 A	
				MX 2018007315 A	
JP	2020-082102	A	04 June 2020	US 2021/0404496 A1 entire text, all drawings	
				EP 3862125 A1	
				CN 112996625 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B23K 11/16(2006.01)i; B23K 11/11(2006.01)i; B23K 11/24(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/60(2006.01)i; B23K 103/04(2006.01)n</p> <p>FI: B23K11/16 311; B23K11/11 540; B23K11/24 315; C22C38/00 302X; C22C38/00 301T; C22C38/60; B23K103:04</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>B23K11/16; B23K11/11; B23K11/24; C22C38/00; C22C38/60; B23K103/04</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2024年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2024年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2024年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2024年							
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																
日本国公開実用新案公報	1971 - 2024年																
日本国実用新案登録公報	1996 - 2024年																
日本国登録実用新案公報	1994 - 2024年																
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2023/080076 A1（JFEスチール株式会社）11.05.2023（2023-05-11） 全文,全図</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018/159764 A1（JFEスチール株式会社）07.09.2018（2018-09-07） 全文,全図</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/104647 A1（JFEスチール株式会社）22.06.2017（2017-06-22） 全文,全図</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2020-082102 A（株式会社神戸製鋼所）04.06.2020（2020-06-04） 全文,全図</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <p>* 引用文献のカテゴリー          “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの          “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献          “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抵触するものではなく、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          “&amp;” 同一パテントファミリー文献</p>			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	WO 2023/080076 A1（JFEスチール株式会社）11.05.2023（2023-05-11） 全文,全図	1-8	A	WO 2018/159764 A1（JFEスチール株式会社）07.09.2018（2018-09-07） 全文,全図	1-8	A	WO 2017/104647 A1（JFEスチール株式会社）22.06.2017（2017-06-22） 全文,全図	1-8	A	JP 2020-082102 A（株式会社神戸製鋼所）04.06.2020（2020-06-04） 全文,全図	1-8
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	WO 2023/080076 A1（JFEスチール株式会社）11.05.2023（2023-05-11） 全文,全図	1-8															
A	WO 2018/159764 A1（JFEスチール株式会社）07.09.2018（2018-09-07） 全文,全図	1-8															
A	WO 2017/104647 A1（JFEスチール株式会社）22.06.2017（2017-06-22） 全文,全図	1-8															
A	JP 2020-082102 A（株式会社神戸製鋼所）04.06.2020（2020-06-04） 全文,全図	1-8															
<p>国際調査を完了した日</p> <p>03.02.2025</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>10.02.2025</p>																
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>柏原 郁昭 3P 3113</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3363</p>																

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/042494

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2023/080076	A1	11.05.2023	EP	4393628	A1	
				全文, 全図			
				CN	118139712	A	
				KR	10-2024-0056833	A	
				MX	2024004673	A	
-----							
WO	2018/159764	A1	07.09.2018	US	2020/0230735	A1	
				全文, 全図			
				EP	3590645	A1	
				CN	110325313	A	
				KR	10-2019-0112045	A	
				MX	2019010321	A	
-----							
WO	2017/104647	A1	22.06.2017	US	2019/0001429	A1	
				全文, 全図			
				EP	3391988	A1	
				CN	108367378	A	
				KR	10-2018-0081581	A	
				MX	2018007315	A	
-----							
JP	2020-082102	A	04.06.2020	US	2021/0404496	A1	
				全文, 全図			
				EP	3862125	A1	
				CN	112996625	A	
-----							