(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
2024年3月28日(28.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/063009 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 11/11 (2006.01) *B23K 11/16* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/033590

(22) 国際出願日： 2023年9月14日(14.09.2023)

(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 2022-150135 2022年9月21日(21.09.2022) JP

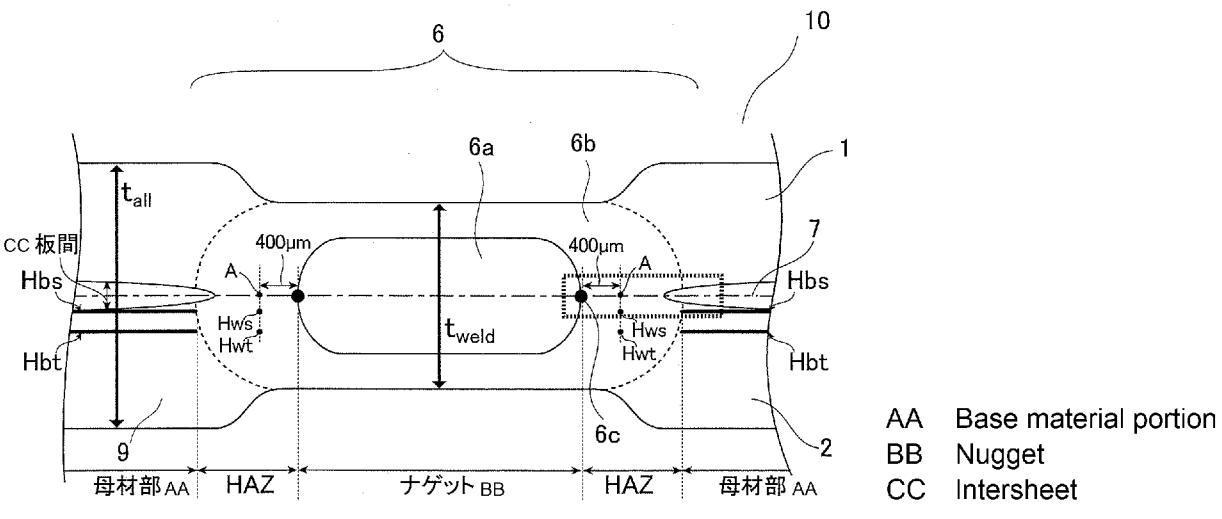
(71) 出願人: ＪＦＥスチール株式会社(**JFE STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 澤 西 央 海 (**SAWANISHI Chikaumi**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 金澤 友美(**KANAZAWA Tomomi**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). ▲高▼島 克利(**TAKASHIMA Katsutoshi**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 松田 広志(**MATSUDA Hiroshi**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 山本 俊佑(**YAMAMOTO Shunsuke**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチー

(54) **Title:** WELDED MEMBER AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称： 溶接部材およびその製造方法

[図2]



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a welded member and a method for producing same. The present invention is a welded member provided by the resistance spot welding of a sheet set in which two or more steel sheets are overlapped. The overall sheet thickness t_{all} of the sheet set and the minimum thickness t_{weld} of the resistance spot welded part satisfy formula (1). At least one of the two or more steel sheets is a steel sheet having a softened layer in a steel sheet surface layer, and, in the base material portion on the side of the steel sheet having the softened layer, the nanoindentation hardness Hbs of the steel sheet surface layer and the nanoindentation hardness Hbt of the steel sheet interior satisfy formula (2). (1): $0.5 < t_{weld}/t_{all} <$

WO 2024/063009 A1

[続葉有]

ル株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 星野 克弥(**HOSHINO Katsuya**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 河野 崇史(**KAWANO Takashi**); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号ＪＦＥスチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).

(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６番１号ＪＦＥテクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

1.0 (2): 0.2 < Hbs/Hbt < 0.8

(57) 要約：溶接部材およびその製造方法の提供を目的とする。本発明は、２枚以上の鋼板を重ね合わせた板組が抵抗スポット溶接された溶接部材であって、板組の総板厚 t_{all} と抵抗スポット溶接部の最小厚さ t_{weld} とが式（１）を満たし、２枚以上の鋼板のうち少なくとも１枚は鋼板表層に軟化層を有する鋼板であり、かつ、軟化層を有する鋼板側の母材部では、鋼板表層のナノインデンテーション硬さＨbsと鋼板内部のナノインデンテーション硬さＨbtとが式（２）を満たす。０．５＜t_{weld}／t_{all}＜１．０…（１） ０．２＜Hbs／Hbt＜０．８…（２）

明　細　書

発明の名称 ： 溶接部材およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、鋼板を抵抗スポット溶接した溶接部材に関し、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を有する溶接部材およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、環境問題の高まりからCO_2排出規制が厳格化しており、自動車分野においては燃費向上に向けた車体の軽量化が課題となっている。そのために自動車部品への高強度鋼板の適用による薄肉化が進められており、引張強度（ＴＳ）が９８０ＭＰａ以上の鋼板の適用が進められている。また、耐食性の観点から、雨水に曝される部位には亜鉛等の防錆能を有するめっき鋼板が使用される。

[0003] また、自動車の組み立てでは、コストや製造効率の観点から、抵抗スポット溶接によりプレス成形された自動車部品を組み合わせることが多い。一般に、重ね合わせた鋼板同士の接合には、重ね抵抗溶接法の一種である抵抗スポット溶接方法が用いられている。この溶接方法は、重ね合わせた２枚以上の鋼板をその上下から一対の溶接電極で挟み、当該溶接電極で加圧しつつ、上下電極間に高電流の溶接電流を短時間通電して接合する方法である。図１には、重ね合わせた２枚の鋼板１、２を溶接電極４、５で挟んで抵抗スポット溶接する一例を示す。この方法によれば、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６を得る。この点状の溶接部６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両鋼板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] 衝突安全性を確保するために、鋼板の強度を向上させるとともに溶接部における強度を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るが、一般的な評価方法のひとつとして、ＪＩＳＺ３１３６に規定される引張せん断試験が挙げられる。これは、溶接継手を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」と称する）を測定する試験法である。

[0005] 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、図８に示すように、溶接部に割れが生じることがあるという問題がある。ここで、表面処理鋼板とは、電気亜鉛めっきおよび溶融亜鉛めっき（合金化溶融亜鉛めっきを含む）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のめっきなどの金属めっき層を母材（下地鋼板）の表面上に有する鋼板を言う。亜鉛めっきや亜鉛合金めっきの融点は、表面処理鋼板の母材の融点よりも低いため以下のような問題がある。

[0006] すなわち、溶接部の割れは、溶接中に鋼板表面の低融点の金属めっき層が溶融し、電極の加圧力や、鋼板の熱膨張および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８に示すように、溶接電極４、５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。

[0007] 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３の技術が挙げられる。特許文献１では、板組である鋼板の組成を特定範囲の組成、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×（Ｎ／１４）～４８×｛（Ｎ／１４）＋（Ｓ／３２）｝％、Ｎｂ：９３×（Ｃ／１２）～０．１％、Ｂ：０．０００５～０．００３％、Ｎ：０．０１％以下、Ｎｉ：０．０５％以下、残部：Ｆｅおよび不可避的不純物からなる組成とすることが提案されている。

[0008] 特許文献２には、高強度めっき鋼板の抵抗スポット溶接において、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抵抗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×(１０×ｔ＋２)／５０≦ＷＴ≦０．５０×(１０×ｔ＋２)／５０ …（Ａ）

３００－５００×ｔ＋２５０×ｔ^{2}≦ＨＴ …（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。

[0009] また、特許文献２では、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張力亜鉛めっき鋼板を用いて、溶接を行うことも提案されている。

[0010] 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（ΔＩ）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、各段の間に冷却時間を設ける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をいう。

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２００３－１０３７７７号公報

特許文献3：特開２００３－２３６６７６号公報

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

近の鋼板における、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、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] 継手強度の観点も加えて特許文献１～３の共通の課題をまとめると、高強度鋼板の溶接部の強度を確保しつつ、ＬＭＥ割れ発生も抑止する技術は提案されていない。

[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、高強度鋼板における抵抗スポット溶接部の強度の確保と、ＬＭＥ割れの抑止とを両立可能な抵抗スポット溶接部を有する、溶接部材およびその製造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。

[0018] 溶接時に発生する割れ（ＬＭＥ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。しかし、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の合わせ面側においては、抵抗スポット溶接での通電および加圧終了後であって、一対の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ＬＭＥ割れが発生しやすいことが知られている。そのため、以下の参考文献１に記載されるよう、重ね合わせる鋼板として鋼板の表層に軟化層を有する鋼板を用いることで、抵抗スポット溶接部の引張残留応力を低減するこ

とができ、結果としてＬＭＥ割れを抑止することができると考えられる。

[0019] 〔参考文献１〕 国際公開第２０２１／０１９９４７号

しかし、鋼板の表層に軟化層を有したとしても、溶接時の熱影響に伴って溶接熱影響部の組織が変化したり、Ｃなどの合金元素が拡散したりすることで、溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層が消失してしまうと、本発明で目的とする効果は得られない。加えて、溶接熱影響部の表面、特に鋼板同士の合わせ面側の鋼板表層が顕著に軟らかい場合、抵抗スポット溶接部の強度が低下してしまう。これらのことより、本発明者らは、溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層の硬さを一定の範囲に制御することで、抵抗スポット溶接部の強度の確保と、ＬＭＥ割れの抑止を両立可能であるとの着想を得た。

[0020] ここで、図３を用いて、上記の「溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層」について説明する。図３（Ａ）～図３（Ｃ）には、後述の図２中に示す四角枠で囲った領域である、溶接部材の溶接熱影響部（ＨＡＺ）およびその周辺の拡大断面図を示す。なお、図３の各図は軟化層の説明に用いる図であるため、図２に示した板間の記載は省略している。図３の各図に示す例では、下側に配置された鋼板（すなわち下板）が、本発明で用いる「鋼板表層に軟化層を有する鋼板」である。

[0021] 図３（Ａ）～図３（Ｃ）に示すように、鋼板表層に軟化層を有する鋼板を含む板組を抵抗スポット溶接した溶接部材は、鋼板の合わせ面７側の下板の表層に軟化層を有する。軟化層は、溶接熱影響部（ＨＡＺ）および母材部の領域に存在する。溶接熱影響部の領域における軟化層は、図３（Ａ）に示すように、基本的にはナゲット６ａに近づくほど減少する。しかし、溶接時の熱影響に伴って、図３（Ｂ）に示すように、Ｃなどの元素拡散に起因して溶接熱影響部の軟化層の一部が完全に消失したり、あるいは、図３（Ｃ）に示すように、溶接熱影響部の軟化層がほとんど消失せずに残存した状態となることもある。本発明では、図３（Ａ）～図３（Ｃ）に示す状態を含む溶接熱影響部領域に存在する軟化層を、「溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層」と称する。

[0022] 本発明は、以上の知見に立脚するものであり、要旨は次のとおりである。

［１］ ２枚以上の鋼板を重ね合わせた板組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って、

前記板組の総板厚をt_{all}、前記抵抗スポット溶接部の最小厚さをt_{weld}としたとき、t_{all}およびt_{weld}が式（１）を満たし、

前記２枚以上の鋼板のうち少なくとも１枚は、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板であり、

かつ、前記軟化層を有する鋼板側の母材部では、前記軟化層の表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHbsとし、前記軟化層の表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHbtとしたとき、HbsおよびHbtが式（２）を満たす、溶接部材。

$0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0$ …（１）

$0.2 < Hbs / Hbt < 0.8$ …（２）

［２］ 前記軟化層を有する鋼板側の溶接熱影響部では、前記抵抗スポット溶接部のナゲット端から母材方向へ４００μｍ離れた位置であって鋼板の合わせ面上の位置を始点とし、前記始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHwsとし、前記始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHwtとしたとき、

Hws、Hwtおよび前記Hbsが式（３）および式（４）を満たす、[１]に記載の溶接部材。

$0.2 < Hws / Hwt < 1.0$ …（３）

$0.8 < Hws / Hbs < 7.0$ …（４）

［３］ 前記鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）、前記鋼板の引張強度をＴＳ（ＭＰａ）としたとき、

前記軟化層を有する鋼板が、式（５）を満たす、[１]または［２］に記載の溶接部材。

－｛（１０００×ｔ／ＴＳ）－０．２５｝／３５＋０．２＜(Hws／Hwt)＜１．０　…（５）

ここで、式（５）におけるHwsは前記始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Hwtは前記始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

［４］　前記軟化層を有する鋼板は、Ｓｉ内部酸化層および／または亜鉛めっき層を有する、[１]～[３]のいずれか１つに記載の溶接部材。

［５］　前記亜鉛めっき層の下層に、Ｆｅ系のプレめっき層を有する、[４]に記載の溶接部材。

［６］　前記抵抗スポット溶接部の溶接打点中心から前記鋼板端面までの最短距離の平均値が３ｍｍ以上であり、

かつ、複数の溶接打点がある場合には、隣り合う溶接打点同士の打点中心間の平均距離が６ｍｍ以上である、[１]～[５]のいずれか１つに記載の溶接部材。

［７］　[１]～[６]のいずれか１つに記載の溶接部材の製造方法であって、

２枚以上の鋼板を重ね合わせて板組とする準備工程と、前記板組を抵抗スポット溶接する溶接工程と、を有し、

前記溶接工程は、前記板組を一対の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合を行うものであり、

前記通電は、加圧力：２．０～１０．０ｋＮ、溶接電流：４．０～１５．０ｋＡ、通電時間：０．１～２．０ｓで行い、

通電終了後の加圧力保持時間をＴｈ（ｓ）としたとき、Ｔｈ（ｓ）が式（７）の関係を満たす電極保持工程を、さらに有する、溶接部材の製造方法。

｛（Hbs／Hbt）－０．２｝／３０＜Ｔｈ＜[－｛（Hbs／Hbt）－０．２｝／３]＋１．２　…（７）

ここで、式（７）における、Hbsは前記母材部の軟化層表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Hbtは前記母材

部の軟化層表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

［８］　前記板組を一対の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合を行う際に、

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）～（ｅ）の１つまたは２つ以上の状態を満たす、［７］に記載の溶接部材の製造方法。

（ａ）溶接電極と重ね合わせた鋼板との打角が０．２度以上である状態

（ｂ）一対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鋼板との間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

（ｄ）重ね合わせた鋼板のうち、少なくとも１組以上の鋼板間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

（ｅ）溶接打点の中心から重ね合わせた鋼板における鋼板端面までの最短距離が１０ｍｍ以下である状態

発明の効果

[0023]　本発明によれば、高強度鋼板を用いた抵抗スポット溶接であっても、鋼板表層の軟化に起因する抵抗スポット溶接部の強度低下を防ぎつつ、ＬＭＥ割れも発生しない、溶接部材およびその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図１は、本発明の抵抗スポット溶接の一例を模式的に示す断面図である。

[図2]図２は、本発明の一実施形態に係る溶接部材における、抵抗スポット溶接部およびその周辺を模式的に示す断面図である。

[図3]図３（Ａ）～図３（Ｃ）は、溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層を説明する拡大断面図である。

[図4]図４は、本発明に用いる、鋼板表層に軟化層を有する鋼板の一例を説明する板厚方向断面図である。

[図5]図５は、本発明の溶接部材における、溶接打点中心から鋼板端面までの最短距離（H_1）を説明する図である。

[図6]図６は、本発明の溶接部材における、隣り合う溶接打点中心間の距離（H_2）を説明する図である。

[図7]図７は、本発明の実施例における、３枚板組の場合の引張試験の一例を説明する断面図である。

[図8]図８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断面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の一実施形態である溶接部材およびその製造方法について説明する。なお、本発明はこの実施形態に限定されない。

[0026] まず、図１および図２を参照して、本発明の溶接部材を説明する。

図１には、２枚の鋼板を抵抗スポット溶接している一例を示す。図２は、本発明の溶接部材の一例を示す板厚方向断面図であり、当該溶接部材における抵抗スポット溶接部およびその周辺を拡大した断面図である。

[0027] 本発明は、図１および図２に示すように、２枚以上の鋼板を重ね合わせた板組が抵抗スポット溶接された抵抗スポット溶接部（以下、「溶接部」と称する）を有する溶接部材である。

[0028] 後述するように、重ね合わせた２枚以上の鋼板のうち少なくとも１枚は、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板である（図４を参照）。鋼板の枚数は特に限定されず、２枚以上であればよい。鋼板の枚数は、好ましくは３枚以上である。なお、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。

[0029] 図２には、重ね合わせた２枚の鋼板が溶接された溶接部材１０の一例を示す。下側に配置される鋼板２（下板）および上側に配置される鋼板１（上板）の両方またはいずれか１方が、上記軟化層を有する鋼板である。鋼板１、２が接する鋼板の合わせ面７に、以下に説明する溶接部６が形成される。

[0030] 図２に示す例の溶接部材の場合、下板２のみが上記軟化層（図示を省略）

を有する鋼板とし、上板１は軟化層を有しない鋼板とする。この場合、下板２の合わせ面７側のみに、本発明の溶接部６が形成される。なお、上板１および下板２の両方に本発明の上記軟化層を有する鋼板を用いた場合には、合わせ面７に対して上板１側および下板２側の両方に、本発明の溶接部６が形成される。

[0031] 図示は省略するが、３枚以上の鋼板を重ね合わせて溶接した場合には、最も下側に配置される鋼板（すなわち下板）、最も上側に配置される鋼板（すなわち上板）、およびそれらの間に配置される鋼板（すなわち中板）の全部または少なくとも１枚が、上記軟化層を有する鋼板となる。各鋼板間の合わせ面を含むように、本発明の溶接部が形成される。

例えば、３枚の鋼板からなる板組の場合、下板と中板、および中板と上板が接する２つの合わせ面を含むように、本発明の溶接部が形成される。３枚の鋼板の全てに上記軟化層を有する鋼板を用いた場合には、各合わせ面に対して上下側にある鋼板表層の軟化層の硬さがそれぞれ制御される。

[0032] ＜溶接部＞

本発明の溶接部について、詳細に説明する。なお、２枚の鋼板を重ね合わせた板組の場合でも、３枚以上の鋼板を重ね合わせた板組の場合でも、同様の溶接部が形成されるため、以降の説明には図２を用いる。

[0033] 図２に示すように、本発明の溶接部６は、板組の総板厚をt_{all}、溶接部の最小厚さをt_{weld}としたとき、総板厚（t_{all}）および溶接部の最小厚さ（t_{weld}）が以下の式（１）を満たす。

また、この条件に加えて、上記軟化層を有する鋼板側の母材部９では、軟化層の表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨbsとし、軟化層の表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨbtとしたとき、上記２つの位置でのナノインデーション硬さ（ＨbsおよびＨbt）が以下の式（２）を満たす。

$$0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \quad \cdots (1)$$

$$0.2 < Hbs / Hbt < 0.8 \quad \cdots (2)$$

[0034] 総板厚および溶接部の最小厚さの比（t_{weld}／t_{all}）が上記の式（１）を満たさない場合、すなわち式（１）の下限値以下となる場合、溶接部６の減厚が顕著となるため、溶接部６に生じる引張残留応力が過大となってＬＭＥ割れが発生しやすくなる。これとともに、継手強度の低下をもたらす。なお、溶接時における、一対の溶接電極による加圧と熱影響によって板組の板厚は減厚されるため、t_{weld}／t_{all}の上限は１．０未満となる。

[0035] 式（１）の下限は、好ましくは０．５５以上とする。式（１）の上限は、好ましくは０．９５以下とする。

[0036] ここで、上記の「溶接部の最小厚さ（t_{weld}）」とは、図２に示すように、ナゲット６ａの板幅方向の領域内における板厚方向の最小厚さを指す。なお、この最小厚さ（t_{weld}）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。

[0037] また、上記の式（２）に示す母材部の硬さの比（Ｈbs／Ｈbt）が０．８以上の場合、抵抗スポット溶接後の電極解放時において、鋼板表層の引張残留応力が過大となり、その結果、ＬＭＥ割れが発生しやすくなる。一方、当該母材部の硬さの比が０．２以下の場合、鋼板表層でのき裂発生が容易となり、その結果、継手強度の低下をもたらす。

[0038] これらに起因して、後述する溶接熱影響部の表層軟化（すなわち、溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層の硬さを所定範囲に制御すること）を実現するのが困難となるおそれがある。

[0039] 式（２）の下限は、好ましくは０．２２以上とする。式（２）の上限は、好ましくは０．７５以下とする。

[0040] 以上の構成により、溶接部の強度の確保とＬＭＥ割れの抑止を両立できる。

[0041] 本発明では、溶接部の強度の確保とＬＭＥ割れの抑止の効果をより有効に向上させる観点から、上述の構成に加えて、さらに、以下の構成を有していてもよい。

[0042] 図２に示すように、軟化層を有する鋼板側の溶接熱影響部６ｂでは、溶接

部のナゲット端６ｃから母材方向へ４００μｍ離れた位置であって鋼板の合わせ面７上の位置を始点（すなわち図２に示した点Ａ）とし、当該始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHwsとし、当該始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをHwtとしたとき、上記３つの位置でのナノインデーション硬さ（Hws、HwtおよびHbs）が以下の式（３）および式（４）を満たすことが有効である。

０．２＜Hws／Hwt＜１．０　…（３）

０．８＜Hws／Hbs＜７．０　…（４）

[0043] 上記の式（３）では、溶接熱影響部６ｂ内における鋼板表層（すなわち、始点Ａから板厚方向に２０μｍ離れた位置）と、溶接熱影響部６ｂ内における鋼板内部（すなわち、始点Ａから板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置）との硬さの差に、着目している。式（３）中に示す溶接熱影響部６ｂ内の硬さの比（Hws／Hwt）が０．２未満となる状態、すなわち溶接熱影響部６ｂの鋼板内部に対して、応力集中が大きくなる鋼板の合わせ面７側の溶接熱影響部６ｂの鋼板表層における軟化が顕著となる状態では、溶接熱影響部の鋼板表層における延性き裂発生抵抗が過度に低下する。その結果、溶接部の強度が低下してしまう。

[0044] 一方、この硬さの比（Hws／Hwt）が１．０以上となる状態では、溶接熱影響部６ｂの鋼板内部に対して溶接熱影響部６ｂの鋼板表層が軟化していないため、溶接部の引張残留応力の低減効果が得られず、その結果、ＬＭＥ割れの抑止が困難となる。そのため、０．２＜Hws／Hwt＜１．０の関係を満たすことが有効となる。

[0045] 溶接熱影響部６ｂ内の硬さの比は、好ましくは０．２５＜Hws／Hwt＜０．９の関係を満たすことであり、より好ましくは０．３０＜Hws／Hwt＜０．８の関係を満たすことである。

[0046] 加えて、上記の式（４）では、鋼板表層における母材部と溶接熱影響部との差異に着目している。溶接熱影響部６ｂの鋼板表層では、溶接時の熱影響

を受けることで組織の変化や合金元素の拡散によって硬さが変化する。そのため、０．８＜Ｈws／Ｈbs＜７．０の関係を満たすことが、溶接熱影響部における鋼板表層の軟化層（図３を参照）の硬さ制御に有効となる。

[0047] 式（１）と同様、式（４）中に示す鋼板表層の硬さの比（Ｈws／Ｈbs）が０．８未満となる状態では、溶接熱影響部の鋼板表層における延性き裂発生抵抗が過度に低下し、その結果、溶接部の強度が低下してしまう。一方、この硬さの比（Ｈws／Ｈwt）が７．０以上となる状態では、溶接熱影響部の鋼板表層の硬さが過大となってしまう。硬さが大きいほど、電極解放時の引張残留応力は増加するため、溶接部の引張残留応力の低減効果が得られない。

[0048] 鋼板表層の硬さの比は、好ましくは１．０＜Ｈws／Ｈbs＜６．５の関係を満たすことであり、より好ましくは１．１＜Ｈws／Ｈbs＜６．０の関係を満たすことである。鋼板表層において、母材部の硬さより溶接熱影響部の硬さが大きくなることで、溶接部に引張荷重が付与された際の溶接熱影響部への過度なひずみ集中を抑制することができ、溶接熱影響部での破断回避に有利に作用する。

[0049] なお、上述のナノインデーション硬さ（単位：ＧＰａ）は、後述の実施例に記載のように、ナノインデーション硬さ試験によって測定できる。ナノインデーション硬さ試験方法については本発明では制限しないが、例えば、ナノインデンテーション装置（Ｈｙｓｉｔｒｏｎ社製　ＴＩ－９５０　Ｔｒｉｂｏｌｎｄｅｎｔｅｒ）を用いて、ＩＳＯ　１４５７７に準拠して行えばよい。

[0050] ＜鋼板＞

［板厚、引張強度］

溶接部の強度は、重ね合わせる鋼板の板厚や引張強度の影響を受ける。そのため、本発明では、上記の溶接熱影響部内における鋼板表層と鋼板内部の硬さの比（Ｈws／Ｈwt）を板厚および引張強度に応じて適正に制御することが好ましい。これにより、本発明の効果をより一層有効に得ることができる。

[0051] 具体的には、鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）、鋼板の引張強度をＴＳ（ＭＰａ）としたとき、軟化層を有する鋼板は、以下の式（５）を満たすことが好ましい。

－｛（１０００×ｔ／ＴＳ）－０．２５｝／３５＋０．２＜(Hws／Hwt)＜１．０ …（５）

ここで、式（５）におけるHwsは上記始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Hwtは上記始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

[0052] なお、上記硬さの比（Hws／Hwt）をより適切に制御する観点から、この条件式（（式）５）に加えて、以下の式（６）を満たすことが、より好ましい。

０．２５≦１０００×ｔ／ＴＳ≦３．７５ …（６）

[0053] 軟化層を有する鋼板の板厚（ｔ）が大きい場合、溶接熱影響部の断面積が大きくなるため、溶接部に引張荷重が付与された際に溶接熱影響部ではなくナゲット内での破断が生じやすくなる。その結果、溶接熱影響部の表層軟化が顕著であっても、溶接部の強度は低下しにくくなる。そのため、鋼板の板厚（ｔ）が大きいほど、好適なHws／Hwtの下限値は小さくなる。

[0054] 一方、軟化層を有する鋼板の引張強度（ＴＳ）が大きい場合、溶接時の熱影響によるマルテンサイト変態が生じるため、一般的には溶接熱影響部は硬化しやすい。そのため、鋼板表層の軟化層と鋼板内部との硬度差が大きくなることに起因して生じる、溶接熱影響部の表層軟化によって、溶接部の強度は低下しやすくなる。つまり、鋼板の引張強度（ＴＳ）が大きいほど、好適なHws／Hwtの下限値は大きくなる。

[0055] したがって、鋼板の板厚（ｔ）および引張強度（ＴＳ）の観点からは、Hws／Hwtは、式（５）を満足することが好ましい。

式（５）の下限は、好ましくは、－｛（１０００×ｔ／ＴＳ）－０．２５｝／３５＋０．３以上である。式（５）の上限は、好ましくは０．９以下である。

なお、上述の理由から、さらに式（６）を満足することがより好ましい。式（６）の下限は、好ましくは０．５以上であり、式（６）の上限は、好ましくは２．５以下である。

[0056] 上述のように、一般的に、鋼板の高強度化および高合金成分化に伴って、ＬＭＥ割れは発生しやすい傾向にある。そのため、本発明では、軟化層を有する鋼板の引張強度は、ＴＳ≧９８０ＭＰａであることが好ましい。この関係を満たす高強度鋼板の場合に、本発明の効果をより一層有効に得ることが出来るからである。

[0057] ［軟化層を有する鋼板］

本発明では、上述のとおり、重ね合わせる２枚以上の鋼板のうち少なくとも１枚は、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板である。図４を参照して、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板について説明する。図４には、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板の一例を示す。この軟化層を有する鋼板として、例えば、軟化層上に亜鉛めっき層を有する亜鉛めっき鋼板や、軟化層内の最表層にＳｉ内部酸化層を有する鋼板が挙げられる。

[0058] 本発明に用いた鋼板について、鋼板表層に軟化層を付与する方法は特に制限しない。

[0059] なお、図４には、一例として、軟化層、Ｓｉ内部酸化層、亜鉛めっき層および後述のＦｅ系プレめっき層を有する構造の鋼板を示している。

[0060] ［亜鉛めっき鋼板］

ＬＭＥ割れは、溶融亜鉛が鋼板と接した状態で引張応力が付与されることで生じる現象である。そのため、本発明において亜鉛めっき鋼板を用いる場合には、亜鉛めっき層と接する面で、かつ、鋼板表層に、軟化層を設けることが好ましい。この亜鉛めっき鋼板の場合に、本発明の効果をより一層有効に得ることが出来るからである。特に、鋼板のプレス性や連続打点溶接性も含めて考慮すると、亜鉛めっき鋼板は、合金化溶融亜鉛めっき鋼板（ＧＡ鋼板）、溶融亜鉛めっき鋼板（ＧＩ鋼板）、電気亜鉛めっき鋼板（ＥＧ鋼板）であることがより好ましい。

[0061] 図４に示すように、亜鉛めっき鋼板は、軟化層と亜鉛めっき層との間に、Ｆｅ系のプレめっき層を有していてもよい。軟質層であるＦｅ系のプレめっき層を形成するという方法によって、鋼板表層をより軟化させることができる。

[0062] このプレめっき層は、Ｆｅ系電気めっき層であることが好ましい。Ｆｅ系電気めっき層としては、純Ｆｅの他、Ｆｅ－Ｂ合金、Ｆｅ－Ｃ合金、Ｆｅ－Ｐ合金、Ｆｅ－Ｎ合金、Ｆｅ－Ｏ合金、Ｆｅ－Ｎｉ合金、Ｆｅ－Ｍｎ合金、Ｆｅ－Ｍｏ合金、Ｆｅ－Ｗ合金等の合金めっき層が使用できる。Ｆｅ系電気めっき層の成分組成は特に限定されないが、本発明では、Ｂ、Ｃ、Ｐ、Ｎ、Ｏ、Ｎｉ、Ｍｎ、Ｍｏ、Ｚｎ、Ｗ、Ｐｂ、Ｓｎ、Ｃｒ、Ｖ及びＣｏからなる群から選ばれる１種または２種以上の元素を合計で１０質量％以下含み、残部はＦｅおよび不可避的不純物からなる成分組成とすることが好ましい。Ｆｅ以外の元素の量を合計で１０質量％以下とすることで、電解効率の低下を防ぎ、低コストでＦｅ系電気めっき層を形成することができる。

[0063] さらにＦｅ系電気めっき層の片面当たりの付着量は、０．５ｇ／m^2以上が好ましい。当該付着量は、さらに好ましくは１．０ｇ／m^2以上である。Ｆｅ系電気めっき層の片面あたりの付着量の上限は特に限定されないが、コストの観点から、Ｆｅ系電気めっき層の片面あたりの付着量を６０ｇ／m^2以下とすることが好ましい。当該付着量は、好ましくは５０ｇ／m^2以下とし、より好ましくは４０ｇ／m^2以下とし、さらに好ましくは３０ｇ／m^2以下とする。

[0064] なお、Ｆｅ系電気めっき層の厚みは、以下の通り測定する。溶融亜鉛めっき後の合金化した高強度溶融亜鉛めっき鋼板から１０×１５ｍｍサイズのサンプルを採取して樹脂に埋め込み、断面埋め込みサンプルとする。同断面の任意の３か所を走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）を用いて加速電圧１５ｋＶ、およびＦｅ系電気めっき層の厚みに応じて倍率２０００～１００００倍で観察し、３視野の厚みの平均値に鉄の比重を乗じることによってＦｅ系電気めっき層の片面あたりの付着量に換算する。

[0065] 高強度焼鈍前冷延鋼板の表面にＦｅ系電気めっき処理を施して、焼鈍前Ｆ

ｅ系電気めっき処理鋼板とするのが好ましい。Ｆｅ系電気めっき処理方法は特に限定されない。例えば、Ｆｅ系電気めっき浴としては硫酸浴、塩酸浴あるいは両者の混合などが適用できる。なお、冷間圧延後の高強度焼鈍前冷延鋼板に対して予熱炉等における酸化処理を行なわずに、Ｆｅ系電気めっき処理を施すこともできる。

[0066] 通電開始前のＦｅ系電気めっき浴中のＦｅイオン含有量は、Fe^{2+}として１．０ｍｏｌ／Ｌ以上とすることが好ましい。Ｆｅ系電気めっき浴中のＦｅイオン含有量が、Fe^{2+}として１．０ｍｏｌ／Ｌ以上であれば、十分なＦｅ付着量を得ることができる。

[0067] このような鋼板を用いることで、本発明の効果をより有効に得ることができる。特に、亜鉛めっき層を形成する前にプレめっきを施し、溶融亜鉛めっき後に合金化処理した合金化溶融亜鉛めっき鋼板である場合は、より一層有効である。

[0068] ［Ｓｉ内部酸化層］

図４に示すように、例えば、軟化層にＳｉ内部酸化層を内包する鋼板の場合には、鋼板製造において焼鈍時の露点を上昇させることで、鋼板最表層にＳｉの内部酸化層を形成するとともに、それに伴って生じる他の合金元素の挙動も制御する。これにより、軟化層を形成することができる。このような鋼板を用いることで、本発明の効果をより有効に得ることができる。

[0069] 上記の「Ｓｉ内部酸化層」とは、具体的には、結晶粒内およびまたは結晶粒界の一部に、Ｓｉ酸化物が形成した領域を指す。

[0070] ＜溶接部材の溶接打点＞

図５および図６を用いて、溶接部材の溶接打点について説明する。図５および図６は、溶接部材の溶接部周辺を示す上面図（溶接部材を上方からみた図）である。

[0071] 図５および図６に示すように、本発明の溶接部材１０は、溶接部の溶接打点中心から鋼板端面までの最短距離（H_1）の平均値が３ｍｍ以上であり、かつ、複数の溶接打点がある場合には、隣り合う溶接打点同士の打点中心間の

平均距離（H_2）が６ｍｍ以上であることが好適である。

[0072] ここで、「溶接打点中心から鋼板端面までの最短距離の平均値（H_1）」とは、図５に示すように溶接打点中心から最も近い鋼板端面を設定し、その距離を打点毎に測定することで求める。溶接部材中の溶接打点数が５点以上である場合は、適宜選択した５打点の平均値を「最短距離の平均値」とし、溶接部材中の溶接打点数が５点未満の場合は、全打点の平均値を「最短距離の平均値」とする。

[0073] この最短距離の平均値（H_1）が３ｍｍ未満の場合、鋼板端面側におけるナゲット周囲の板－板間の加圧が不十分となり、溶融金属が板-板間から鋼板端面側に飛散しやすくなる。そのため、溶接時の散り発生が顕著となり、ナゲット径がばらつきやすくなることで、溶接部の強度が不安定化する。この最短距離の平均値の上限は規定しない。一般的な形状の溶接ガンで溶接可能とするためには、この最短距離の平均値（H_1）は１０００ｍｍ以下とすることが好ましい。

[0074] また、「隣り合う溶接打点同士の打点中心間の平均距離（H_2）」とは、図６に示すように、隣り合う各打点中心間の距離をそれぞれ測定することで求める。この打点中心間の平均距離（H_2）が６ｍｍ未満の場合、溶接時に既溶接点への分流が発生して溶接部の電流密度が低下するため、ナゲット径が縮小し、溶接部の強度が低下しやすくなる。また、既溶接点によって溶接部が拘束され、引張残留応力が増加することでＬＭＥ割れも発生しやすくなる。この打点中心間の平均距離の上限は規定しない。溶接部材の強度および剛性確保の観点からは、この打点中心間の平均距離（H_2）は１００ｍｍ以下とすることが好ましい。

[0075] 次に、本発明の溶接部材の製造方法の一実施形態について説明する。

[0076] 本発明の溶接部材は、２枚以上の鋼板を重ね合わせて板組とする準備工程と、当該板組を抵抗スポット溶接する溶接工程と、を有する製造工程を経て、製造される。

[0077] ＜準備工程＞

この工程では、少なくとも１枚の上記軟化層を有する鋼板を含む、２枚以上の鋼板を準備し、当該２枚以上の鋼板を重ね合わせて板組とする。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。なお、鋼板については、上述しているため説明は省略する。次いで、溶接工程が行われる。

[0078] ＜溶接工程＞

溶接工程は、後述する通電工程と電極保持工程とを有する。この溶接工程では、準備工程で準備した板組の接合を行う。この工程では、例えば図１に示すように、板組の下側および上側に配置される一対の溶接電極４、５で該板組を挟持し、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の合わせ面７となる鋼板間に上述の本発明の溶接部６を形成することによって、鋼板同士を接合できる（図２を参照）。

[0079] なお、軟化層を有する鋼板と、軟化層を有しない鋼板とを用いて板組とする場合には、軟化層を有する面側が鋼板の合わせ面となるように重ね合わせる。軟化層を有する鋼板が亜鉛めっき層を有する亜鉛めっき鋼板（ＧＩ鋼板、ＧＡ鋼板、ＥＧ鋼板）である場合には、亜鉛めっき層を有する面側が鋼板の合わせ面となるように重ね合わせる。なお、電極と接する側の鋼板表面にも、軟化層およびまたは亜鉛めっき層を有しても当然問題はない。

[0080] 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。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。溶接装置の加圧機構（エアシリンダやサーボモータ等）、形式（定置式、ロボットガン等）、電極形状等はとくに限定されない。電極先端の形式としては、例えば、ＪＩＳ　Ｃ　９３０４：１９９９に記載されるＤＲ形（ドームラジアス形）、Ｒ径（ラジアス形）、Ｄ形（ドーム形）等が挙げられる。また、電極の先端径は、例えば４ｍｍ～１６ｍｍである。

[0081] 続いて、本発明の溶接工程の溶接条件について説明する。

[0082] 溶接工程は、板組を一対の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合を行う際に、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、以下に示す（ａ）～（ｅ）の１つまたは２つ以上の状態を満たし、かつ、上記通電は、加圧力：２．０～１０．０ｋＮ、溶接電流：４．０～１５．０ｋＡ、通電時間：０．１～２．０ｓとなる溶接条件で行う通電工程と、通電終了後の加圧力保持時間をＴｈ（ｓ）としたとき、Ｔｈが式（７）の関係を満たす電極保持工程と、を有する。

[0083] ［通電工程］

［加圧力、溶接電流、通電時間］

加圧力が２．０ｋＮ未満では、鋼板間の加圧が不十分となり、散りが発生しやすいため、ＬＭＥ割れ発生しやすくなる。一方、加圧力が１０．０ｋＮ超えでは、高加圧仕様の特殊な溶接ガンが必要で、設備制約が大きい。それだけでなく、溶接部の減厚も顕著となるため、ＬＭＥ割れが発生したり、継手強度が低下したりする。加圧力は、好ましくは３．０ｋＮ以上とし、好ましくは７．０ｋＮ以下とする。

[0084] 溶接電流が４．０ｋＡ未満では、入熱が不足し、ナゲット径が確保できない。一方、溶接電流が１５．０ｋＡ超えでは、入熱が過大で散りが発生しやすいため、ＬＭＥ割れが発生しやすくなる。溶接電流は、好ましくは５．０ｋＡ以上とし、好ましくは１２．０ｋＡ以下とする。

[0085] 通電時間が０．１ｓ未満では、溶接熱影響部の合金元素の拡散が不十分となり、溶接熱影響部の軟化層の硬さが母材の硬さとほとんど変化しない場合がある。溶接熱影響部は形状的ひずみ集中が母材よりも大きくなるため、溶接熱影響部の軟化層の硬さが母材の硬さとほとんど変化しない場合は、溶接熱影響部の鋼板表層の軟化によるひずみ集中と形状的ひずみ集中が重畳し、ＴＳＳが低下してしまう。一方、通電時間が２．０ｓ超えでは、自動車組み立て工程のタクトタイムが長くなり、生産性が低下する。通電時間は、０．１０ｓ以上が好ましい。また通電時間は、好ましくは０．１２ｓ以上とし、好ましくは１．５ｓ以下とする。

[0086] 通電時間は、より好ましくは、（０．１３×√（t_{all}×H_{bs}／H_{bt}））ｓ以上とし、さらに好ましくは、（０．１９×√（t_{all}×H_{bs}／H_{bt}））ｓ以上とする。これは、総板厚が大きいほどナゲット径の確保に必要な通電時間は増加すること、また、上記母材部の硬さの比であるH_{bs}／H_{bt}の値が大きいほどＬＭＥ割れが生じ易いため、コロナボンド部からのＺｎめっき排出および合金化促進に必要な通電時間が増加すること、に起因するためである。通電時間は、さらに一層好ましくは０．３０ｓ以上とする。

[0087] なお、抵抗スポット溶接は、加圧力や電流値を多段階としたり、通電と無通電を組合わせた特定のパターンで行なっても良い。例えば、通電中の加圧力を多段階とする場合、通電中の加圧力の最小値を２．０ｋＮ以上とし、加圧力の最大値を１０．０ｋＮ以下とする。通電中の電流値を多段階とする場合、無通電期間を除いた通電中の電流値の最小値を４．０ｋＡ以上とし、電流値の最大値を１５．０ｋＡ以下とする。また、無通電期間を除いた通電時間の総和を、０．１ｓ以上、２．０ｓ以下とする。

[0088] ［溶接施工外乱］

本発明では、上記条件に加えて、溶接部材の製造時に、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）～（ｅ）の１つまたは２つ以上の状態を満たす場合、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鋼板との打角が０．２度以上である状態

（ｂ）一対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鋼板との間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

（ｄ）重ね合わせた鋼板のうち、少なくとも１組以上の鋼板間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

（ｅ）溶接打点の中心から重ね合わせた鋼板における鋼板端面までの最短距離が１０ｍｍ以下である状態

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、本発明の溶接部の表層制御を行うことで、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、溶接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。

[0089] （ａ）溶接電極と重ね合わせた鋼板との打角が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、電極解放後の引張応力が増加する。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度以上とし、さらに好ましくは８度以下とする。

[0090] （ｂ）一対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、一対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５ｍｍ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０．２ｍｍ以上とし、さらに好ましくは３ｍｍ以下とする。

[0091] （ｃ）いずれかの溶接電極と重ね合わせた鋼板との間に隙間が０．５ｍｍ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との間に隙間がある状態では、例えば片方の溶接電極が可動（以下、可動側電極）、もう片方の溶接電極が固定（以下、固定側電極）としたとき、固定側電極と鋼板と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る。その結果、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。この隙間量が０．５ｍｍ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５ｍｍ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１ｍｍ以上とし、さらに好ましくは３ｍｍ以下とする。

[0092] （ｄ）重ね合わせた鋼板のうち、少なくとも１組以上の鋼板間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

上述の（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、鋼板が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。この隙間量が０．５ｍｍ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４ｍｍ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１ｍｍ以上とし、さらに好ましくは３ｍｍ以下とする。なお、上記の「１組以上の鋼板間の隙間」とは、重ね合わせた２枚以上の鋼板において、上下方向に配置された２枚の鋼板を１組とするとき、１組以上の鋼板間に隙間あることを意味する。

[0093] （ｅ）溶接打点の中心から重ね合わせた鋼板における鋼板端面までの最短距離が１０ｍｍ以下である状態

溶接打点の中心から鋼板端面までの最短距離が小さいと、鋼板端面では溶接部からの熱伝導が阻害されるので、溶接部の冷却速度が低下する。そのため、電極解放時の温度が増加することで、ＬＭＥ割れが発生しやすくなる。溶接打点の中心から鋼板端面までの最短距離が１０ｍｍ以下の場合に、本発明の効果を有効に得ることができる。また、上述したとおり、この最短距離が３ｍｍ未満の場合、溶接時の散り発生が顕著となり、ナゲット径がばらつきやすくなることで、溶接部の強度が不安定化する。そのため、この最短距離は３ｍｍ以上とするのが好適である。この最短距離は、好ましくは４ｍｍ以上とし、さらに好ましくは８ｍｍ以下とする。

[0094] ［電極保持工程］

上述の通電工程の後、電極保持工程を行う。電極保持工程とは、通電完了後に一定加圧力で溶接電極を保持することで、ブローホールの発生抑止を目的とする工程である。

[0095] 電極保持工程は、電極解放時の温度制御の観点から、通電終了後の加圧力保持時間をＴｈ（ｓ）としたとき、加圧力保持時間（Ｔｈ（ｓ））が以下の式（７）の関係を満たす。これにより、本発明の効果を有効に得られる。

｛（Ｈbs／Ｈbt）－０．２｝／３０＜Ｔｈ＜［－｛（Ｈbs／Ｈbt）－０．２｝／３］＋１．２　…（７）

ここで、式（７）における、Ｈbsは上記母材部の軟化層表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Ｈbtは上記母材部の軟化層表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

[0096] なお、より適切に温度制御する観点から、この条件式（（式）７）に加えて、以下の式（８）を満たすことが、より好ましい。

０＜Ｔｈ　…（８）

[0097] 加圧力保持時間（Ｔｈ）が過小であると、電極解放時の温度が増加してＬＭＥ割れが発生しやすくなる。一方、加圧力保持時間（Ｔｈ）が過大であると、溶接１打点あたりのタクトタイムが増加することで生産性が低下する。これとともに、溶接部の冷却速度が増加することで溶接部の組織が脆くなるため、継手強度が低下したり、溶接部の遅れ破壊が発生しやすくなったりする。特に、母材部の硬さの比（Ｈbs／Ｈbt）が大きい（すなわち、母材部の鋼板内部に対して鋼板表層の軟化の程度が小さい）ほど、鋼板表層の軟化層によるＬＭＥ割れ抑制効果が小さくなるので、加圧力保持時間（Ｔｈ）の下限値は大きくする必要がある。加えて、Ｈbs／Ｈbtが大きいほど、溶接部の鋼板表層の組織が脆くなりやすいので、Ｔｈの上限値は小さくする必要がある。

[0098] このような理由から、加圧力保持時間は、式（７）を満足する時間とする。式（７）の下限は、好ましくは｛（Ｈbs／Ｈbt）－０．２｝／３０＋０．

０２以上とする。式（７）の上限は、好ましくは［－｛（Ｈbs／Ｈbt）－０．２｝／３］＋１．０以下とする。

なお、上記理由から、さらに式（８）を満足することがより好ましい。式（８）の下限は、好ましくは０．０２以上とし、より好ましくは０．１７以上とする。式（８）の上限は、好ましくは１．０以下とする。

実施例

[0099] 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。

[0100] 表１に示す板組を用いて、表２に示す溶接条件で溶接継手（溶接部材）を作製した。なお、板組は、表１に示す鋼板１、鋼板２、鋼板３の順に、上側から配置して重ね合わせた。表１のめっき欄に示す「無し」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。ここで、いずれも図４で示すように、「鋼板表層の軟化層」が「あり」とは鋼板表層に軟化層を有する状態をいい、「内部酸化層あり」とは鋼板表層にＳｉ内部酸化層を有する状態をいい、「Ｆｅ系プレめっき」が「あり」とは鋼板表層上にＦｅ系のプレめっきを有する状態をいう。また、表３の「加圧直前の状態」欄に示す符号は、上述の溶接施工外乱に示した（ａ）～（ｅ）に対応するものとした。また、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（５０Ｈｚ）の抵抗溶接機を用いた。使用した一対の電極チップは、先端の曲率半径Ｒ４０ｍｍ、先端径６ｍｍを有するクロム銅のＤＲ型電極とした。

[0101] また、表１の「引張強度」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度（ＭＰａ）を示す。

[0102] 以下に示す方法で、溶接継手のＴＳＳおよびＬＭＥ割れの有無を評価した。また、以下の方法で、溶接継手における厚さ（t_{all}、t_{weld}）および各位置でのナノインデーション硬さ（Ｈbs、Ｈbt、Ｈws、Ｈst）を測定した。

[0103] ［各厚さの測定］

作製した溶接継手は、溶接部中心を通るようにマイクロカッターで切断し

、板厚方向断面を観察した。板組の総板厚（t_{all}）は、溶接前の鋼板の板厚を測定し、その総和を総板厚として求めた。また、溶接部の最小厚さ（t_{weld}）は、１００μｍ間隔で、ナゲットの板幅方向の領域内における板厚方向の大きさを測定し、その最小値を「最小厚さ」とした（図２を参照）。得られた各値を用いて、「t_{weld}／t_{all}」の値を求めた。

[0104] ［各ナノインデーション硬さの測定］

作製した溶接継手の溶接部中心を通るようにマイクロカッターで切断し、溶接熱影響部および母材部におけるナノインデンテーション硬さ試験をおこなった。ナノインデーション硬さ試験は、三角錐形のダイヤモンド圧子を押込み荷重５００μＮとして測定位置に押込み、負荷開始から除荷完了までの荷重－変位曲線を取得した後、Ｏｌｉｖｅｒ－Ｐｈａｒｒの解析法を用いて硬さを求めた。

[0105] 母材部におけるナノインデーション硬さは次のように測定した。具体的には、図２に示すように、軟化層を有する鋼板側（図２に示す例では下板２側）の母材部において、軟化層表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデーション硬さ（Hbs）と、軟化層表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデーション硬さ（Hbt）と、を測定した。また、母材部の測定位置は、溶接熱影響部の外縁と鋼板の合わせ面７との交点から母材方向へ５０００μｍ離れた位置で行った。

[0106] また、溶接熱影響部におけるナノインデーション硬さは次のように測定した。具体的には、図２に示すように、軟化層を有する鋼板側（図２に示す例では下板２側）の溶接部のナゲット端から母材方向へ４００μｍ離れた位置で、かつ、鋼板合わせ面上の位置を始点Ａとし、始点Ａから板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデーション硬さ（Hws）と、始点Ａから板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデーション硬さ（Hwt）と、を測定した。

[0107] 得られた各値を用いて、各溶接継手における硬さの比を示す値として、「Hbs／Hbt」、「Hws／Hwt」および「Hws／Hbs」の値を求めた。なお、

表２の「評価鋼板」欄に記載した鋼板における「Ｈbs／Ｈbt」、「Ｈws／Ｈwt」および「Ｈws／Ｈbs」の各値を、代表値として表２に記載した。

[0108] ［ＴＳＳの評価］

引張せん断強度（ＴＳＳ）の評価は、引張せん断試験方法（ＪＩＳ　Ｚ３１３６）に基づき評価した。引張せん断試験には、表１に示す各鋼板から、せん断引張試験片を切り出し、表１に示す板組および表３に示す溶接条件で抵抗スポット溶接を施して作製した溶接継手（試験片）を用いた。

[0109] また、得られた各試験片（本発明の溶接方法で作製された溶接継手）と比較するために、鋼板の表層性状を制御していない比較用継手（すなわち、得られる溶接継手の硬度差がＨbs／Ｈbt≒１．０となる溶接継手）も作製した。比較用継手も、同様の引張せん断試験方法に基づき、ＴＳＳを評価した。

[0110] なお、表３に示す条件Ｎｏ．４（板組Ｎｏ．Ｄ）の溶接継手は、重ね合わせた全ての鋼板が上記軟化層を有しなかったため、ＴＳＳ評価は行っていない。

[0111] ＴＳＳ評価時の試験片形状はＪＩＳ　Ｚ３１３６に準拠したが、３枚重ねの板組（表１の板組Ｎｏ．Ｈなど）においては、図７に示すように、鋼板２－鋼板３間に引張負荷を与える評価を実施した。

[0112] なお、ＴＳＳを評価する溶接継手の作製においては、溶接打点は１点のみとし、表２および３に示す打角および板間隙などの溶接施工外乱は設けなかった。

[0113] そして、以下の基準でＴＳＳを評価した。

＜評価基準＞

Ａ：(本発明の溶接方法で作製された溶接継手のＴＳＳ)／(比較用継手のＴＳＳ)≧０．９

Ｂ：０．９＞(本発明の溶接方法で作製された溶接継手のＴＳＳ)／(比較用継手のＴＳＳ)≧０．８

Ｆ：０．８＞(本発明の溶接方法で作製された溶接継手のＴＳＳ)／(比較用継手のＴＳＳ)

ここでは、評価結果がＡ、Ｂの場合に、合格（優れたせん断引張強度を有する）と評価した。

[0114] ［ＬＭＥ割れの評価］

上述した（ａ）～（ｅ）の溶接施工外乱のうち、１つまたは２つ以上を有する状態で溶接を行い、得られた溶接継手の溶接部中央を通るようにマイクロカッターで切断した後、溶接部の板厚方向の断面観察を行った。その観察結果から、以下の基準で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それぞれ１０体の溶接継手を作製し、鋼板間の合わせ面側で断面観察を行い、ＬＭＥ割れを確認した。なお、表２の「評価鋼板」欄に記載の鋼板の溶接部において、鋼板間の合わせ面側での断面観察を行い、評価した。

＜評価基準＞

Ａ：１０体すべて割れ無し

Ｂ：割れ発生した溶接継手が２体以下、かつ割れ深さの最大値が１００μｍ未満

Ｆ：割れ発生した溶接継手が３体以上、または割れ深さの最大値が１００μｍ以上

ここでは、評価結果がＡおよびＢの場合に、合格と評価した。

[0115] 得られた各値および評価結果を、表２および表３にそれぞれ示した。

[0116]

[表1]

板組No.	鋼板1						鋼板2						鋼板3					
	板厚(mm)	引張強度(MPa)	鋼板表層の軟化層	内部酸化層	亜鉛めっき*1	Fe系プレめっき	板厚(mm)	引張強度(MPa)	鋼板表層の軟化層	内部酸化層	亜鉛めっき*1	Fe系プレめっき	板厚(mm)	引張強度(MPa)	鋼板表層の軟化層	内部酸化層	亜鉛めっき*1	Fe系プレめっき
A	1.6	980	あり	あり	GA	無し	1.6	980	あり	あり	GA	無し						
B	1.2	1180	あり	あり	GA	あり	1.2	1180	あり	あり	GA	あり						
C	2.0	1470	あり	あり	GA	無し	2.0	1470	あり	あり	GA	無し						
D	1.6	980	**無し**		GA	無し	1.6	980	**無し**		GA	無し						
E	1.6	2000	あり	あり	GA	無し	1.6	2000	あり	あり	GA	無し						
F	1.6	1180	あり	あり	GA	無し	1.6	1470	あり	あり	GA	無し						
G	1.0	1470	あり	あり	GA	無し	1.0	1470	あり	あり	無し	無し						
H	0.7	270	**無し**		GA	無し	1.4	980	**無し**		GA	無し	1.6	1180	あり	あり	GA	無し
I	1.6	980	**無し**		GA	無し	1.2	780	あり	無し	GA	無し						
J	1.6	1470	あり	あり	GI	無し	1.6	980	あり	あり	GI	無し						
K	1.6	1470	あり	あり	EG	無し	1.6	980	あり	あり	EG	無し						
L	1.2	1850	あり	あり	GA	あり	1.0	980	**無し**		無し	無し						
M	1.0	980	あり	あり	GA	あり	1.0	980	あり	あり	GA	あり						
N	1.0	980	あり	あり	GA	無し	1.0	980	あり	あり	GA	無し						
O	0.6	270	**無し**		GA	無し	2.0	980	**無し**		GA	無し	2.0	1470	あり	あり	GA	無し
P	1.2	590	**無し**		GA	無し	2.0	980	**無し**		GA	無し	2.0	1180	あり	あり	無し	無し
Q	2.0	980	**無し**		GA	無し	2.0	980	**無し**		GA	無し	2.0	1850	あり	あり	GA	あり

*1. GA:合金化溶融亜鉛めっき、 GI:溶融亜鉛めっき、 EG:電気亜鉛めっき

[0117] [表2]

条件No.	板組No.	t_{weld}/t_{all}	鋼板の性状									最短距離の平均値(mm)	打点中心間の平均距離(mm)	溶接打点数	備考
			評価鋼板	板厚t(mm)	引張強度TS(MPa)	Hbs/Hbt	Hws/Hwt	Hws/Hbs	(1000×t)/TS	式(5)の下限値	(5)式の適否				
1	A	0.93	鋼板2	1.6	980	0.6	0.8	2.0	1.63	0.16	○	15	−	1	発明例
2	B	0.80	鋼板2	1.2	1180	0.25	0.3	1.1	1.02	0.18	○	15	7	2	発明例
3	C	0.70	鋼板1	2.0	1470	0.4	0.5	1.6	1.36	0.17	○	4	−	1	発明例
4	D	0.40	鋼板1	1.6	980	1.0	1.1	1.3	1.63	0.16	×	2	5	2	比較例
5	E	0.80	鋼板2	1.6	2000	0.15	0.17	2.0	0.80	0.18	×	15	−	1	比較例
6	F	0.60	鋼板2	1.6	1470	0.9	0.95	7.5	1.09	0.18	○	15	−	1	比較例
7	G	0.90	鋼板1	1.0	1470	0.22	0.18	1.1	0.68	0.19	×	20	30	2	発明例
8	H	0.92	鋼板3	1.6	1180	0.25	0.3	1.1	1.36	0.17	○	40	15	3	発明例
9	I	0.87	鋼板2	1.2	780	0.75	1.1	2.0	1.54	0.16	×	6	−	1	発明例
10	J	0.90	鋼板1	1.6	1470	0.6	0.8	2.0	1.09	0.18	○	10	−	1	発明例
11	K	0.95	鋼板1	1.6	1470	0.6	0.8	2.0	1.09	0.18	○	15	−	1	発明例
12	L	0.80	鋼板1	1.2	1850	0.7	0.9	6.5	0.65	0.19	○	15	−	1	発明例
13	M	0.75	鋼板1	1.0	980	0.6	0.5	0.9	1.02	0.18	○	15	−	1	発明例
14	N	0.80	鋼板1	1.0	980	0.7	0.9	0.7	1.02	0.18	○	15	−	1	発明例
15	A	0.90	鋼板2	1.6	980	0.6	0.85	2.5	1.63	0.16	○	15	−	1	発明例
16	B	0.78	鋼板2	1.2	1180	0.25	0.4	1.3	1.02	0.18	○	15	7	2	発明例
17	C	0.65	鋼板1	2.0	1470	0.4	0.6	2.0	1.36	0.17	○	4	−	1	発明例
18	H	0.80	鋼板3	1.6	1180	0.25	0.4	2.0	1.36	0.17	○	40	15	3	発明例
19	J	0.80	鋼板1	1.6	1470	0.6	0.85	2.5	1.09	0.18	○	10	−	1	発明例
20	K	0.80	鋼板1	1.6	1470	0.6	0.85	2.4	1.09	0.18	○	15	−	1	発明例
21	L	0.70	鋼板1	1.2	1850	0.7	0.9	6.8	0.65	0.19	○	15	−	1	発明例
22	M	0.65	鋼板1	1.0	980	0.6	0.6	1.2	1.02	0.18	○	15	−	1	発明例
23	O	0.80	鋼板3	2	1470	0.4	0.7	1.8	1.36	0.17	○	15	−	1	発明例
24	P	0.85	鋼板3	2	1180	0.5	0.8	2.0	1.69	0.16	○	15	−	1	発明例
25	Q	0.75	鋼板3	2	1850	0.6	0.8	3.0	1.08	0.18	○	15	−	1	発明例

*1: $-[(1000xt/TS)-0.25]/35+0.2<(Hws/Hwt)<1.0$ …(5)

[0118]

[表3]

条件No.	板組No.	溶接工程									結果		備考
		通電工程					電極保持工程						
		加圧直前の状態		加圧力(kN)	溶接電流(kA)	通電時間(s)	加圧力保持時間Th(s)	式(7)の下限値	式(7)の上限値	(7)式の適否	TSS	LME	
1	A	(a) (c)	打角:5度、電極-板間の隙間:2mm	4.5	6.0	0.30	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
2	B	(a) (c)	打角:5度 電極-板間の隙間:2mm	3.5	7.0	0.25	0.100	0.002	1.183	○	A	A	発明例
3	C	(e)	鋼板端面までの最短距離:4mm	5.0	7.2	0.34	0.300	0.007	1.133	○	A	A	発明例
4	D	(a) (e)	打角:5度、鋼板端面までの最短距離:2mm	4.5	6.0	0.30	0.020	0.027	0.933	×	−	F	比較例
5	E	(a) (c)	打角:5度、電極-板間の隙間:2mm	4.5	9.0	0.08	0.200	−0.002	1.217	○	F	A	比較例
6	F	(a) (c)	打角:5度、電極-板間の隙間:2mm	4.5	11.0	0.33	0.020	0.023	0.967	×	A	F	比較例
7	G	(b)	芯ずれ量:1mm	5.5	8.0	0.32	0.200	0.001	1.193	○	B	A	発明例
8	H	(d)	板間の隙間:2mm	4.0	7.0	0.40	0.200	0.002	1.183	○	A	A	発明例
9	I	(a) (c)	打角:5度、電極-板間の隙間:2mm	4.0	7.0	1.00	0.020	0.018	1.017	○	A	B	発明例
10	J	(a)	打角:7度	4.5	6.0	0.30	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
11	K	(a)	打角:3度	4.5	6.0	0.30	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
12	L	(a)	打角:7度	5.0	7.0	0.20	0.250	0.017	1.033	○	A	A	発明例
13	M	(d)	板間の隙間:1mm	4.0	8.0	0.18	0.100	0.013	1.067	○	A	A	発明例
14	N	(a)	打角:3度	4.0	7.0	0.12	0.900	0.017	1.033	○	B	A	発明例
15	A	(a) (c)	打角:5度、電極-板間の隙間:2mm	4.5	6.0	0.40	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
16	B	(a) (c)	打角:5度 電極-板間の隙間:2mm	3.5	7.0	0.32	0.500	0.002	1.183	○	A	A	発明例
17	C	(e)	鋼板端面までの最短距離:4mm	5.0	7.2	0.34	0.300	0.007	1.133	○	A	A	発明例
18	H	(d)	板間の隙間:2mm	4.0	7.0	0.40	0.800	0.002	1.183	○	A	A	発明例
19	J	(a)	打角:7度	4.5	6.0	0.60	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
20	K	(a)	打角:3度	4.5	6.0	0.50	0.200	0.013	1.067	○	A	A	発明例
21	L	(a)	打角:7度	5.0	7.0	0.40	0.250	0.017	1.033	○	A	A	発明例
22	M	(d)	板間の隙間:1mm	4.0	8.0	0.32	0.140	0.013	1.067	○	A	A	発明例
23	O	(a)	打角:5度	5.0	8.0	0.50	0.400	0.007	1.133	○	A	A	発明例
24	P	(a)	打角:5度	6.0	8.5	0.60	0.200	0.010	1.100	○	A	A	発明例
25	Q	(a)	打角:5度	4.0	7.0	0.55	0.300	0.013	1.067	○	A	A	発明例

*1: {(Hbs/Hbt)−0.2}/30<Th<[−{(Hbs/Hbt)−0.2}/3]+1.2 …(7)

[0119] 表３から明らかなように、発明例となる溶接継手（溶接部材）の評価結果は、すべてＡまたはＢであった。本発明によれば、溶接部の強度の確保と、ＬＭＥ割れの抑止とを両立をできることがわかった。

符号の説明

[0120] １、２、３ 鋼板

４、５ 溶接電極

６	溶接部
６ａ	ナゲット
６ｂ	溶接熱影響部
６ｃ	ナゲット端
７	鋼板の合わせ面
８	溶接打点
９	母材部
１０	溶接部材

請求の範囲

[請求項1] ２枚以上の鋼板を重ね合わせた板組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って、

前記板組の総板厚をt_{all}、前記抵抗スポット溶接部の最小厚さをt_{weld}としたとき、t_{all}およびt_{weld}が式（１）を満たし、

前記２枚以上の鋼板のうち少なくとも１枚は、鋼板の表層に軟化層を有する鋼板であり、

かつ、前記軟化層を有する鋼板側の母材部では、前記軟化層の表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨbsとし、前記軟化層の表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨbtとしたとき、ＨbsおよびＨbtが式（２）を満たす、溶接部材。

$$0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \quad \cdots (1)$$

$$0.2 < Hbs / Hbt < 0.8 \quad \cdots (2)$$

[請求項2] 前記軟化層を有する鋼板側の溶接熱影響部では、前記抵抗スポット溶接部のナゲット端から母材方向へ４００μｍ離れた位置であって鋼板の合わせ面上の位置を始点とし、前記始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨwsとし、前記始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さをＨwtとしたとき、

Ｈws、Ｈwtおよび前記Ｈbsが式（３）および式（４）を満たす、請求項１に記載の溶接部材。

$$0.2 < Hws / Hwt < 1.0 \quad \cdots (3)$$

$$0.8 < Hws / Hbs < 7.0 \quad \cdots (4)$$

[請求項3] 前記鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）、前記鋼板の引張強度をＴＳ（ＭＰａ）としたとき、

前記軟化層を有する鋼板が、式（５）を満たす、請求項１または２に記載の溶接部材。

－｛（１０００×ｔ／ＴＳ）－０．２５｝／３５＋０．２＜(Hws／Hwt)＜１．０　…（５）

ここで、式（５）におけるHwsは前記始点から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Hwtは前記始点から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

[請求項4]　前記軟化層を有する鋼板は、Ｓｉ内部酸化層および／または亜鉛めっき層を有する、請求項１または２に記載の溶接部材。

[請求項5]　前記亜鉛めっき層の下層に、Ｆｅ系のプレめっき層を有する、請求項４に記載の溶接部材。

[請求項6]　前記抵抗スポット溶接部の溶接打点中心から前記鋼板端面までの最短距離の平均値が３ｍｍ以上であり、

かつ、複数の溶接打点がある場合には、隣り合う溶接打点同士の打点中心間の平均距離が６ｍｍ以上である、請求項１または２に記載の溶接部材。

[請求項7]　請求項１～６のいずれか１項に記載の溶接部材の製造方法であって、

２枚以上の鋼板を重ね合わせて板組とする準備工程と、前記板組を抵抗スポット溶接する溶接工程と、を有し、

前記溶接工程は、前記板組を一対の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合を行うものであり、

前記通電は、加圧力：２．０～１０．０ｋＮ、溶接電流：４．０～１５．０ｋＡ、通電時間：０．１～２．０ｓで行い、

通電終了後の加圧力保持時間をＴｈ（ｓ）としたとき、Ｔｈ（ｓ）が式（７）の関係を満たす電極保持工程を、さらに有する、溶接部材の製造方法。

｛（Hbs／Hbt）－０．２｝／３０＜Ｔｈ＜［－｛（Hbs／Hbt）－０．２｝／３］＋１．２　…（７）

ここで、式（７）における、Ｈbsは前記母材部の軟化層表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Ｈbtは前記母材部の軟化層表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

[請求項8] 請求項１～６のいずれか１項に記載の溶接部材の製造方法であって、

２枚以上の鋼板を重ね合わせて板組とする準備工程と、前記板組を抵抗スポット溶接する溶接工程と、を有し、

前記溶接工程は、

前記板組を一対の溶接電極で挟持し、加圧しながら通電して接合を行う際に、

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）～（ｅ）の１つまたは２つ以上の状態を満たし、かつ、前記通電は、加圧力：２．０～１０．０ｋＮ、溶接電流：４．０～１５．０ｋＡ、通電時間：０．１～２．０ｓで行う通電工程と、

通電終了後の加圧力保持時間をＴｈ（ｓ）としたとき、Ｔｈが式（７）の関係を満たす電極保持工程と、を有する、溶接部材の製造方法。

（ａ）溶接電極と重ね合わせた鋼板との打角が０．２度以上である状態

（ｂ）一対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鋼板との間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

（ｄ）重ね合わせた鋼板のうち、少なくとも１組以上の鋼板間に隙間が０．５ｍｍ以上ある状態

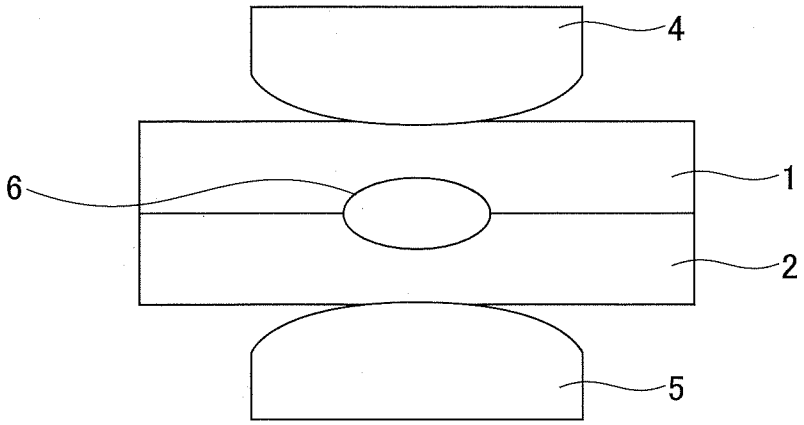
（ｅ）溶接打点の中心から重ね合わせた鋼板における鋼板端面までの最短距離が１０ｍｍ以下である状態

｛（Ｈbs／Ｈbt）－０．２｝／３０＜Ｔｈ＜［－｛（Ｈbs／Ｈbt）－

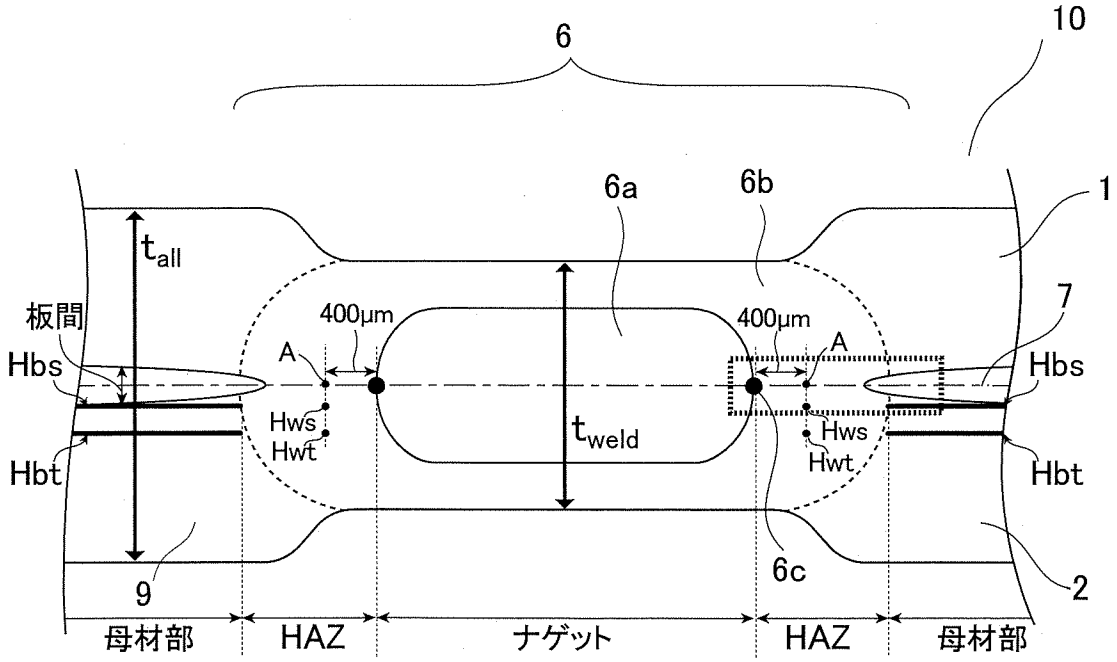
０．２｝／３］＋１．２　…（７）

ここで、式（７）における、Ｈbsは前記母材部の軟化層表面から板厚方向に２０μｍ離れた位置のナノインデンテーション硬さであり、Ｈbtは前記母材部の軟化層表面から板厚方向に板厚の１／４の厚さだけ離れた位置のナノインデンテーション硬さである。

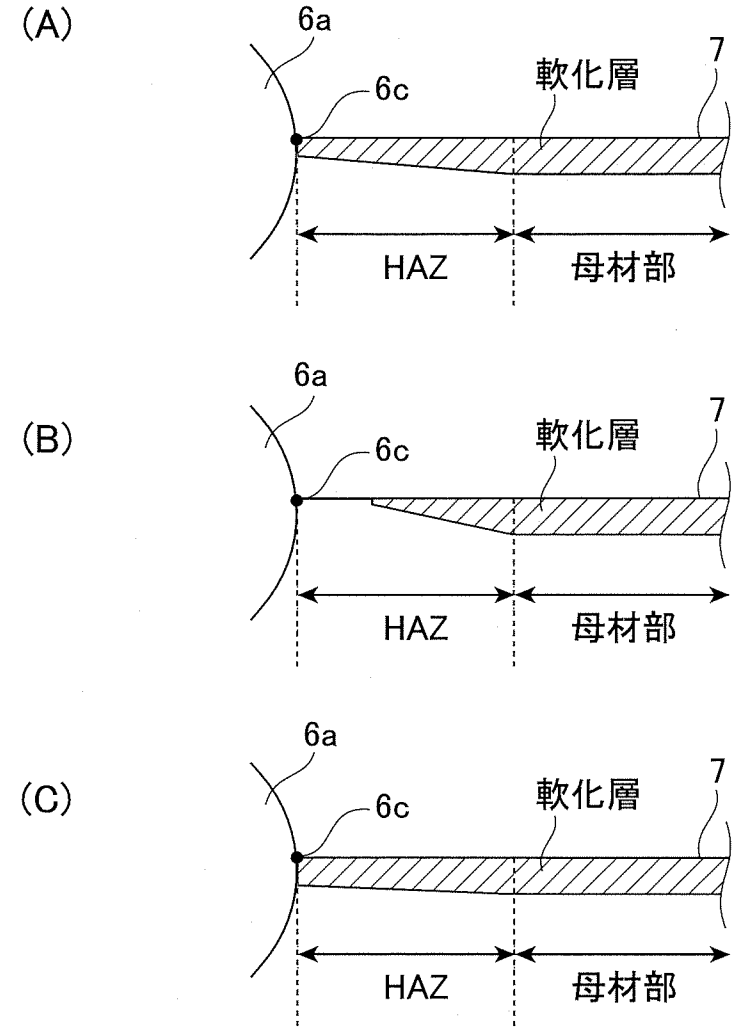
[図1]


4
6
1
2
5

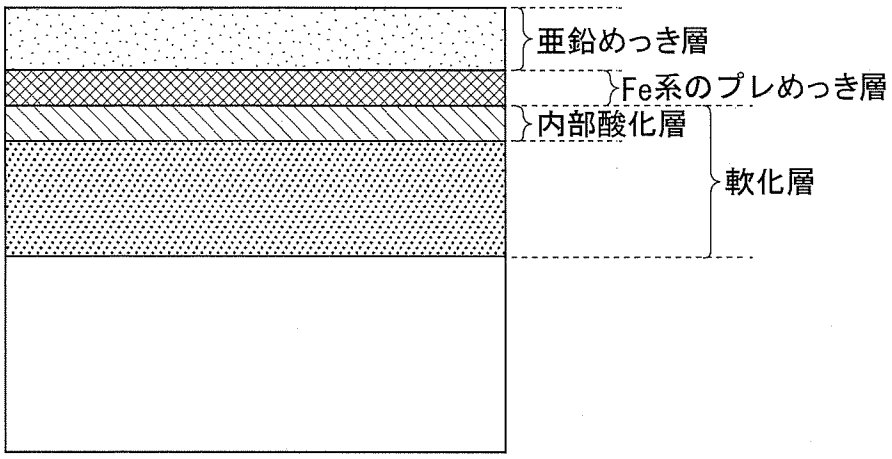
[図2]


6
10
6a
6b
1
t_{all}
板間
Hbs
400μm
A
400μm
A
7
Hbs
Hws
Hwt
t_{weld}
Hws
Hwt
Hbt
Hbt
9
6c
2
母材部
HAZ
ナゲット
HAZ
母材部

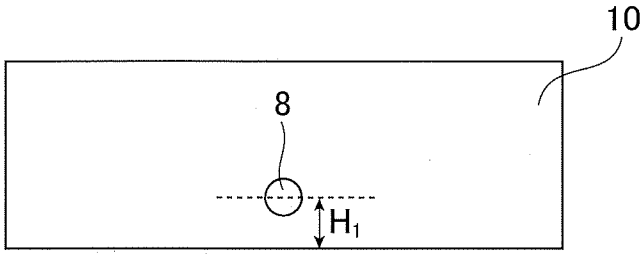
[図3]


(A)
6a
6c
軟化層
7
HAZ
母材部
(B)
6a
6c
軟化層
7
HAZ
母材部
(C)
6a
6c
軟化層
7
HAZ
母材部

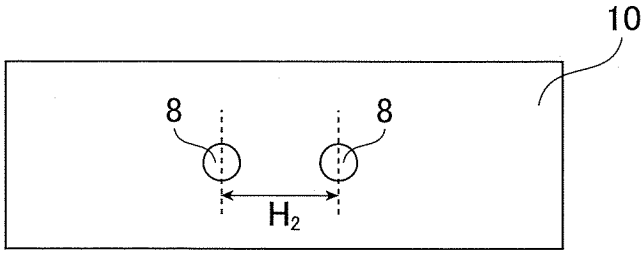
[図4]


亜鉛めっき層
Fe系のプレめっき層
内部酸化層
軟化層

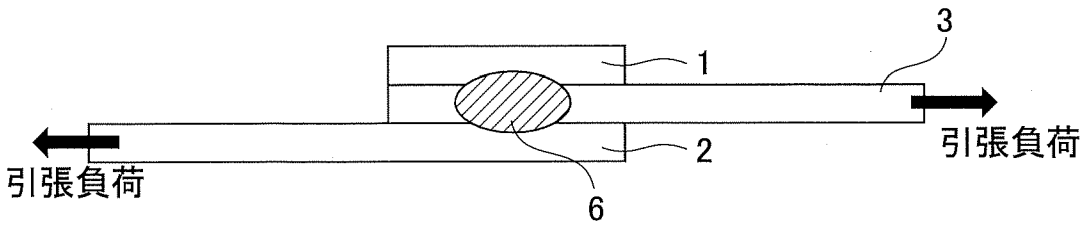
[図5]



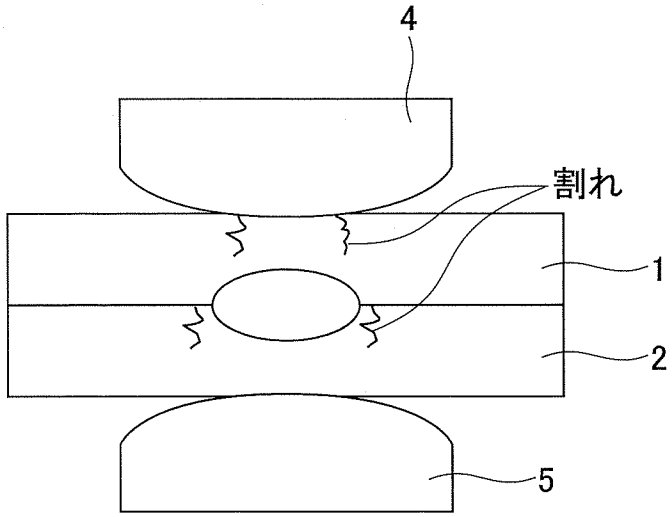
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/033590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 11/11(2006.01)i; ***B23K 11/16***(2006.01)i
FI: B23K11/16 101; B23K11/16 311; B23K11/11 540

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)

B23K11/00-11/36

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2020-82102 A (KOBE STEEL, LTD.) 04 June 2020 (2020-06-04) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2021/019947 A1 (JFE STEEL CORP.) 04 February 2021 (2021-02-04) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2016/171237 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 27 October 2016 (2016-10-27) entire text, all drawings	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 October 2023	**14 November 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/033590

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-82102 A	04 June 2020	US 2021/0404496 A1 entire text, all drawings WO 2020/105325 A1 EP 3862125 A1 CN 112996625 A	
WO 2021/019947 A1	04 February 2021	US 2022/0251676 A1 entire text, all drawings EP 4006190 A1 CN 114008234 A KR 10-2022-0013405 A	
WO 2016/171237 A1	27 October 2016	US 2018/0105908 A1 entire text, all drawings EP 3287539 A1 CN 107532266 A KR 10-2017-0130508 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/033590

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23K 11/11(2006.01)i; B23K 11/16(2006.01)i
FI: B23K11/16 101; B23K11/16 311; B23K11/11 540

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））

B23K11/00-11/36

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2020-82102 A (株式会社神戸製鋼所) 04.06.2020 (2020-06-04) 全文、全図	1-8
A	WO 2021/019947 A1 (ＪＦＥスチール株式会社) 04.02.2021 (2021-02-04) 全文、全図	1-8
A	WO 2016/171237 A1 (新日鐵住金株式会社) 27.10.2016 (2016-10-27) 全文、全図	1-8

☐ 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
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
25.10.2023	14.11.2023

名称及びあて先
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

権限のある職員（特許庁審査官）
山下　浩平 3P 5788
電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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/JP2023/033590

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-82102 A	04.06.2020	US 2021/0404496 A1 全文、全図 WO 2020/105325 A1 EP 3862125 A1 CN 112996625 A	
WO 2021/019947 A1	04.02.2021	US 2022/0251676 A1 全文、全図 EP 4006190 A1 CN 114008234 A KR 10-2022-0013405 A	
WO 2016/171237 A1	27.10.2016	US 2018/0105908 A1 全文、全図 EP 3287539 A1 CN 107532266 A KR 10-2017-0130508 A	