

(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
2014年2月13日(13.02.2014)



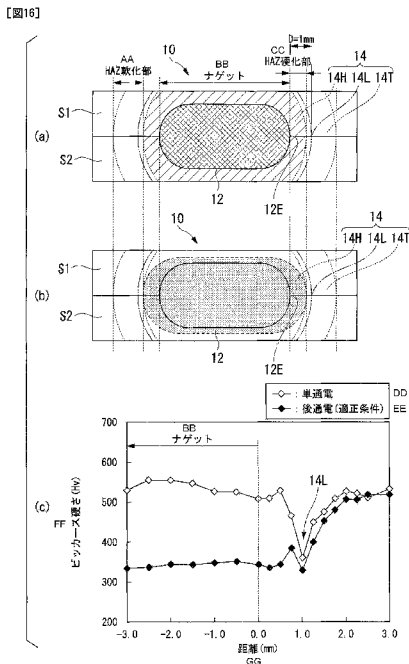
(10) 国際公開番号
WO 2014/025063 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 11/16 (2006.01) B23K 11/36 (2006.01)
B23K 11/11 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/071841
- (22) 国際出願日: 2013年8月12日(12.08.2013)
- (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 2012-178691 2012年8月10日(10.08.2012) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡田 徹(OKADA Tohru); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 上田 秀樹(UEDA Hideki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: LAP WELDED MEMBER, AUTOMOBILE COMPONENT, METHOD FOR WELDING LAPPED PART, AND METHOD FOR MANUFACTURING LAP WELDED MEMBER

(54) 発明の名称: 重ね合せ溶接部材、自動車部品、重ね合せ部の溶接方法、及び、重ね合せ溶接部材の製造方法



AA... HAZ SOFTENED PART
 BB... NUGGET
 CC... HAZ HARDENED PART
 DD... SINGLE ELECTRIFICATION
 EE... POST ELECTRIFICATION (OPTIMUM CONDITION)
 FF... VICKERS HARDNESS (Hv)
 GG... DISTANCE (mm)

(57) Abstract: A lap welded member formed by joining lapped parts of a plurality of steel sheet members at a spot welding part (10), wherein: at least one of the steel sheet members contains martensite; and the spot welding part (10) comprises a nugget (12) formed by spot welding, a heat affected part formed around the nugget (12), a most-softened part having the lowest Vickers hardness in the heat affected part, and a tempered area which is formed between the center of the nugget and the most-softened part and comprises tempered martensite, and the Vickers hardness of which is not more than 120%, regarding the Vickers hardness of the most-softened part as 100%. By using this structure, the peel strength at the spot welding part can be improved.

(57) 要約: 複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部(10)で接合された重ね合せ溶接部材であって、前記複数の鋼板部材のうち少なくとも一つがマルテンサイトを含み; 前記スポット溶接部(10)が、スポット溶接により形成されたナゲット(12)と、前記ナゲット(12)の周囲に形成された熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、前記ナゲットの中心部と前記最軟化部との間に形成され、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが前記最軟化部のビッカース硬さを100%とした場合に120%以下である焼き戻し領域と、を有することで、スポット溶接部における剥離強度を向上する。

WO 2014/025063 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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))

明 細 書

発明の名称：

重ね合せ溶接部材、自動車用部品、重ね合せ部の溶接方法、及び、重ね合せ溶接部材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材、重ね合せ溶接部材を有する自動車用部品、重ね合せ部の溶接方法、及び、重ね合せ溶接部材の製造方法に関する。

本願は、2012年8月10日に、日本に出願された特願2012-178691号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、自動車分野では、車体の軽量化および衝突安全性の向上を目的として、高張力鋼板の適用が拡大している。

さらに、高張力鋼板の強度レベルも年々高まっており、例えば、1500MPa以上の引張強さを有するホットスタンプ材が実用化されている。ここで言うホットスタンプ材は、鋼板を約900℃に加熱して軟質化させた状態でプレス加工を行い、同時に金型との接触に伴う冷却効果（接触冷却）により焼き入れ強化することで、上述のような1500MPa級の引張強さと良好な寸法精度を実現するものである。

[0003] また、例えば、車体組立においては、鋼板から形成される鋼板部材を2枚以上重ね合せて電極で加圧しながら通電する抵抗スポット溶接が多用されている。

この抵抗スポット溶接によれば、通電加熱により楕円体の溶融凝固部、すなわち、ナゲットが重ね合せ部に形成され、これにより複数の鋼板部材を接合することができる。

[0004] 例えば図1は、従来に通電条件を2つのTRIP (Transformation Induced Plasticity) 材S11、S12に適用した場合におけるスポット溶接部1

0の硬さ分布を概念的に示す図である。

より詳細には、図1の(a)は、TRIP材S11、S12の厚さ方向(すなわち、電極による加圧方向)を紙面上下方向としてスポット溶接部10の近傍を概念的に示す断面図である。なお、本願明細書の以下の説明においては、2つの重ね合わせた部材を図1の(a)と同様の断面で見た場合の図を、「スポット溶接部断面図」と称して説明する場合がある。

また、図1の(b)は、図1の(a)と対応させたビッカース硬さの分布を概念的に示すグラフである。

抵抗スポット溶接により生じた溶融金属は冷却速度が速いので、ナゲット12にはマルテンサイトを生じやすく、その結果、ナゲット12は母材部と比較して硬い組織になる。尚、一般的に、母材強度が高い場合には炭素当量が高いため、ナゲットのビッカース硬さが高くなる。

図1に示すように、スポット溶接部10は、ナゲット12とHAZ14を備えており、HAZ14は、ナゲット12と近接するHAZ硬化部14Hと、HAZ硬化部14Hの周囲に形成されるHAZ軟化部14Tとを有している。また、HAZ軟化部14Tの内周縁にはHAZ最軟化部14Lが存在する。

[0005] スポット溶接部の品質は、引張せん断強さ、および十字引張強さ(剥離方向の継手強度)により評価されることが多く、母材強度が増加すると、引張せん断強さが高くなることが知られている。

しかしながら、母材の引張強さが780MPa級より高い場合には、母材強度が高くなるにつれて、十字引張強さに代表される剥離強度が低下する傾向がある。

[0006] ここで、図2Aを参照して、十字引張強さを測定するための、JIS Z 3137(1999年)に基づく十字引張試験の概略を説明する。

十字引張試験は、図2Aに示すように、鋼板からなる二つの試験片S21、S22を直交配置させて、抵抗スポット溶接によりナゲット12を有するスポット溶接部10を形成して接合する。

その後、試験片 S 2 1、S 2 2 を互いに剥離する方向に引っ張って、スポット溶接部 1 0 が破断するまでの剥離強度を測定する。

[0007] 十字引張試験による破断形態は、

- (a) ナゲット内の板-板間の界面で破断する界面破断と、
 - (b) 図 2 B に示すように、ナゲット 1 2 の内部（ナゲット端 1 2 E よりも内方）にき裂が進展した後に板厚方向へ破断する部分プラグ破断と、
 - (c) 図 2 C に示すように、ナゲット 1 2 は破損せずにナゲット 1 2 の外周部分が板厚方向に破断するプラグ破断と、
- に分類される。

[0008] 図 2 D は、母材引張強さと十字引張強さとの相関の一例を示す図である。

図 2 D において、「黒塗りの丸」はプラグ破断を、「白抜きの丸」は部分プラグ破断を示している。

図 2 D に示すように、十字引張強さは、1 5 0 0 M P a 級ホットスタンプ材（ホットスタンプにより引張強さ 1 5 0 0 M P a 級となるホットスタンプ用鋼板をホットスタンプした後の鋼板部材）では約 9 k N であり、1 8 0 0 M P a 級ホットスタンプ材（ホットスタンプにより引張強さ 1 8 0 0 M P a 級となるホットスタンプ用鋼板をホットスタンプした後の鋼板部材）では約 4 k N である。

一方、9 8 0 M P a 級以下の高強度鋼板の十字引張強さは約 8 ~ 1 4 k N である。

すなわち、1 5 0 0 M P a 級以上のホットスタンプ材は、9 8 0 M P a 級以下の高強度鋼板と比較して、十字引張強さが大幅に低下する。

また、十字引張試験による破断形態は、9 8 0 M P a 級以下の高強度鋼板ではナゲット 1 2 の外方で破断するプラグ破断が主体であり、一方、1 5 0 0 M P a 級ホットスタンプ材や 1 8 0 0 M P a 級ホットスタンプ材では、部分プラグ破断が主体である。

これは、1 5 0 0 M P a 級以上のホットスタンプ材では、ナゲットの靱性が低いことによりナゲットに亀裂が生じやすいことを示している。

[0009] このように、高強度鋼板のスポット溶接において剥離強度が低下する主な原因は、ナゲットの硬さの上昇に伴って靱性が低下し、ナゲット内での破断（部分プラグ破断）が生じ易くなるためと考えられる。

[0010] 一般に、ナゲット径が大きくなると、破断形態は部分プラグ破断よりもプラグ破断になりやすく、スポット溶接部の強度は上昇する。

従って、高張力鋼板のスポット溶接部の剥離強度の改善には、例えば、ナゲット径の拡大が有効である。

[0011] しかしながら、高張力鋼板を抵抗スポット溶接する場合には、軟鋼を抵抗スポット溶接する場合に比べて、チリと呼ばれる溶融金属の飛散が生じ易くなり、ナゲット径の拡大が困難な場合がある。

チリ発生の抑制には、例えば、電極による加圧力の増加が有効であるが、溶接ガンの剛性の限界といった設備上の制約を受ける。

[0012] また、スポット溶接の打点数を増やすことによりスポット溶接一点当たりの負荷応力を軽減することも考えられるが、生産性の低下が避けられない。

さらに、スポット溶接の打点間距離が短くなると、既に形成されたスポット溶接部への電流の分流が生じ、ナゲットを安定的に形成できないという課題が生じる。

[0013] すなわち、従来通りのナゲット径のまま、抵抗スポット溶接による重ね合せ溶接部材の強度を向上する技術が望まれる。

このような技術として、本通電によりナゲットを形成し、一旦冷却した後再度通電を行う、後通電法が開示されている（例えば非特許文献1参照）。

[0014] 後通電法では、例えば図3に示すように、抵抗スポット溶接において電極により所定の加圧力を付与した状態で、

(A) 従来の通常条件により1回目の通電（本通電）を行ってナゲットを形成し、

(B) 所定の休止時間を設けてナゲット周辺にマルテンサイトが形成されるまで冷却し、

(C) 2回目の通電（後通電）によりマルテンサイトを焼き戻す。

このような後通電法によれば、ナゲットおよびスポット溶接部の熱影響部（Heat-Affected Zone、以下HAZという）が焼き戻されて靱性が改善されることと、HAZが軟化されることによって変形し易くなることで、ナゲット端部領域における剥離時の応力が低減されることから、剥離強度を改善することが可能となると考えられている。

[0015] 後通電を用いた抵抗スポット溶接では、本通電によりナゲットが形成された後に、溶融金属がMs点を通してMf点以下になるまで急冷されてマルテンサイトが生じる。

ここで生じたマルテンサイトは、後通電の電流条件等を制御して入熱量を調整することで、焼き戻しが可能となる適正温度範囲（すなわち、図3に示すように、約550℃～600℃以上かつAc1点以下）まで昇温されて、後通電が完了した後に冷却されることにより、焼き戻しマルテンサイトとなる。

[0016] 図4は、図3に示した従来の抵抗スポット溶接における通常条件に基づき、DP（Dual Phase）材又はTRIP材である試験片S31、S32を重ね合わせてスポット溶接部10を形成し、後通電した後におけるスポット溶接部10の硬さ分布を概念的に説明する図である。

より詳細には、図4の（a）は、スポット溶接部断面図であり、図4の（b）は、図4の（a）の位置と対応させたビッカース硬さの分布を概念的に示すグラフである。

[0017] 図3に示すような後通電を用いた抵抗スポット溶接により重ね合せ部を溶接する場合、まず本通電によりスポット溶接部10を形成する。

この時点では、図1の（b）に示すように、スポット溶接部10は、ナゲット12とHAZ14を備えており、HAZ14は、ナゲット12と近接するHAZ硬化部14Hと、HAZ硬化部14Hの周囲に形成されるHAZ軟化部14Tとを有している。また、HAZ軟化部14Tの内周縁にはHAZ最軟化部14Lが存在する。

[0018] そして、スポット溶接部10を後通電すると、図4に示すように、ナゲット12及びHAZ硬化部14Hが焼き戻されてナゲット12及びHAZ硬化部14Hの硬さが低下する。

しかしながら、HAZ硬化部14Hには、局所的に硬い部分14Pが残存するので、剥離時にHAZ14の硬い部分は変形せず、変形がナゲット端12Eの近傍に集中するため、ナゲット端12Eの応力集中を十分に改善することにはならない。

[0019] また、図5は、従来の通常条件による抵抗スポット溶接をホットスタンプ材の試験片S41、S42に適用してスポット溶接部10を形成し、このスポット溶接部10を後通電した場合の、スポット溶接部10におけるHAZ14の変化を概念的に説明する図である。

より詳細には、図5の(a)は、試験片S41、S42に対して単通電により形成したナゲット12を含むスポット溶接部断面図であり、図5の(b)は、図5の(a)と位置を対応させたビッカース硬さの分布を概念的に示すグラフである。

また、図5の(c)は、後通電後のナゲット12を含むスポット溶接部断面図であり、図5の(d)は、図5の(c)と位置を対応させたビッカース硬さの分布を概念的に示すグラフである。

なお、図5の(d)に示す二点鎖線は、本通電後であって後通電前の状態におけるビッカース硬さの分布を示している。

[0020] 後通電が適正条件に基づき行われた場合には、図5の(d)に示すように、ナゲット12及びHAZ硬化部14Hの広い範囲で焼き戻しが促進されるが、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの間の焼き戻しを充分に行うことができず、ビッカース硬さが局所的に高い部分14Pが残留する。

すなわち、焼き戻しによる靱性向上効果が十分に得られないため、スポット溶接部10の剥離強度を十分に確保することは容易ではない。

[0021] また、後通電における入熱が過大である場合は、HAZ硬化部14Hの焼き戻しが促進されるが、ナゲット12が再焼入れされる。従って、HAZ硬

化部 1 4 H が焼き戻されてもナゲット 1 2 は再焼入れされるので、むしろナゲット 1 2 は硬化してしまう。

その結果、ナゲット 1 2 の靱性が低下して、スポット溶接部 1 0 の剥離強度は低下する。

[0022] 上述の通り、従来の後通電法では、スポット溶接部の靱性の改善効果を十分に得ることが容易ではなく、また、溶接時間が長くなるという課題があることから、実用的ではないとの考えがあり、これら課題を解決するために、種々の技術が開示されている。

[0023] 特許文献 1 には、数値計算により、板組に応じて後通電条件を決定する発明が開示されている。

[0024] 特許文献 2 には、後通電を 1 回以上の短時間かつ高電流条件とすることにより、破断起点となる箇所を効果的に発熱し、溶接時間を短縮する発明が開示されており、さらに、広い適正条件範囲を有することができるとしている。

[0025] 特許文献 3 には、後通電することにより、ナゲット周囲の H A Z 軟化部の幅を幅広化し、ナゲットの硬度を維持しつつ組織を微細化することにより、接合部の破断強度を向上させる発明が開示されている。

[0026] 特許文献 4 には、本通電とテンパ通電との組合せからなる単純な 2 段通電方式のスポット溶接にて、ナゲットの硬度を維持しつつ H A Z 部の硬度に極大点を生じさせることで、高張力鋼板に対して優れた引張強度を確保出来るスポット溶接に関する発明が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0027] 特許文献 1：日本国特開 2 0 0 2 - 1 0 3 0 5 4 号公報
特許文献 2：日本国特開 2 0 1 0 - 1 1 5 7 0 6 号公報
特許文献 3：日本国特開 2 0 1 2 - 1 8 7 6 1 7 号公報
特許文献 4：日本国特開 2 0 0 8 - 2 2 9 7 2 0 号公報

非特許文献

[0028] 非特許文献1：「鉄と鋼」第68巻 第9号 1444～1451頁

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0029] 特許文献1に開示された技術によれば、スポット溶接部の剥離強度や疲労強度の改善を目的として、後通電の条件の最適化を図ることが出来きるとされている。しかしながら、残留応力を活用するものであるため効果は限定的である。

[0030] 特許文献2に開示された技術によれば、溶接後の後通電の最適化を図ることで、破断起点となるナゲットおよびHAZの硬化部を軟化し靱性を向上させることができるとされている。

しかしながら、具体的に、軟化の状態は示されておらず、十字引張強さは改善するとされているものの、そのメカニズムは不明瞭であり、必ずしも剥離強度を十分に改善できなかった。

[0031] 特許文献3に開示された技術によれば、HAZ部の広幅化により破断強度を向上できるとされているものの、後述のとおり、ひずみ集中の緩和に対しては、HAZ部の幅というより、HAZ軟化位置が重要であるため、ナゲット端部へのひずみ集中を十分に緩和できない場合がある。

[0032] 特許文献4に開示された技術によれば、HAZ部の硬化部の分布を帰ることにより優れた引張強度を得られるとしているが、HAZ部へのひずみ集中を分散させることで継手強度の向上を図る技術であるので、ナゲット内で破断する場合には効果が得られにくい場合がある。

また、特許文献3、引用文献4に開示された技術は、本発明で対象とするような1500MPa級以上のホットスタンプ材等では、効果が得られない技術である。

[0033] 以上の様に、マルテンサイトを含む高強度鋼板では、後通電によりスポット溶接部の剥離強度を改善することが困難であり、効果的な後通電方式が望まれていた。また、溶接時間が長くなるため生産性の劣る後通電に替わり、単通電にてスポット溶接部の剥離強度を改善する技術も望まれていた。

[0034] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、スポット溶接部における剥離強度を向上することが可能な重ね合せ溶接部材、重ね合せ溶接部材を有する自動車用部品、重ね合せ部の溶接方法、及び、重ね合せ溶接部材の製造方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0035] 本発明の各態様は、以下の通りである。

(1) 本発明の第一の態様は、複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材であって、前記複数の鋼板部材のうち少なくとも一つがマルテンサイトを含み；前記スポット溶接部が、スポット溶接により形成されたナゲットと、前記ナゲットの周囲に形成された熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、前記ナゲットの中心部と前記最軟化部との間に形成され、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが前記最軟化部のビッカース硬さを100%とした場合に120%以下である焼き戻し領域と、を有する；重ね合せ溶接部材である。

(2) 本発明の第二の態様は、複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材であって、前記複数の鋼板部材のうち少なくとも一つがマルテンサイトを含み；前記スポット溶接部が、抵抗スポット溶接により形成されたナゲットと、前記ナゲットの周囲に形成された熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、を有し；前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離をD (mm)とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚をt (mm)とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚をt (mm)とした場合に、下記(1)式を満足する；重ね合せ溶接部材である。

$$D \leq t^{0.2} \quad \dots (1) \text{式}$$

(3) 上記(1)又は(2)に記載の重ね合せ溶接部材では、前記複数の鋼板部材にホットスタンプ材が含まれていてもよい。

(4) 本発明の第三の態様は、上記(1)～(3)のいずれか一項に記載の重ね合せ溶接部材を含む自動車用部品である。

(5) 本発明の第四の態様は、複数の鋼板部材の重ね合せ部に、ナゲットと、前記ナゲットの周囲に形成される熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、を有するスポット溶接部を抵抗スポット溶接により形成する抵抗スポット溶接工程と；前記ナゲットの中心部と、前記最軟化部との間に、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが前記最軟化部のビッカース硬さを100%とした場合に120%以下である焼き戻し領域を形成する焼き戻し工程と；を備える重ね合せ部の溶接方法である。

(6) 上記(5)に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程で、前記抵抗スポット溶接の通电時間を T (秒)とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm)とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm)とし、前記抵抗スポット溶接の通电1サイクルの時間を cyc (秒)とした場合に、下記(2)式を満たすように通电してもよい。

$$5t \times cyc \leq T \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (2) \text{式}$$

(7) 上記(5)に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程の前に、通电時間 T_1 (秒)と、通电1サイクルの時間 cyc (秒)と、前記板厚 t (mm)とが下記(3)式を満たした上で、予熱電流 I (kA)を前記重ね合せ部に通电する予熱通电工程をさらに備え；前記抵抗スポット溶接工程で、通电時間を T_2 (秒)とし、前記抵抗スポット溶接の通电1サイクルの時間を cyc (秒)とした場合に、下記(4)式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (kA)を前記重ね合せ部に通电し；前記予熱電流 I (kA)と前記溶接電流 I_0 (kA)とが、下記(5)式を満たしてもよい。

$$5t \times cyc \leq T_1 \leq (5t + 8) \times cyc \quad \dots (3) \text{式}$$

$$5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c \quad \cdot \cdot \cdot (4) \text{ 式}$$

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0 \quad \cdot \cdot \cdot (5) \text{ 式}$$

(8) 上記(5)に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程では、前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離をD (mm)とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚をt (mm)とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚をt (mm)とした場合に、下記(6)式を満足するように前記抵抗スポット溶接を行い；前記焼き戻し工程が、後通電により前記焼き戻し領域を形成する後通電工程であってもよい。

$$D \leq t^{0.2} \quad \cdot \cdot \cdot (6) \text{ 式}$$

(9) 上記(8)に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程で、前記抵抗スポット溶接の通電時間をT (秒)とし、前記抵抗スポット溶接の通電1サイクルの時間をcyc (秒)とした場合に、下記(7)式を満たすように通電してもよい。

$$5 t \times c y c \leq T \leq (5 t + 4) \times c y c \quad \cdot \cdot \cdot (7) \text{ 式}$$

(10) 上記(8)に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程の前に、通電時間T₁ (秒)と、通電1サイクルの時間cyc (秒)と、前記板厚t (mm)とが下記(8)式を満たした上で、予熱電流I (kA)を前記重ね合せ部に通電する予熱通電工程をさらに備え；前記抵抗スポット溶接工程で、通電時間をT₂ (秒)とし、通電1サイクルの時間をcyc (秒)とした場合に、下記(9)式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流I₀ (kA)を前記重ね合せ部に通電し；前記予熱電流I (kA)と、前記溶接電流I₀ (kA)とが下記(10)式を満たしてもよい。

$$5 t \times c y c \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times c y c \quad \cdot \cdot \cdot (8) \text{ 式}$$

$$5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c \quad \cdot \cdot \cdot (9) \text{ 式}$$

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0 \quad \cdot \cdot \cdot (10) \text{ 式}$$

(11) 本発明の第五の態様は、複数の鋼板部材の重ね合せ部に、ナゲット

と、前記ナゲットの周囲に形成される熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、を有するスポット溶接部を形成する抵抗スポット溶接工程を備え；前記抵抗スポット溶接工程では、前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離を D (mm) とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm) とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm) とした場合に、下記 (11) 式を満足するように前記抵抗スポット溶接を行う；重ね合せ部の溶接方法である。

$$D \leq t^{0.2} \quad \dots (11) \text{ 式}$$

(12) 上記 (11) に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程で、前記抵抗スポット溶接の通電時間を T (秒) とし、前記抵抗スポット溶接の通電 1 サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、下記 (12) 式を満たすように通電してもよい。

$$5t \times cyc \leq T \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (12) \text{ 式}$$

(13) 上記 (11) に記載の重ね合せ部の溶接方法では、前記抵抗スポット溶接工程の前に、通電時間 T_1 (秒) と、通電 1 サイクルの時間 cyc (秒) と、前記板厚 t (mm) とが下記 (13) 式を満たした上で、予熱電流 I (kA) を前記重ね合せ部に通電する予熱通電工程をさらに備え；前記抵抗スポット溶接工程で、通電時間を T_2 (秒) と、通電 1 サイクルの時間を cyc (秒) とが、下記 (14) 式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (kA) を前記重ね合せ部に通電し；前記予熱電流 I (kA) と、前記溶接電流 I_0 (kA) とが下記 (15) 式を満たしてもよい。

$$5t \times cyc \leq T_1 \leq (5t + 8) \times cyc \quad \dots (13) \text{ 式}$$

$$5t \times cyc \leq T_2 \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (14) \text{ 式}$$

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0 \quad \dots (15) \text{ 式}$$

(14) 本発明の第六の態様は、複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材の製造方法であって、前記複数の鋼板部

材を、前記重ね合せ部の位置で重ね合わせる、重ね合せ工程と；前記重ね合せ部を、上記（５）～（１３）のいずれか１項に記載の重ね合せ部の溶接方法により溶接する溶接工程と；を備える重ね合せ溶接部材の製造方法である。

[0036] なお、本明細書において「c y c」は、抵抗スポット溶接の通電に用いる電源の１サイクル（１／周波数）（秒）を意味し、６０Ｈｚの場合には、 $1 \times c y c$ は（１／６０）（秒）であり、５０Ｈｚの場合には $1 \times c y c$ は（１／５０）（秒）である。

発明の効果

[0037] 本発明に係る重ね合せ溶接部材、重ね合せ溶接部材を有する自動車用部品、重ね合せ部の溶接方法、及び、重ね合せ溶接部材の製造方法によれば、スポット溶接部における剥離強度を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]従来の通電条件をＴＲＩＰ材に適用した場合の、スポット溶接部における硬さ分布を概念的に説明する図である。

[図2A]十字引張試験の概略を説明する斜視図である。

[図2B]十字引張試験によるスポット溶接部の破断形態を説明する図であり、部分プラグ破断を示す断面図である。

[図2C]十字引張試験によるスポット溶接部の破断形態を説明する図であり、プラグ破断を示す断面図である。

[図2D]母材引張強さと十字引張強さとの相関の一例を示す図である。

[図3]後通電法の概略を説明する図である。

[図4]図３に示した後通電法に基づき、試験片を重ね合せてスポット溶接部を形成し、後通電を施した後におけるスポット溶接部の硬さ分布を概念的に説明する図である。

[図5]ホットスタンプ材に形成したスポット溶接部を後通電した場合における、スポット溶接部のＨＡＺの変化を概念的に説明する図である。

[図6]本発明の一実施形態に係る、ナゲットを有するスポット溶接部の概略構成を説明する図である。

[図7]同スポット溶接部におけるナゲットとH A Zの概略構成を説明する図である。

[図8]本発明の一実施形態に係る抵抗スポット溶接における通電条件を説明する図である。

[図9A]本発明の一実施形態に係るスポット溶接部の硬さ測定部位の概略を説明する図である。

[図9B]ナゲットの溶融境界からの距離 (mm) と、ビッカース硬さとの関係を示すグラフである。

[図10A]ナゲット端からH A Z最軟化部までの距離を0.75 mmとした短時間通電条件による解析モデルを説明する図である。

[図10B]ナゲット端からH A Z最軟化部までの距離を1.5 mmとした通常条件による解析モデルを説明する図である。

[図11]「(a) 短時間通電条件」、「(b) 通常条件」、「(c) H A Z軟化なし」による各スポット溶接部の解析モデルに関し、図10Aに示すPosition 1におけるそれぞれの相当塑性ひずみを示すグラフである。

[図12]「(a) 短時間通電条件」、「(b) 通常条件」、「(c) H A Z軟化なし」による各スポット溶接部の解析モデルに関し、図10Aに示すPosition 2におけるそれぞれの相当塑性ひずみを示すグラフである。

[図13A]板厚 t とナゲットの溶融境界からH A Z軟化部までの距離 D との関係を示す図である。

[図13B]ナゲットの溶融境界からH A Z軟化部までの距離 D と、十字引張強さとの関係を示す図である。

[図14]短時間通電条件、通常条件、2段通電条件を、板厚1.6 mmの1800 MPa級ホットスタンプ材に適用した場合におけるナゲット成長挙動を示すグラフである。

[図15]図14に示した条件により形成したスポット溶接部の硬さ分布を示すグラフである。

[図16]本発明の一実施形態に係る短時間通電条件をホットスタンプ材に適用

した場合における、単通電後及び後通電後におけるスポット溶接部のH A Zの変化を概念的に説明する図である。

[図17]本発明の一実施形態に係る短時間通電条件をホットスタンプ材に適用した場合における、単通電後及び後通電後におけるスポット溶接部のビッカース硬さの変化を概念的に説明する図である。

[図18]本発明の一実施形態に係る短時間通電条件と通常に通電条件を、板厚1.8mmの1800MPa級ホットスタンプ材に適用した場合の、単通電後におけるスポット溶接部の硬さ分布を示すグラフである。

[図19]本発明の一実施形態に係る短時間通電条件と通常に通電条件を、板厚1.8mmの1800MPa級ホットスタンプ材に適用した場合の、後通電後におけるスポット溶接部の硬さ分布を示すグラフである。

[図20]本発明の一実施形態に係る短時間通電条件と通常に通電条件によりスポット溶接部を形成した後に、後通電した場合における、スポット溶接部の硬さ分布の変化を概念的に説明する図である。

[図21]L字試験の概略を説明する斜視図である。

発明を実施するための形態

[0039] 本発明者らは、マルテンサイトを含む鋼板部材を少なくとも一つ含む複数の鋼板部材を重ね合せ部でスポット溶接部により接合する場合における剥離強度の向上について鋭意研究した結果、電流値を高くして通電時間を従来よりも短くした短時間通電条件で1回通電（短時間単通電）をすることにより、H A Z硬化部が縮小されてナゲット端とH A Z最軟化部との距離が小さくなるとの知見を得た。

また、ナゲット端とH A Z最軟化部との距離を小さくすると、ナゲット端部領域の剥離方向への荷重時にかかる応力が緩和されて剥離強度が大きく改善するとの知見を得た。

この知見に基づき、時間がかかる従来方式の後通電に代わって単通電でも強度を改善できる方法を開発した。

[0040] 更には、ナゲット端とH A Z最軟化部との距離を小さくして後通電するこ

とで、ナゲット及びH A Z硬化部が焼き戻されて、ナゲット端とH A Z最軟化部との間に局部的に硬い部分が形成されるのを抑制することが可能となり、従来方式の後通電よりもスポット溶接部の剥離強度が向上するとの知見も得た。

[0041] 以下、図面を参照して、上述の知見に基づきなされた本発明を詳細に説明する。

図6は、本発明の一実施形態に係る、例えば自動車用部品として用いられる重ね合せ溶接部材に形成されるスポット溶接部10の概略構成を説明するスポット溶接部断面図である。

本実施形態に係る重ね溶接部材は、この図6に示すように、鋼板部材S1、S2がスポット溶接部10を介して接合されることにより形成される。

図6に示すように、ナゲット12は、鋼板部材S1、S2をそれらの厚さ方向に挟み込む一对の抵抗スポット溶接用の電極50、50からの通電により、電極50の中心線CLを中心として鋼板部材S1、S2の重ね合せ部に形成されている。

[0042] 通電により生じた溶融金属は、電極50と接触している中心線CL近傍の領域では、電極50への抜熱により板厚方向に凝固が進行し、電極50の中心線CLから離れた領域では、板厚方向に加えてナゲット中心方向に向かって（電極の中心線CLに向かって）凝固が進行する。

その結果、ナゲット12は、デンドライトが板厚方向に成長する領域12Aと、デンドライトが板厚方向と交差して成長する領域12Bとを有することとなる。

[0043] 本明細書においては、重ね合せ部を板厚方向からみて、ナゲット12が形成される際に溶融する最も外側の境界（すなわち、ナゲット12の溶融境界部）をナゲット端12Eといい、領域12Aと領域12Bの会合部12Cからナゲット端12Eまでの領域をナゲット端部領域12Bという。

[0044] 図7は、重ね合せ部を溶接するスポット溶接部10を説明するスポット溶接部断面図であり、スポット溶接部10は、スポット溶接により形成された

ナゲット12と、このナゲット12の周囲に形成された、スポット溶接によるHAZ14とを有する。

HAZ14は、ナゲット12に隣接して形成されたHAZ硬化部14Hと、HAZ硬化部14Hの周囲に形成されたHAZ軟化部14Tとを有している。

また、HAZ軟化部14Tにおける内周部近傍には、ビッカース硬さが最も低いHAZ最軟化部14Lが形成されている。

図7に示した符号Dは、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離を示している。

[0045] 図8は、本実施形態に係る抵抗スポット溶接における通電条件を説明する図である。

本実施形態に係る短時間通電条件C11は、図8に示すように、通常通電条件C21の通電電流I21よりも高い通電電流I11でかつ従来の通常通電時間T21よりも短い通電時間T11で電流を流す単通電を最初に行うことで、抵抗スポット溶接を行う。

図8において破線で示したのは、通常条件による1回目通電C21（電流値I21、通電時間T21）であり、電流値I11 > 電流値I21、通電時間T11 (cyc) < 通電時間T21 (cyc) である。

また、図8において、短時間通電条件C11を、通常通電条件C21の時間軸の途中から示したのは、通電完了タイミングをそろえるためである。

[0046] 本実施形態に係る短時間通電条件C11では、図8に示すように、通電によりナゲット12を形成する際に生じた溶融金属が、単通電の完了後に急速に冷却され、Ms点を通過してMf点以下まで温度が低下するため、マルテンサイトが生じる。

[0047] また、短時間通電条件C11におけるナゲット12の温度曲線H1と、通常通電条件C21におけるナゲットの温度曲線H2を比較すると、短時間通電条件C11では、通常通電条件C21よりも短時間で接合部が溶融してナゲット12が形成される。

そのため、短時間通電条件C 1 1によれば、ナゲット1 2の周囲への過大な熱流が抑制されて、HAZ硬化部が縮小し、ナゲット端1 2 EとHAZ最軟化部1 4 Lとの距離Dが小さくなる。

その結果、上記単通電のみで、剥離時にナゲット端部領域1 2 B以外の部位にひずみを集中させることで、ナゲット端部領域1 2 Bへの応力集中を緩和させることができ、剥離強度が向上する。

[0048] なお、短時間通電条件C 1 1の単通電で形成したスポット溶接部1 0をそのまま使用してもよいし、さらには、形成したスポット溶接部1 0を、所定の休止時間 T_s が経過した後に、後通電条件C 1 2による後通電（すなわち、二回目の通電）を施してもよい。

[0049] 短時間通電条件C 1 1で形成したスポット溶接部1 0を、休止時間 T_s の間、通電を休止した後に、後通電条件C 1 2（電流値 I_{12} 、通電時間 T_{12} ）で通電すると、ナゲット1 2は、焼き戻し可能温度（約550～600℃）以上、 A_{c1} 以下まで温度が上昇し、その後、徐冷され、HAZ1 4を再焼入れさせることなく、焼き戻しマルテンサイトを得ることができる。

[0050] 以上のように、短時間通電条件C 1 1では、電流値 I_{11} を通常通電条件C 2 1の電流値 I_{21} より大きくし、通電時間 T_{11} を通常通電条件C 2 1の通電時間 T_{21} よりも短くするので、ナゲット1 2が短時間で昇温され、通電で発生した熱の周囲への熱伝導が促進されず、HAZ1 4の温度が通常条件に比較して高温になりにくい。

その結果、HAZ硬化部1 4 Hの幅が小さくなり、ナゲット端1 2 EとHAZ最軟化部1 4 Lとの間の距離Dが小さくなると考えられる。

[0051] 上述のように、短時間通電条件C 1 1によりナゲット1 2が形成されていれば、HAZ硬化部1 4 Hの幅が小さいので、ナゲット1 2及びHAZ硬化部1 4 Hが十分に焼き戻される。

このため、ナゲット端1 2 EとHAZ最軟化部1 4 Lとの間にビッカース硬さが高い部分が形成されるのが抑制される。

すなわち、HAZ硬化部1 4 Hが一様に軟化されることにより変形が容易

となり、ナゲット端部領域12Bへの剥離時の応力が低減されるため、剥離強度を向上させることができる。

[0052] 上述のように短時間通電条件C11及び後通電条件C12を採用することで、HAZ最軟化部14Lとナゲット端12Eとの間のビッカース硬さを、HAZ最軟化部14Lのビッカース硬さを100%とした場合に120%以下とすることができ、スポット溶接部10の靱性を十分に確保することができる。

[0053] 以下、図9A、図9Bを参照して、ナゲット12の溶融境界からの距離(mm)と、ビッカース硬さとの関係を説明する。

図9A、図9Bは、本実施形態に係る「(a)短時間通電条件」と、「(b)通常条件」とを、板厚1.6mmの1500MPa級ホットスタンプ材に適用して1回目通電した場合を示す図であり、図9Aがスポット溶接部断面図であり、また図9Bがスポット溶接部10の硬さ分布を示すグラフである。

硬さ分布の測定については、図9Aに示すように、ビッカース硬さを、鋼板部材S1、S2との接合面から、鋼板部材S1側に、鋼板部材S1の内部側に板厚の1/4離れた位置において、0.5mmピッチでJIS Z 2244に基づき荷重9.8Nで測定した。

図9Bのグラフにおいて、「白抜きダイヤ」は短時間通電条件を示し、「白抜きの丸」は通常通電条件を示している。

尚、短時間通電条件は通電時間：9×cyc、通常条件は通電時間：20×cycとし、それぞれのナゲット径が $4\sqrt{t}$ (mm)(tは板厚)となるように電流値を調整した。

図9A、図9Bから、「(a)短時間通電条件」による1回目通電を行うことにより、ナゲット端12EからHAZ最軟化部14Lとの距離Dが小さくなっていることがわかる。

[0054] 以下、図10A、図10B、図11、図12に基づき、短時間通電と通常条件による通電を行った場合における相当ひずみについて説明する。

短時間通電と通常条件を用いた弾塑性 F E M 解析にて、「(a) 短時間通電条件」、「(b) 通常条件」、「(c) H A Z 軟化なし」の場合の相当塑性ひずみを求めた。以下詳細に説明を行う。

図 1 0 A は、ナゲット端 1 2 E から H A Z 最軟化部 1 4 L までの距離 D を 0. 7 5 m m とし「(a) 短時間通電条件」により 1 回目通電した単通電試験片の解析モデルを説明するスポット溶接部断面図である。

図 1 0 B は、ナゲット端 1 2 E から H A Z 最軟化部 1 4 L までの距離 D を 1. 5 m m とし通常条件により 1 回目通電した単通電試験片の解析モデルを説明するスポット溶接部断面図である。

[0055] なお、解析モデルにおいて、H A Z 軟化部の硬さ分布は、図 9 B に示した測定結果に基づいて、最軟化部の硬さから母材部の硬さまで段階的に変化させた。

[0056] 図 1 0 A および図 1 0 B における P o s i t i o n 1 は H A Z 最軟化部 1 4 L を示し、P o s i t i o n 2 はナゲット端 1 2 E を示す。

解析モデルは、図 1 0 A に示す「(a) 短時間通電条件」を模擬した場合と、図 1 0 B に示す「(b) 通常条件」を模擬した場合と、「(c) H A Z 軟化なし」を模擬した場合の 3 パターンを用いた。

[0057] 図 1 1 は、「(a) 短時間通電条件」、「(b) 通常条件」、「(c) H A Z 軟化なし」、の各スポット溶接部からなる解析モデルに対し、「(b) 通常条件」のスポット溶接部が十字引張試験により破断した荷重で十字引張試験した場合における、図 1 0 A に示す P o s i t i o n 1 におけるそれぞれの相当塑性ひずみを示すグラフである。

なお、図 1 1 において、「(c) H A Z 軟化無し」の解析モデルにおける P o s i t i o n 1 は、「(b) 通常条件」と同じ位置とした。

[0058] P o s i t i o n 1 における相当塑性ひずみは、図 1 1 のグラフに示されるように、「(a) 短時間通電条件」では約 0. 0 3 2 であり、「(b) 通常条件」の 0. 0 1 3、「(c) H A Z 軟化無し」の約 0. 0 1 8 に比較して、大幅に増加した。

[0059] 図12は、「(a) 短時間通電条件」、「(b) 通常条件」、「(c) HAZ軟化なし」、の各スポット溶接部からなる解析モデルに対し、(b) 通常条件のスポット溶接部が十字引張試験により破断した荷重で十字引張試験した場合における、図10Aに示すPosition 2におけるそれぞれの相当塑性ひずみを示すグラフである。

なお、図12において、「(c) HAZ軟化無し」の解析モデルにおけるPosition 2は、「(b) 通常条件」と同じ位置とした。

[0060] また、Position 2における相当塑性ひずみは、図12のグラフに示されるように、「(a) 短時間通電条件」では約0.010であり、「(b) 通常条件」の0.0115、「(c) HAZ軟化無し」の約0.0118に比較して、減少した。

しかし、「(b) 通常条件」と「(c) HAZ軟化なし」を比較すると、「(b) 通常条件」のHAZ軟化位置では、ナゲットの端部領域の相当塑性ひずみに及ぼすHAZ軟化有無の影響はわずかであった。

[0061] すなわち、通常条件ではHAZ軟化部14Tは剥離時のナゲット端部領域12Bへのひずみ軽減効果はほとんどなく、ナゲット端部領域12BへHAZ軟化部14Tが接近することによって、HAZ軟化部14Tにひずみが集中する。その結果、ナゲット端部領域12Bへのひずみ集中が軽減されることが判明した。つまり、「短時間通電条件」を用いれば、この効果により、剥離強度を増大させることができるのである。

[0062] 以下、図13A、図13Bを参照して、本実施形態に係る、複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材について好適な条件を説明する。

[0063] 図13Aは、重ね合せ部を構成する板厚 t (mm) と、ナゲットの溶融境界(ナゲットの端)からHAZ最軟化部までの距離 D (mm) との関係を示す図である。

図13Aにおいて、「白抜きの丸」は従来の単通電による980MPa級DP鋼を示している。

また、「白抜きダイヤ」は従来の単通電による1500MPa級ホットスタンプ鋼を示している。

[0064] ここで、図13Aにおける板厚 t (mm)は、複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm)とし、一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm)としている。

[0065] 従来条件による単通電では、図13Aに示すように、2枚の鋼板の重ね合世界面における、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離 D は、 D (mm) = $t^{0.2}$ (mm) を超える範囲に形成されていた。十字引張試験では、継手強度が低い鋼種と、継手強度が高い鋼種とを組み合わせた板組の場合、継手強度が低い鋼種側で破断する傾向がある。

[0066] 例えば、母材強度が780MPa級より高い場合には、十字引張強さは母材強度が高いほうが低くなることから、母材強度が高いほうが破断する傾向にある。

また、同鋼種で板厚の異なる板組では、板厚が薄い鋼板側で破断する。

以上の理由より、最も薄い鋼板部材の板厚 t を用いる。

[0067] 図13Bは、1500MPa級ホットスタンプ材においてナゲット径が $4\sqrt{t}$ である場合のスポット溶接部のナゲット端12EからHAZ軟化部までの距離 D と、十字引張強さの関係を説明する図である。

図13Bに示すように、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離 D (mm)を、 $t^{0.2}$ (mm)以下とすると、十字引張強さが約7kNまで向上し安定してプラグ破断とさせることができる。また、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離 D (mm)を、 $0.75 \times (t^{0.2})$ (mm)以下とすると、十字引張強さが約8kNまで向上し、更に安定してプラグ破断とさせることができより好適である。

以上のように、スポット溶接部のナゲット端12EからHAZ軟化部14Tまでの距離 D を小さくすることにより十字引張強さが向上する。

[0068] さらに、これら2枚の鋼板部材の重ね合世界面における、母材からナゲッ

ト端部領域 1 2 B にかけて（ナゲット端部領域 1 2 B を含む）の硬さは、H A Z 最軟化部 1 4 L に対してビッカース硬さにおける最大値が約 1 1 5 % の範囲でナゲット端 1 2 E に向かって徐々に減少し、又は H A Z 最軟化部 1 4 L の硬さと同等である。

[0069] 本実施形態に係る重ね合せ溶接部材では、H A Z 軟化部 1 4 T をナゲット端部領域 1 2 B に近づけることによって、ナゲット内破断（界面破断、部分プラグ破断）の起点となるナゲット端部領域 1 2 B への応力集中を緩和し、これにより、継手強度を向上させることができる。

[0070] 継手強度の向上の効果は、破断形態がナゲット内破断（界面破断、部分プラグ破断）からプラグ破断へと変わることにより顕著に表れる。

特に、ナゲット端部領域 1 2 B への応力集中を緩和しても、ナゲット 1 2 自体の靱性が不足するためにナゲット内へき裂進展しプラグ破断が得られない継手に対しては、H A Z 軟化部 1 4 T の適正化に加えて後通電を行うことにより、従来よりも顕著な継手強度の向上効果を得られる。

このメカニズムは上述した通りである。

[0071] 上述の通り、ナゲット端 1 2 E から H A Z 最軟化部 1 4 L までの距離 D (mm) が、

$$D \leq t^{0.2} \dots (1) \text{ 式}$$

を満足することにより、継手強度の十分な向上が得られる。

そこで、本実施形態に係る重ね合せ溶接部材では、ナゲット端 1 2 E から H A Z 最軟化部 1 4 L までの距離 D が上記 (1) 式を満足することを条件とする。

また、ナゲット端 1 2 E から H A Z の最軟化部までの距離 D (mm) が

$$D \leq 0.75 \times (t^{0.2}) \dots (1A) \text{ 式}$$

を満足することにより、より確実に破断態様をプラグ破断とさせることができる点で好適である。

[0072] 以下、抵抗スポット溶接工程と、焼き戻し工程とにより重ね溶接部を溶接する方法について詳細に説明する。

[0073] (抵抗スポット溶接工程)

抵抗スポット溶接工程では、複数の鋼板部材の重ね合せ部に、ナゲット 12 と、このナゲット 12 の周囲に形成される HAZ 14 と、この HAZ 14 内でビッカース硬さが最も低い最軟化部 14 L と、を有するスポット溶接部 10 を抵抗スポット溶接により形成する。

[0074] (焼き戻し工程)

焼き戻し工程では、上記抵抗スポット溶接工程で形成されたナゲット 12 の中心部と、最軟化部 14 L との間に、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが最軟化部 14 L のビッカース硬さを 100% とした場合に 120% 以下である焼き戻し領域を形成する。

焼き戻し領域の形成は、後通電により行うことが好ましいが、後通電に限定されるものではなく、例えばレーザービームの照射により行うこともできる。

[0075] このような本実施形態に係る重ね合せ部の溶接方法によれば、焼き戻し領域であって、最軟化部 14 L のビッカース硬さを 100% とした場合に 120% 以下であるビッカース硬さを有する焼き戻し領域を、ナゲット 12 の中心部と最軟化部 14 L との間に形成させることができる。

[0076] また、上述の抵抗スポット溶接工程では、板厚を t (mm) とし、抵抗スポット溶接の通電 1 サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、 $5t \times cyc \leq T \leq (5t + 4) \times cyc$ …… (2) 式
で表わされる通電時間 T でナゲット 12 を形成してもよい。

一般に、スポット溶接では板厚が厚くなるほど通電時間が長くなり、ナゲット端 12 E から HAZ 最軟化部 14 L との距離 D は長くなる傾向にあるが、この (2) 式を満足させることで、ナゲットを安定して形成できるとともに、ナゲット端 12 E と HAZ 最軟化部 14 L との距離 D (mm) をより確実に $t^{0.2}$ 以下とすることができる。

すなわち、スポット溶接部における剥離強度を安定して向上することが可能となる。

尚、ここでの板厚 t (mm) についても、複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm) とし、一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm) とする。

[0077] (予熱通電工程)

上述のように、本実施形態で規定する通電時間を満足してスポット溶接すると、HAZ軟化部14Tの観点からは有効であるが、その一方、従来の通電条件に比べて適正電流範囲は狭くなる。

そこで、本発明者らは、上述の抵抗スポット溶接工程を行う前に予熱通電工程を行うことが、従来の条件と同等の適正電流範囲(チリ発生電流までの電流余裕度)を有しながら従来よりもHAZの最軟化部をナゲットの端部領域に接近させることができる点で好適であることを見出した。

[0078] ここで、図14、図15を参照して、予熱通電工程を行うことによる上記効果を説明する。

図14は、短時間通電条件(9×cyc)、通常条件(20×cyc)、2段通電条件(第1工程の通電時間11×cyc、溶接電流4kA、第2工程の通電時間9×cyc)を板厚1.6mmの1800MPa級ホットスタンプ材に適用した場合におけるナゲット成長挙動を示すグラフである。

また、図15は、図14に示した条件により形成したスポット溶接部のナゲット端からの距離に基づくビッカース硬さの分布を示すグラフである。

これらの図14、図15に示されるように、予熱通電と本通電による2段通電を行うことにより、従来とほぼ同等の適正電流範囲を有しながら、HAZ軟化位置を従来よりもナゲット端部領域12Bに接近させることができる。

[0079] 以下、予熱通電工程の通電条件について詳細に説明する。

予熱通電工程では、通電時間 T_1 (秒)と、通電1サイクルの時間cyc(秒)と、板厚 t (mm)とが

$$5t \times cyc \leq T_1 \leq (5t + 8) \times cyc \quad \dots (3式)$$

を満たした上で、予熱電流 I (k A) を重ね合せ部に通電する。

そして、予熱通電工程を行った場合には、その後、抵抗スポット溶接工程で、通電時間を T_2 (秒) とし、前記抵抗スポット溶接の通電1サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、

$$5t \times cyc \leq T_2 \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (4) \text{式}$$

を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (k A) を重ね合せ部に通電することで、ナゲットを形成する。

ここで、予熱電流 I (k A) と溶接電流 I_0 (k A) との関係は、

$$0.3I_0 \leq I \leq 0.7I_0 \quad \dots (5) \text{式}$$

を満たす。

[0080] 上記予熱通電工程においては、通電時間 T_1 (秒) が $5t \times cyc$ 以上であり、かつ、予熱電流 I (k A) が $0.3I_0$ 以上、すなわち、ナゲットを形成する抵抗スポット溶接工程における溶接電流 I_0 の30%以上であるので、予熱効果が充分となり、所望の適正電流範囲を確保できるので好ましい。

また、通電時間 T_1 (秒) が $(5t + 4) \times cyc$ 以下であり、かつ、予熱電流 I (k A) が $0.7I_0$ 以下、すなわち、ナゲットを形成する抵抗スポット溶接工程における溶接電流 I_0 の70%以下であるので、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lまでの距離 D を小さくすることができて好適である。

[0081] そして、予熱通電後に行う抵抗スポット溶接工程では、通電時間 T_2 を $5t \times cyc$ 以上、且つ、 $(5t + 4) \times cyc$ 以下としているので、ナゲットを十分に形成させるとともに、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離 D (mm) を $t^{0.2}$ 以下とすることができ、スポット溶接部における剥離強度を安定して向上することが可能となる。

また、距離 D (mm) が $0.75 \times (t^{0.2})$ 以下となるように通電時間を調整することで、より確実に、破断態様がプラグ破断となるスポット溶接部を得ることができ、剥離強度を向上させることができる。

[0082] このようにして得られた重ね溶接部に対して、ナゲット端部領域12Bが

焼き戻されるように、上述の焼き戻し工程（例えば、後通電による焼き戻し）を適用することにより、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが最軟化部14Lのビッカース硬さを100%とした場合に120%以下である焼き戻し領域をナゲット12の中心部と最軟化部14Lとの間に形成させることができる。

従って、従来通りのナゲット径で、剥離強度に優れ、高い継手強度を有する重ね合せ溶接部材を製造することができる。

[0083] このような効果を得るためにはナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとが近づくように、短時間通電条件を調整し、その後の焼き戻し工程で、焼き戻し領域のビッカース硬さを最軟化部14Lのビッカース硬さの120%以下とすることが必要である。しかしながら、より好適に効果を得るためには、焼き戻し領域のビッカース硬さを最軟化部14Lのビッカース硬さの115%以下とすることが好ましく、110%以下とすることがより好ましい。

尚、焼き戻し領域のビッカース硬さの下限值は規定されるものではない。

[0084] 重ね合せ溶接部材は、母材引張強さ980MPa級以上になると界面破断や部分プラグ破断し易く、継手強度は低下する傾向にある。

本実施形態は、スポット溶接によりHAZ軟化する鋼板部材に対して効果を有するが、母材引張強さ980MPa級以上の高張力鋼板への適用が好ましい。

特に、ホットスタンプ材では、母材がフルマルテンサイトであるためHAZ軟化量が大きく、本実施形態の効果が顕著である。

[0085] また、本実施形態に係る重ね合せ溶接部材は、2枚以上の鋼板部材の重ね合せ部のそれぞれの鋼板部材の板厚、種類（例えばDP、TRIP等）、さらにはめっきの有無には限定されない。

また、後述する実施例では、同種の鋼板を2枚重ね合わせる板組について説明しているが、これには限定されず、異材板組であっても、3枚以上の板組であっても効果を有する。

[0086] 図16は、ホットスタンプ材を鋼板部材S1、S2として用いた場合の、本実施形態に係る通電条件により形成されるスポット溶接部10の概略構成を説明する図である。より詳細には、図16の(a)は短時間通電を行った後のスポット溶接部断面図であり、図16の(b)は、後通電を行った後のスポット溶接部断面図である。図16の(c)は、単通電後と後通電後についてビッカース硬さの分布を示すグラフである。

また、図17は、単通電後、及び、後通電後におけるスポット溶接部のビッカース硬さの変化を概念的に説明する図である。

短時間通電を行うことで、図16の(a)に示すように、ナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離Dは約1mmと小さくなる。

従来の通常条件による通電によるナゲット端12EとHAZ最軟化部14Lとの距離Dが約1.5mmであるため、比較すると大幅に縮小した。

その結果、ナゲット端12E周辺における応力集中を緩和することができる。

[0087] また、更に後通電を施すことにより、図16の(b)のドットハッチングで示される範囲で、HAZ硬化部14Hを十分に焼き戻すことができる。

[0088] このように、本発明に係る通電条件をホットスタンプ材S1、S2に適用してスポット溶接部10を形成した場合、図17の(a)、(b)に示すように、短時間単通電を行うことで、HAZ硬化部14Hはナゲット12とほぼ同等のビッカース硬さとなる。

[0089] また、後通電をすると、図17の(c)に示すように、ナゲット12及びHAZ硬化部14Hは十分に焼き戻されて、HAZ最軟化部14Lとナゲット端12Eの間は、ビッカース硬さにおける硬さがHAZ最軟化部14Lと同様又は硬さの最大値がHAZ最軟化部14Lの約115%となり、ナゲット端部領域12Bの応力が十分に緩和される。

その結果、ホットスタンプ材におけるスポット溶接部10の剥離強度を向上させることができる。なお、ナゲット端部領域12Bが焼き戻されていれば、ナゲット12の全体が焼き戻されることは必要ではない。

[0090] このように、H A Z硬化部 1 4 Hが焼き戻されることにより、図 1 6の (c) に示すように、ビッカース硬さにおいて、ナゲット 1 2とH A Z最軟化部 1 4 Lとの間の最大の硬さが、H A Z最軟化部 1 4 Lに対して約 1 2 0%以下の範囲とすることができる。

その結果、ナゲット 1 2及びH A Z硬化部の靱性が向上して、剥離強度を向上することができる。

尚、ナゲット端 1 2 EとH A Z最軟化部 1 4 Lの間の最大のビッカース硬さが、H A Z最軟化部 1 4 Lのビッカース硬さの 1 2 0%以下、好ましくは 1 1 5%以下、より好ましくは 1 1 0%以下であれば、ナゲット 1 2全体が焼き戻されていなくても継手強度が向上する。

[0091] なお、短時間通電条件を調整して、ナゲット端とH A Z最軟化部を近づけて、後通電後におけるナゲット 1 2の中心部とH A Z最軟化部 1 4 Lとの間のビッカース硬さにおける最大値を、H A Z最軟化部 1 4 Lに対して 1 1 5%の範囲とすることが好ましい。

また、短時間通電条件を調整して、ナゲット端とH A Z最軟化部をさらに近づけて、後通電後におけるナゲットとH A Z最軟化部の間のビッカース硬さにおける最大値を、H A Z最軟化部 1 4 Lに対して 1 1 0%の範囲とするとさらに好ましい。

[0092] 図 1 8は、本実施形態に係る短時間通電条件と通常に通電条件を板厚 1. 8 m mの 1 8 0 0 M P a級ホットスタンプ材に適用した場合の、1 回通電におけるスポット溶接部の硬さ分布を示すグラフである。

また、図 1 9は、本実施形態に係る短時間通電条件と通常に通電条件を板厚 1. 8 m mの 1 8 0 0 M P a級ホットスタンプ材に適用した場合の、後通電後におけるスポット溶接部の硬さ分布を示すグラフである。

図 1 8において、「白抜きダイヤ」は通電時間 9 × c y c (秒)の短時間通電条件を採用した本通電によりスポット溶接部を形成した場合の、スポット溶接部の硬さ分布を示す。また、「白抜きの丸」は通電時間 2 2 × c y c (秒)の通常条件を採用した本通電によりスポット溶接部を形成した場合

の、スポット溶接部の硬さ分布を示す。

図19においては、「白抜きのダイヤ」は通電時間 $9 \times \text{cyc}$ (秒)の短時間通電条件を採用した本通電によりスポット溶接部を形成し、その後、後通電により焼き戻しを行った場合の、スポット溶接部の硬さ分布を示し、「白抜きの丸」は通電時間 $22 \times \text{cyc}$ (秒)の通常条件を採用した本通電によりスポット溶接部を形成し、その後、後通電により焼き戻しを行った場合の、スポット溶接部の硬さ分布を示す。

[0093] まず、図18のグラフに示すように、「白抜きのダイヤ」で示す短時間通電条件では「白抜きの丸」で示す通常条件と比べ、ナゲット端からHAZ最軟化部までの距離が接近する。

[0094] そして、後通電を行うと、図19のグラフに示すように、本通電時に通常条件を適用して形成されたスポット溶接部では、本通電時に形成されるHAZ最軟化部がナゲットの端部領域から遠いため、ナゲットと最軟化部との間（ナゲットの端部領域から約1mm程度の位置）に硬さが高い箇所が存在する。

[0095] これに対し、本通電時に短時間通電条件を適用して形成されたスポット溶接部では、本通電時に形成されるHAZ最軟化部がナゲットの端部領域に近いいため、母材からナゲット端部領域12Bにかけての（ナゲット端部領域12Bも含む）HAZおよびナゲットのビッカース硬さをHAZ最軟化部の硬さの120%以下とすることができる。

[0096] すなわち、後通電を施した場合でも、本通電時に形成されるHAZ最軟化部がナゲット端12Eに近いほうがナゲット端12Eの周辺へのひずみ集中を緩和できる。

このように、ナゲット12の形成のための通電時間を短時間化すると、HAZ軟化位置をナゲットの端部領域に接近させて継手強度を向上させる観点から有効である。

[0097] 図20は、本実施形態に係る短時間通電条件をDP材又はTRIP材に適用した場合における、単通電及び後通電の後におけるスポット溶接部のHA

Zの変化を概念的に説明する図である。

図20の(a)は、スポット溶接部断面図である。

[0098] 図20の(b)に示すように、DP材又はTRIP材を鋼板部材S1、S2として用いた場合には、短時間単通電した状態で、HAZ硬化部14Hはナゲット12とビッカース硬さにおいてナゲットとほぼ同等となる。

この場合、ナゲット12及びHAZ硬化部14HはDP材又はTRIP材の母材と比較して非常に硬くなる点で、図17に示したホットスタンプ材の硬さ分布と異なる。

[0099] また、図20の(c)に示すように、後通電をすると、ナゲット12及びHAZ硬化部14Hは十分に焼き戻されて、HAZ最軟化部14Lとナゲット端12Eとの間には、ビッカース硬さにおける硬さがHAZ最軟化部14Lの約115%となり、ナゲット端部領域12Bの応力が十分に緩和される。

その結果、DP材又はTRIP材におけるスポット溶接部10の剥離強度を向上させることができる。

なお、ナゲット端部領域12Bが焼き戻されていれば、ナゲット12の全体が焼き戻されることは必要ではない。

なお、図20の(c)に示す二点鎖線は、後通電前の硬さ分布を示している。

[0100] なお、上記実施形態においては、HAZ硬化部14Hを後通電により焼き戻す場合について説明したが、短時間単通電によりスポット溶接部10を形成した後に、例えばレーザー照射することでナゲットおよびHAZ硬化部を焼き戻してもよい。

実施例

[0101] 以下、剥離方向の継手強度の向上にはHAZ最軟化部をナゲット端部へ近づけることが有効であることを確認する。

通電時間を短時間化することで、HAZ最軟化部をナゲット端部へ近づけることができるが、ナゲット形成の観点からは、通電時間の短時間化により、適正電流範囲（一般に、ナゲット径 $4\sqrt{t}$ を得られる電流値からチリ発生

までの電流範囲)が狭くなる。

そこで、通電初期を低電流とする予備通電で鋼板を加熱した後に、短時間高電流でナゲットを拡大する2段階通電によって、HAZ軟化位置の制御と適正電流範囲の確保とを両立することを検討した。

板厚1.6mmの1800MPa級ホットスタンプ材により、表1に示す溶接条件を用いて調査した。条件(1)は短時間単通電条件、(2)は従来単通電条件、(3)が2段階通電条件である。

図14に示すナゲット形成挙動と、図15に示すスポット溶接部の硬さ分布からわかるように、2段階通電により、従来単通電と同等の適正電流範囲を有し、かつ、HAZ最軟化部をナゲット端部へ近づけることが可能となった。

[0102]

[表1]

	電極	加圧力 (kN)	第1通電		第2通電		保持時間 (cyc)
			時間 (cyc)	電流 (kA)	時間 (cyc)	電流 (kA)	
条件(1)	Cu-1%Cr ドーナツ型 先端径 6mm	3.92	9	3.0~8.5	-	-	10
条件(2)			20	3.0~8.5	-	-	
条件(3)			11	4.0	9	3.0~8.5	

[0103] 溶接電流は、それぞれ $4\sqrt{t}$ (mm) のナゲット径が得られるように調整した。後通電条件は、剥離強度の改善に有効な条件、すなわちナゲットの端部領域が軟化される条件を選定した。

[0104] 板厚 1.6~2.0mm の 980MPa 級鋼板、1500MPa 級ホットスタンプ材、および 1800MPa 級ホットスタンプ材を用い、十字引張強

さとL字引張強さを調査した。用いた溶接条件を表2に示す。 I_0 は本通電工程の電流値である。

[0105]

[表2]

条件	電極	加圧力 (kN)	予備通電工程		本通電工程		休止時間 (cyc)	後通電工程		保持時間 (cyc)
			時間 (cyc)	電流 (kA)	時間 (cyc)	電流 (kA)		時間 (cyc)	電流 (kA)	
a	Cu-1%Cr ドーム型 先端径 6mm	3.92	-	-	10t+4	-	-	-	-	10
b			-	-	10t+4	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀		
A1			-	-	5t	-	-	-		
A2			5t+3	0.5I ₀ ~0.7I ₀	5t	-	-	-		
B1			-	-	5t	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀		
B2			5t+3	0.5I ₀ ~0.7I ₀	5t	60	20~50	0.6I ₀ ~0.8I ₀		

[0106] 条件 a は従来単通電条件、条件 b は従来後通電条件である。条件 A 1 は短時間単通電条件、条件 A 2 は 2 段電条件であり、条件 B 1、B 2 はそれぞれ条件 A 1、A 2 に対して後通電を行った。いずれの溶接条件においても、ナゲット径 $4\sqrt{t}$ が得られるように溶接電流を調整した。

継手強度は、十字継手の場合は J I S Z 3 1 3 7 (1 9 9 9 年) に基づく十字引張試験により測定し、L 字継手の場合は図 2 1 の概略図を示す試験により測定した。

より詳細には、L 字引張試験は、図 2 1 に示すように、鋼板を L 字に曲げて形成した二つの試験片の屈曲部分同士を互いに重ね合せて、重ね合せ部に抵抗スポット溶接によりナゲット 1 2 を有するスポット溶接部 1 0 を形成して接合し、その後、重ね合せ部が剥離する方向に引っ張って、スポット溶接部 1 0 が破断するまでの強度を継手強度として測定した。

[0107] まず、板厚 1. 6 ~ 2. 0 mm の 9 8 0 M P a 級 D P 鋼板、1 5 0 0 M P a および 1 8 0 0 M P a 級ホットスタンプ材を用いて、重ね合せ溶接部材の剥離強度および破断形態を調査した。溶接条件を表 4 に示す。t は鋼板の板厚、 l_0 は各板組に対して、ナゲット径 $4\sqrt{t}$ (mm) が得られるように調整した。なお、距離 D はナゲット端部領域から H A Z 最軟化部までの距離である。

表 3 に条件 A 1、A 2 による継手強度の改善効果をまとめた。表 3 は、単通電に関する実施例を説明する表である。

[0108]

[表3]

鋼種	継手形状	板厚t (mm)	$t^{0.2}$ (mm)	溶接条件	距離D (mm)	継手強度 (kN)	破断形態	備考	
980MPa	十字	2.0	1.15	a	1.5	9.8	部分プラグ破断	比較例	
				A1	1.0	12.5	部分プラグ破断	本発明例	
		1.6	1.10	a	1.3	5.6	部分プラグ破断	比較例	
A1				0.8	8.2	プラグ破断	本発明例		
1500MPa		十字	2.0	1.15	A2	1.0	8.3	プラグ破断	本発明例
					a	1.5	7.2	界面破断	比較例
	1.6		1.10	A1	1.0	8.6	部分プラグ破断	本発明例	
a				1.3	3.2	部分プラグ破断	比較例		
1800MPa	十字		2.0	1.15	A2	1.0	3.9	部分プラグ破断	本発明例
					a	1.5	4.8	界面破断	比較例
		1.8	1.12	A1	1.0	5.5	界面破断	本発明例	
a				1.3	1.2	界面破断	比較例		
1800MPa		L字	1.8	1.12	A1	0.8	1.5	界面破断	本発明例
					a	1.3	1.2	界面破断	比較例

[0109] 表3に示すように、いずれの鋼種、板厚においても、条件A1の短時間通電、A2の予備通電及び短時間通電により形成したスポット溶接部は、条件aの従来単通電条件と比較して、継手強度が向上した。これは、HAZ軟化位置がナゲット端部に近づくことにより、ナゲット端部への応力集中が緩和された効果と考えられる。

[0110] また、1800MPa級ホットスタンプ材におけるL字引張強度では、条件A1の短時間通電を行うことにより、条件aの場合と比較して、継手強度が、約25%向上した。

[0111] 更に、板厚1.6~2.0mmの980MPa級DP鋼板、1500MPaおよび1800MPa級ホットスタンプ材を用いて、重ね合せ溶接部材の剥離強度および破断形態を調査した。溶接条件を表4に示す。tは鋼板の板厚であり、 l_0 は各板組に対して、ナゲット径 $4\sqrt{t}$ (mm)が得られるように調整した。なお、距離Dはナゲット端部領域からHAZ最軟化部までの距離である。

[0112] 表4に条件B1、B2による継手強度の改善効果をまとめた。表4は、後通電を実施した場合における実施例を説明する表である。

[0113]

[表4]

鋼種	継手形状	板厚t (mm)	$t^{0.2}$ (mm)	溶接条件	距離D (mm)	継手強度 (kN)	破断形態	備考
980MPa	十字	2.0	1.15	b	1.5	15.9	プラグ破断	比較例
				B1	1.0	18.1	プラグ破断	本発明例
1500MPa		2.0	1.15	b	1.5	14.5	部分プラグ破断	比較例
				B1	1.0	18.5	プラグ破断	本発明例
1800MPa	十字	1.6	1.10	b	1.5	5.7	部分プラグ破断	比較例
				B1	1.0	8.7	プラグ破断	本発明例
		2.0	1.15	B2	1.0	8.7	プラグ破断	本発明例
				b	1.5	5.2	界面破断	比較例
1800MPa	L字	1.8	1.12	B1	1.0	7.3	部分プラグ破断	本発明例
				b	1.5	2.2	界面破断	比較例
				B1	1.0	4.7	プラグ破断	本発明例

[0114] 表4に示すように、いずれの鋼種、板厚においても、条件aの従来単通電条件と比較して、継手強度が向上した。これは、従来後通電技術と同様にナゲット端部が焼戻され靱性が向上したことに加え、ナゲット端部への応力集中を緩和する最適な硬さ分布が得られた効果と考えられる。

[0115] また、1800MPa級ホットスタンプ材におけるL字引張強度では、条件B1の短時間通電と後通電を行うことにより、条件bの場合と比較して、破断形態が界面破断からプラグ破断となり、継手強度が、約114%向上した。

産業上の利用可能性

[0116] 本発明によれば、複数の鋼板部材同士を重ね合せ部で接合し、前記複数の鋼板部材の少なくとも一つがマルテンサイトを含む重ね合せ部がスポット溶接部によって接合された重ね合せ溶接部材に関して、スポット溶接部における剥離強度を向上することができるので、産業上利用可能である。

符号の説明

- [0117] 10 スポット溶接部
- 12 ナゲット
- 12B ナゲット端部領域
- 12C 会合部
- 12E ナゲット端
- 14 HAZ
- 14H HAZ硬化部
- 14T HAZ軟化部
- 14L HAZ最軟化部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材であって、
- 前記複数の鋼板部材のうちの少なくとも一つがマルテンサイトを含み；
- 前記スポット溶接部が、
- スポット溶接により形成されたナゲットと、
- 前記ナゲットの周囲に形成された熱影響部と、
- 前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、
- 前記ナゲットの中心部と前記最軟化部との間に形成され、焼き戻しマルテンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが前記最軟化部のビッカース硬さを100%とした場合に120%以下である焼き戻し領域と、
- を有する；
- ことを特徴とする重ね合せ溶接部材。
- [請求項2] 複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合せ溶接部材であって、
- 前記複数の鋼板部材のうちの少なくとも一つがマルテンサイトを含み；
- 前記スポット溶接部が、
- 抵抗スポット溶接により形成されたナゲットと、
- 前記ナゲットの周囲に形成された熱影響部と、
- 前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、
- を有し；
- 前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離をD（mm）とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚をt（mm）とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚

を t (mm) とした場合に、下記 (1) 式を満足する；
ことを特徴とする重ね合せ溶接部材。

$$D \leq t^{0.2} \quad \dots (1) \text{ 式}$$

[請求項3] 前記複数の鋼板部材にホットスタンプ材が含まれている
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の重ね合せ溶接部材。

[請求項4] 請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の重ね合せ溶接部材を含む
ことを特徴とする自動車用部品。

[請求項5] 複数の鋼板部材の重ね合せ部に、ナゲットと、前記ナゲットの周囲
に形成される熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低
い最軟化部と、を有するスポット溶接部を抵抗スポット溶接により形
成する抵抗スポット溶接工程と；

前記ナゲットの中心部と、前記最軟化部との間に、焼き戻しマルテ
ンサイトからなるとともにそのビッカース硬さが前記最軟化部のビッ
カース硬さを 100% とした場合に 120% 以下である焼き戻し領域
を形成する焼き戻し工程と；

を備えることを特徴とする重ね合せ部の溶接方法。

[請求項6] 前記抵抗スポット溶接工程で、

前記抵抗スポット溶接の通電時間を T (秒) とし、

前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数
であればその板厚を t (mm) とする一方、最も引張強さの高い鋼板
部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t
(mm) とし、

前記抵抗スポット溶接の通電 1 サイクルの時間を cyc (秒) と
した場合に、

下記 (2) 式を満たすように通電する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5t \times cyc \leq T \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (2) \text{ 式}$$

[請求項7] 前記抵抗スポット溶接工程の前に、

通電時間 T_1 (秒) と、通電 1 サイクルの時間 cyc (秒) と、板厚 t (mm) とが下記 (3) 式を満たした上で、予熱電流 I (kA) を前記重ね合せ部に通電する予熱通電工程をさらに備え；

前記板厚 t (mm) として、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を用いる一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を用い；

前記抵抗スポット溶接工程で、

通電時間を T_2 (秒) とし、前記抵抗スポット溶接の通電 1 サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、下記 (4) 式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (kA) を前記重ね合せ部に通電し；

前記予熱電流 I (kA) と前記溶接電流 I_0 (kA) とが、下記 (5) 式を満たす；

ことを特徴とする請求項 5 に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5t \times cyc \leq T_1 \leq (5t + 8) \times cyc \quad \dots (3) \text{ 式}$$

$$5t \times cyc \leq T_2 \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (4) \text{ 式}$$

$$0.3I_0 \leq I \leq 0.7I_0 \quad \dots (5) \text{ 式}$$

[請求項 8]

前記抵抗スポット溶接工程では、前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離を D (mm) とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm) とする一方、最も引張強さの高い鋼板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm) とした場合に、下記 (6) 式を満足するように前記抵抗スポット溶接を行い；

前記焼き戻し工程が、後通電により前記焼き戻し領域を形成する後通電工程である；

ことを特徴とする請求項 5 に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$D \leq t^{0.2} \quad \dots (6) \text{ 式}$$

[請求項9]

前記抵抗スポット溶接工程で、

前記抵抗スポット溶接の通電時間を T (秒) とし、前記抵抗スポット溶接の通電1サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、下記 (7) 式を満たすように通電することを特徴とする請求項8に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5t \times cyc \leq T \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (7) \text{ 式}$$

[請求項10]

前記抵抗スポット溶接工程の前に、

通電時間 T_1 (秒) と、通電1サイクルの時間 cyc (秒) と、前記板厚 t (mm) とが下記 (8) 式を満たした上で、予熱電流 I (kA) を前記重ね合せ部に通電する予熱通電工程をさらに備え；

前記抵抗スポット溶接工程で、

通電時間を T_2 (秒) とし、通電1サイクルの時間を cyc (秒) とした場合に、下記 (9) 式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (kA) を前記重ね合せ部に通電し；

前記予熱電流 I (kA) と、前記溶接電流 I_0 (kA) とが下記 (10) 式を満たす；

ことを特徴とする請求項8に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5t \times cyc \leq T_1 \leq (5t + 8) \times cyc \quad \dots (8) \text{ 式}$$

$$5t \times cyc \leq T_2 \leq (5t + 4) \times cyc \quad \dots (9) \text{ 式}$$

$$0.3I_0 \leq I \leq 0.7I_0 \quad \dots (10) \text{ 式}$$

[請求項11]

複数の鋼板部材の重ね合せ部に、ナゲットと、前記ナゲットの周囲に形成される熱影響部と、前記熱影響部内でビッカース硬さが最も低い最軟化部と、を有するスポット溶接部を形成する抵抗スポット溶接工程を備え；

前記抵抗スポット溶接工程では、

前記ナゲットの溶融境界部から前記最軟化部までの距離を D (mm) とし、前記複数の鋼板部材のうち、最も引張強さの高い鋼板部材が単数であればその板厚を t (mm) とする一方、最も引張強さの高い鋼

板部材が複数であればそれらの中で板厚が最も薄い鋼板部材の板厚を t (mm) とした場合に、下記 (11) 式を満足するように前記抵抗スポット溶接を行う；

ことを特徴とする重ね合せ部の溶接方法。

$$D \leq t^{0.2} \quad \dots (11) \text{ 式}$$

[請求項12]

前記抵抗スポット溶接工程で、

前記抵抗スポット溶接の通電時間を T (秒) とし、

前記抵抗スポット溶接の通電1サイクルの時間を $cy c$ (秒) とした場合に、下記 (12) 式を満たすように通電する

ことを特徴とする請求項11に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5 t \times c y c \leq T \leq (5 t + 4) \times c y c \quad \dots (12) \text{ 式}$$

[請求項13]

前記抵抗スポット溶接工程の前に、

通電時間 T_1 (秒) と、通電1サイクルの時間 $cy c$ (秒) と、前記板厚 t (mm) とが下記 (13) 式を満たした上で、予熱電流 I (kA) を前記重ね合せ部に通電する予熱通電工程をさらに備え；

前記抵抗スポット溶接工程で、

通電時間を T_2 (秒) と、通電1サイクルの時間を $cy c$ (秒) とが、下記 (14) 式を満たした上で、チリ発生電流以下の溶接電流 I_0 (kA) を前記重ね合せ部に通電し；

前記予熱電流 I (kA) と、前記溶接電流 I_0 (kA) とが下記 (15) 式を満たす；

ことを特徴とする請求項11に記載の重ね合せ部の溶接方法。

$$5 t \times c y c \leq T_1 \leq (5 t + 8) \times c y c \quad \dots (13)$$

式

$$5 t \times c y c \leq T_2 \leq (5 t + 4) \times c y c \quad \dots (14)$$

式

$$0.3 I_0 \leq I \leq 0.7 I_0 \quad \dots (15) \text{ 式}$$

[請求項14]

複数の鋼板部材の重ね合せ部がスポット溶接部で接合された重ね合

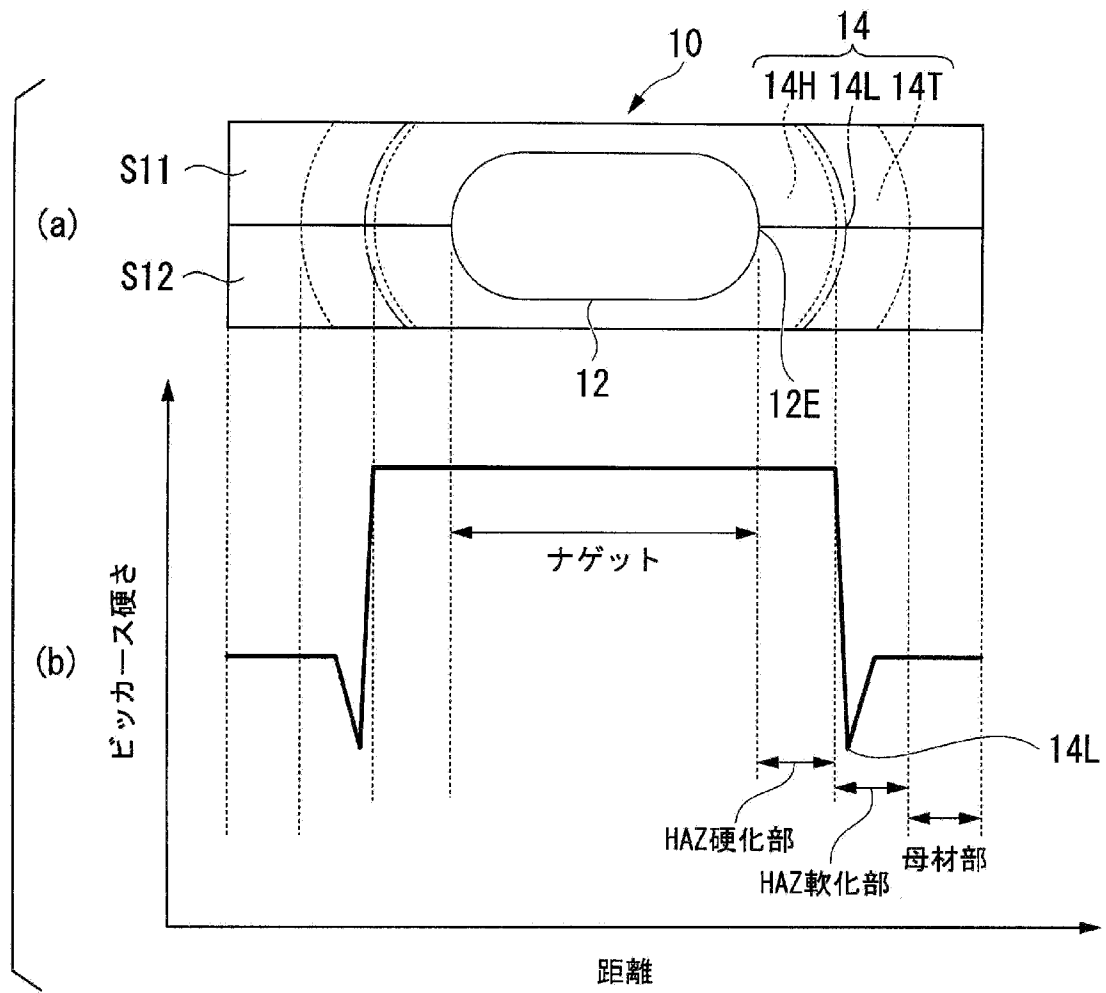
せ溶接部材の製造方法であって、

前記複数の鋼板部材を、前記重ね合せ部の位置で重ね合わせる、重ね合せ工程と；

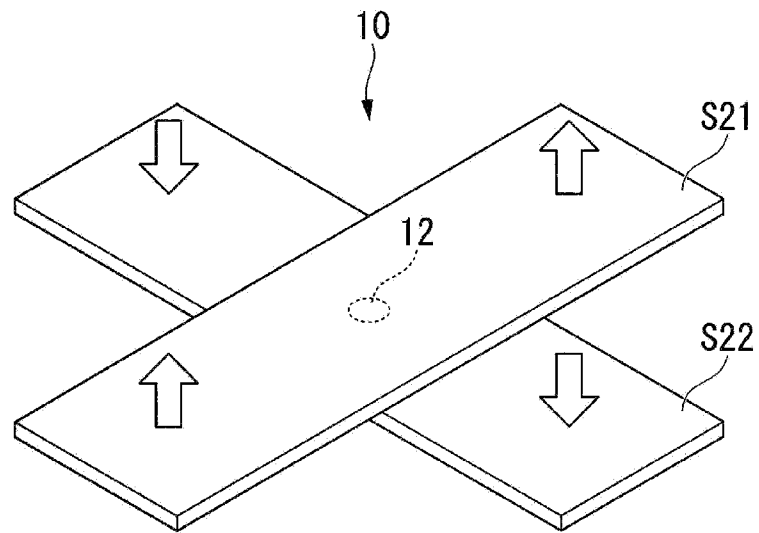
前記重ね合せ部を、請求項5～13のいずれか1項に記載の重ね合せ部の溶接方法により溶接する溶接工程と；

を備えることを特徴とする重ね合せ溶接部材の製造方法。

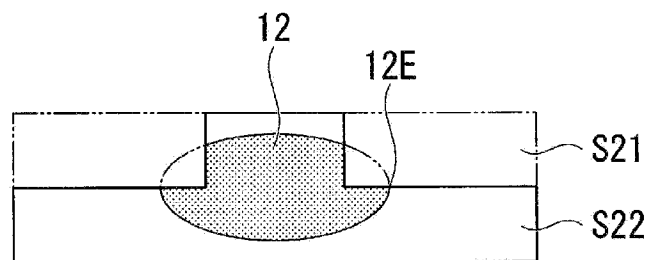
[図1]



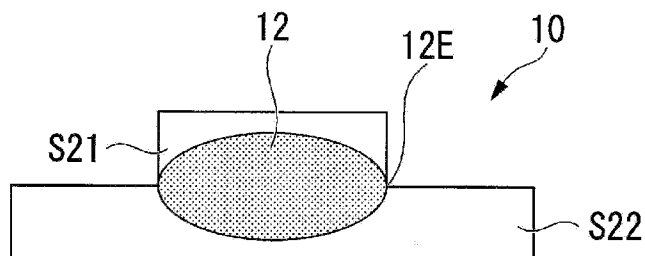
[図2A]



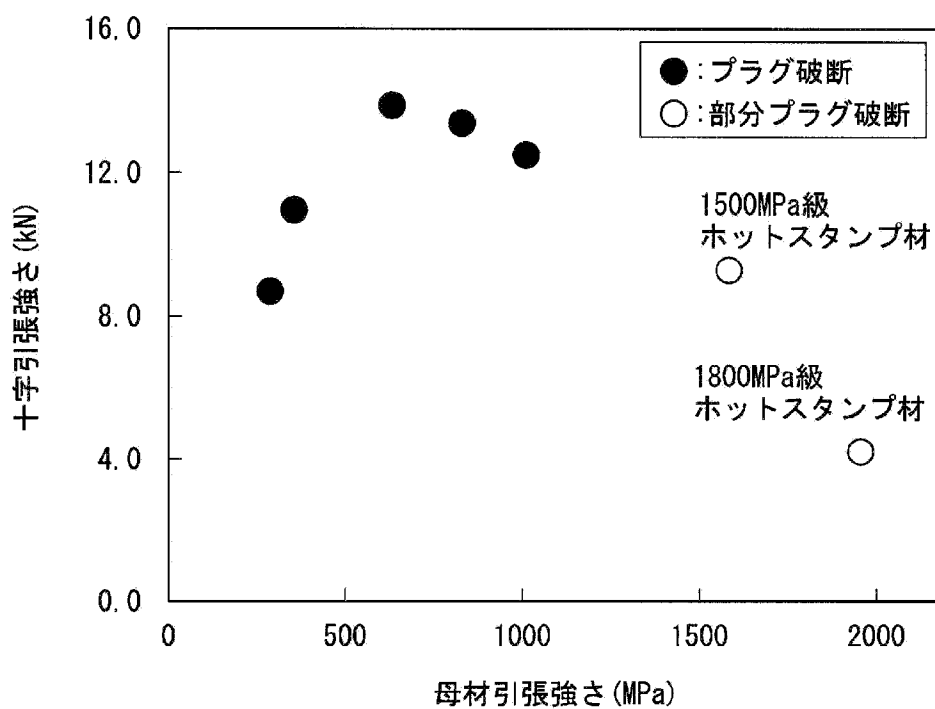
[図2B]



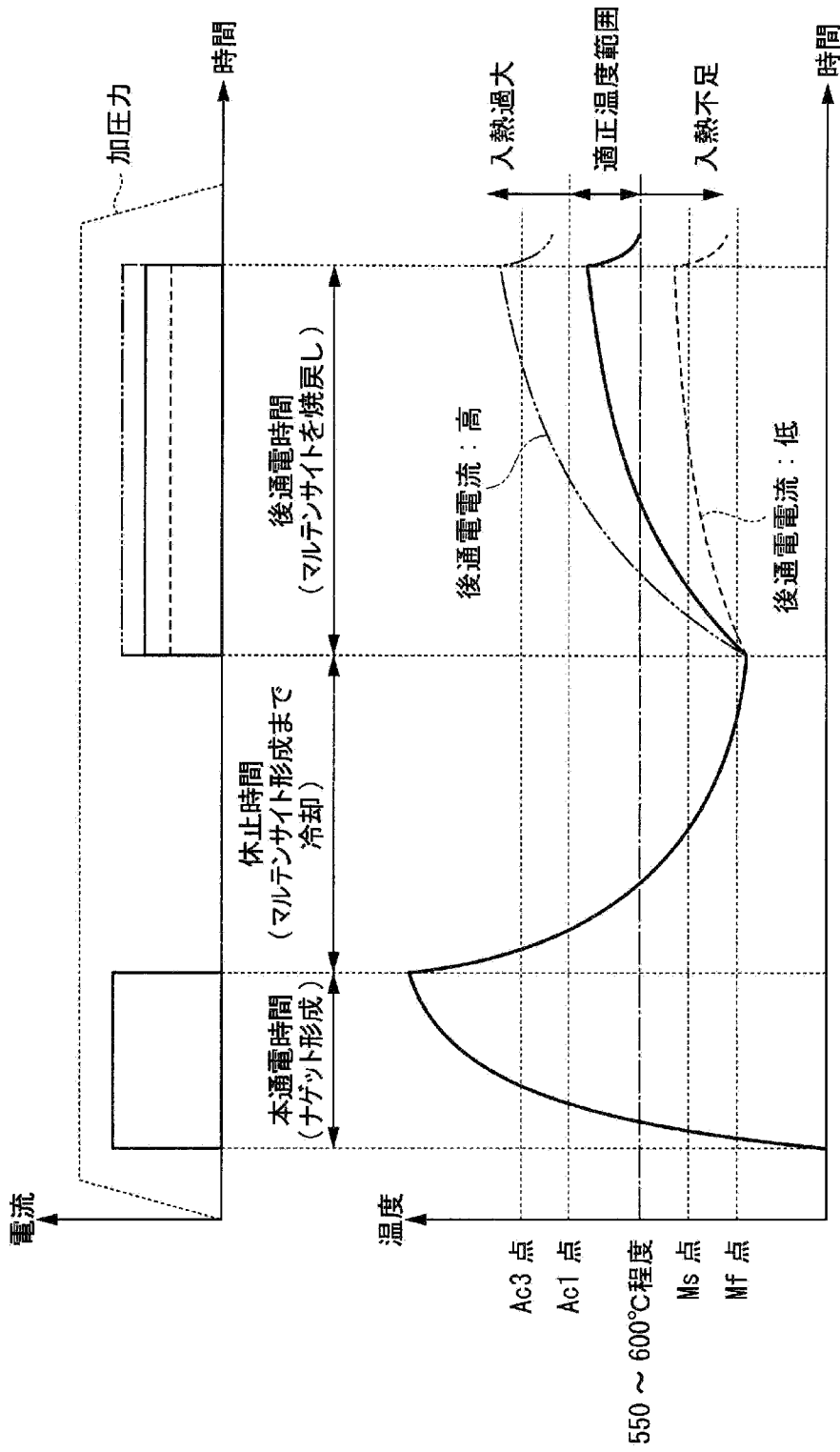
[図2C]



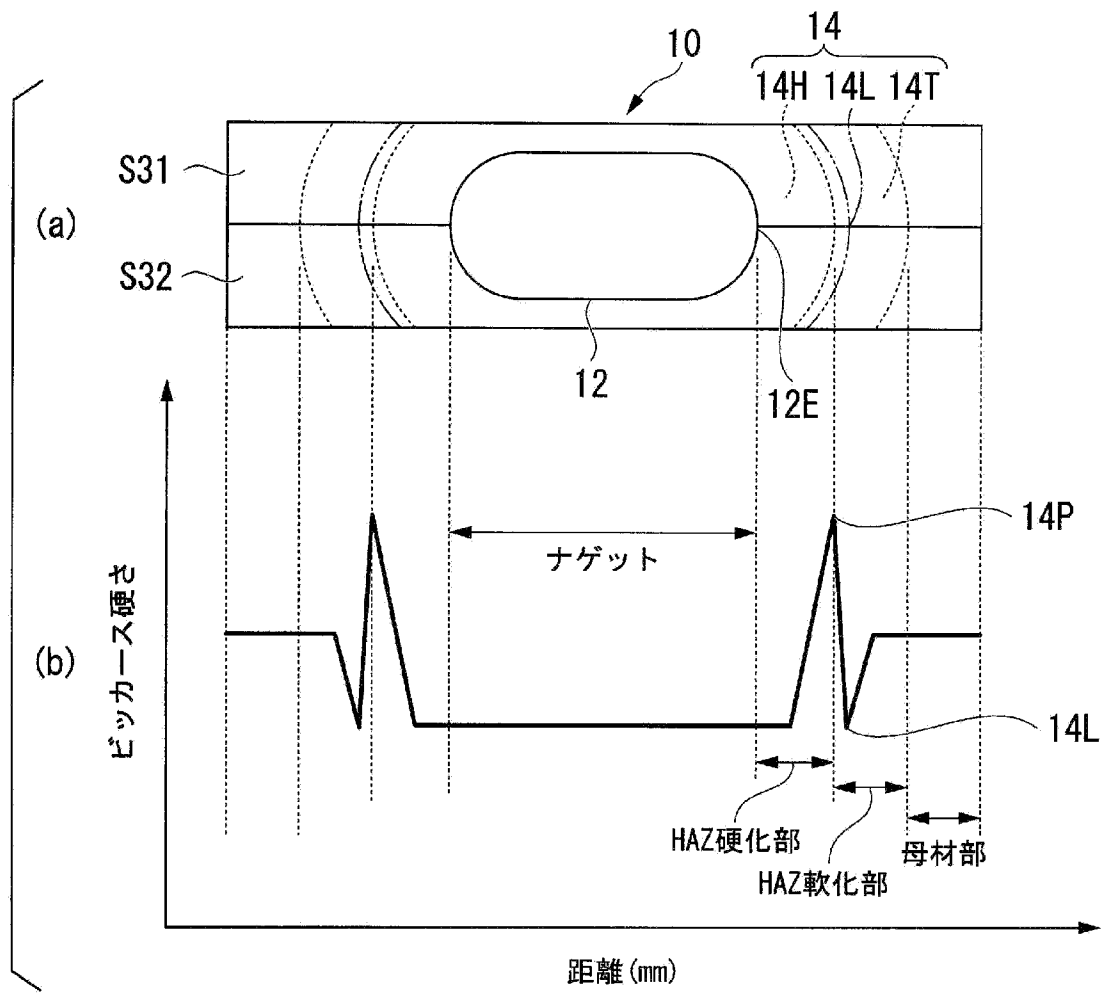
[図2D]



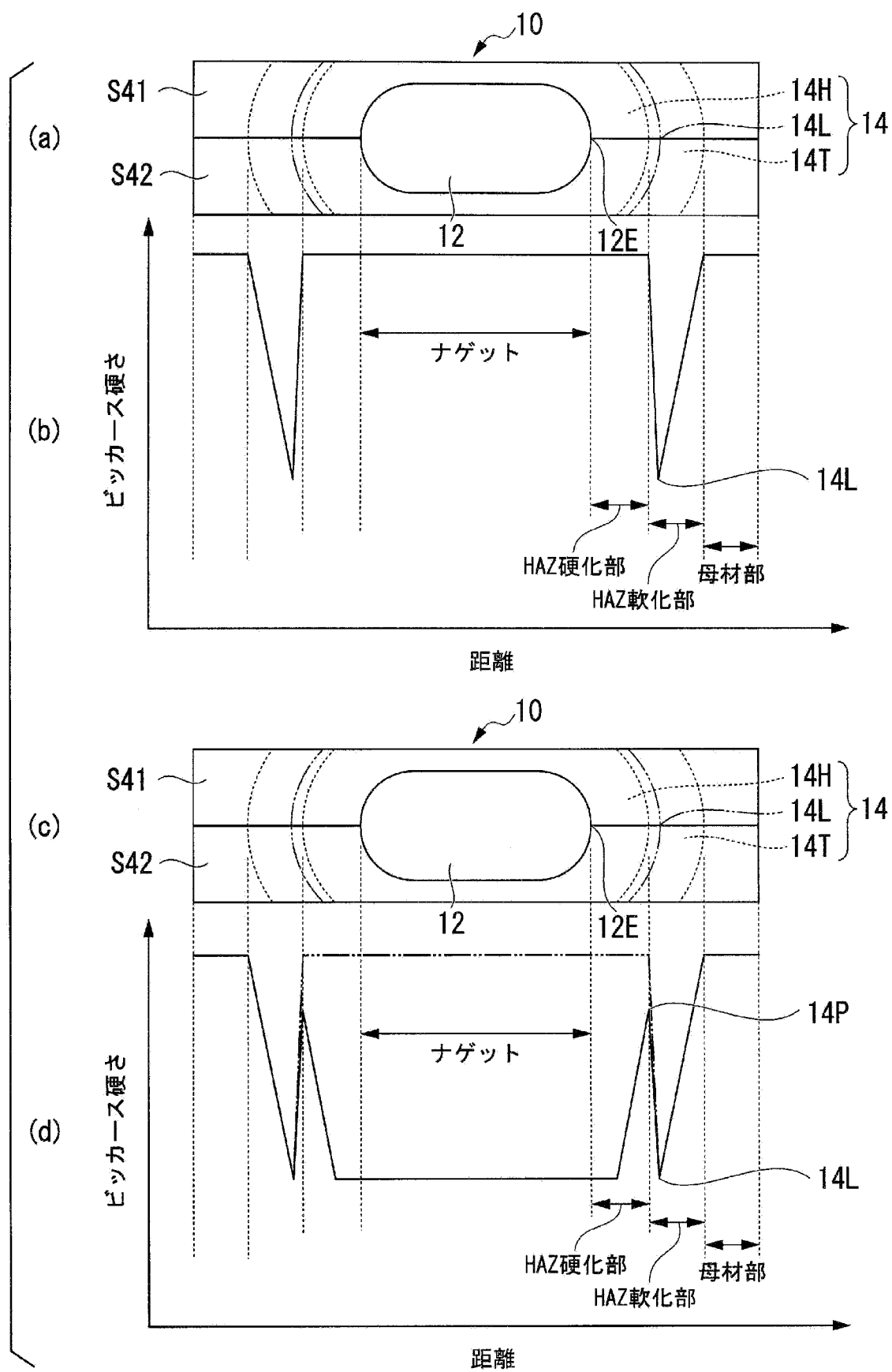
[図3]



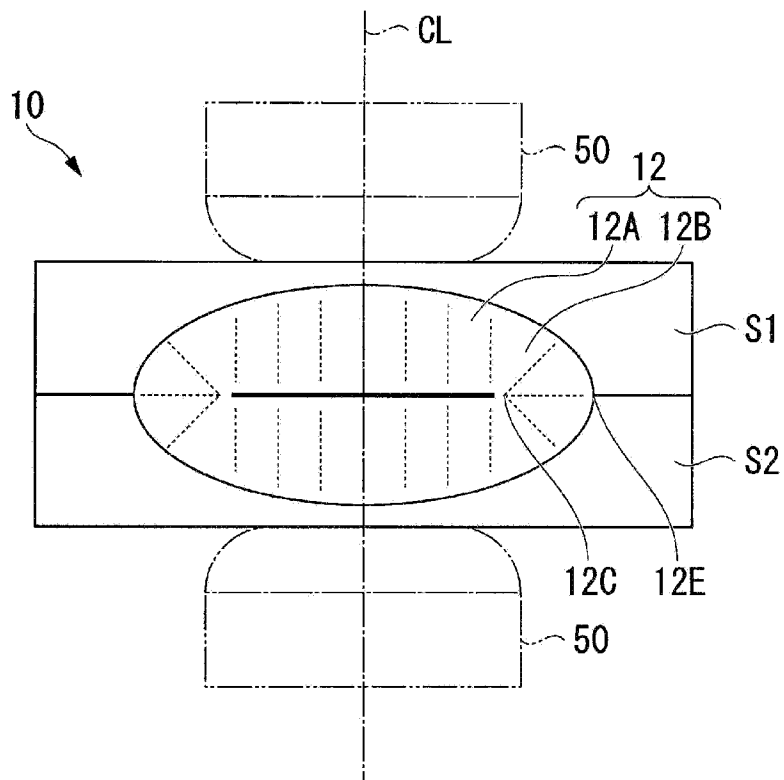
[図4]



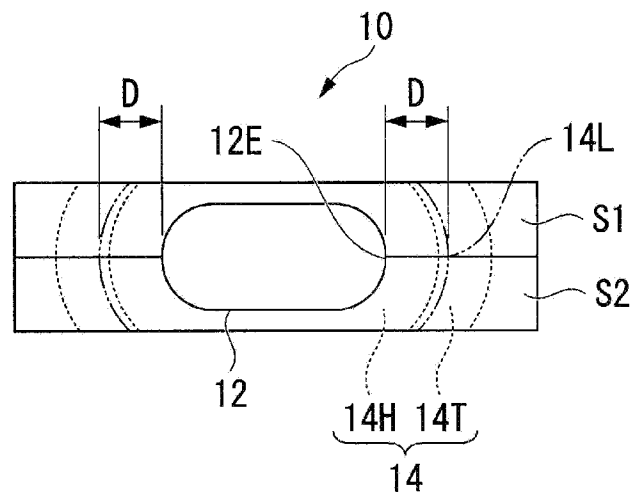
[図5]



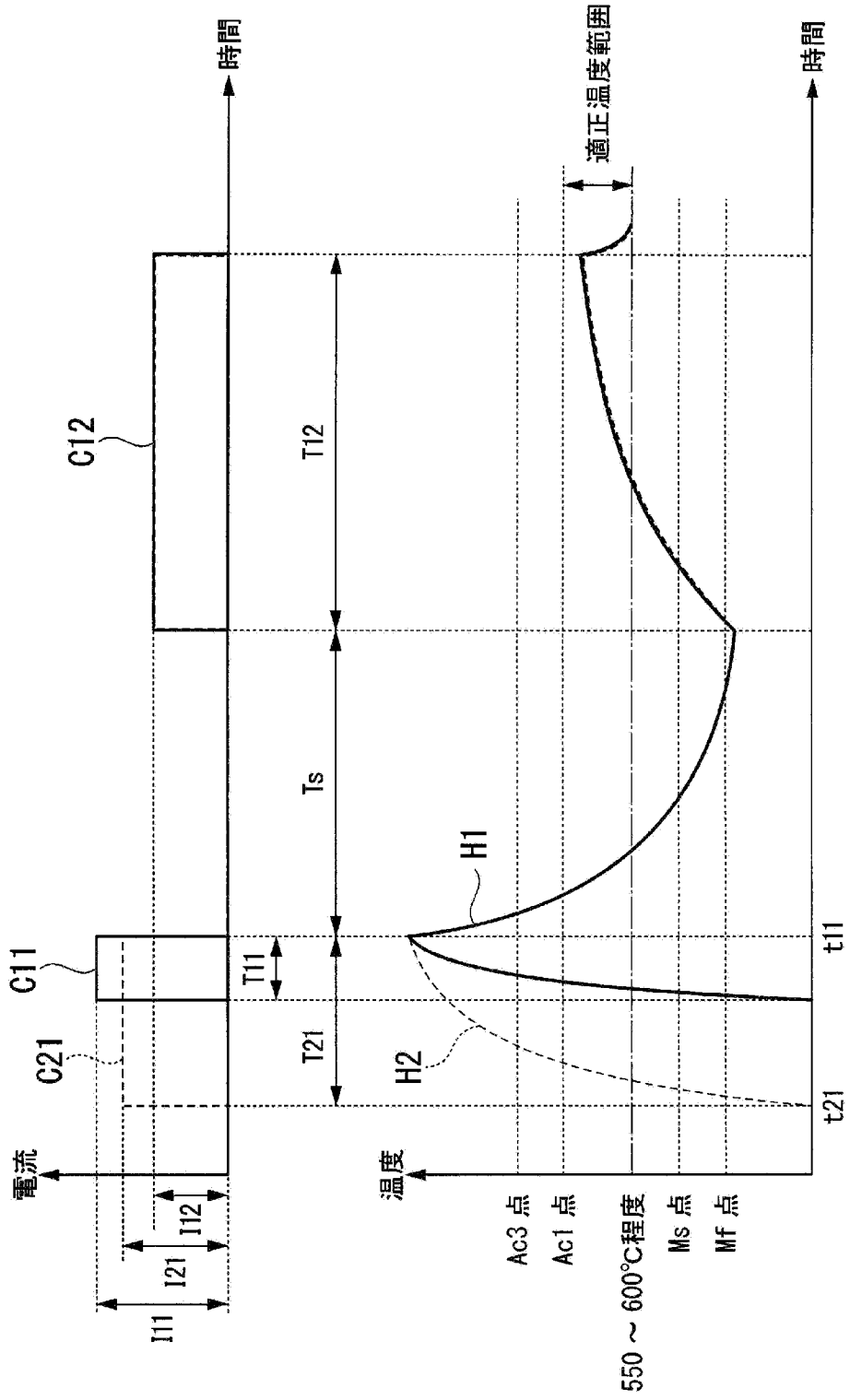
[図6]



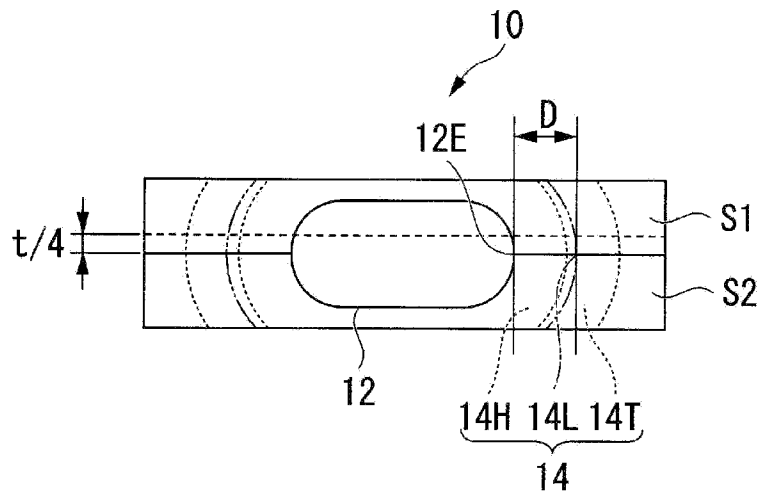
[図7]



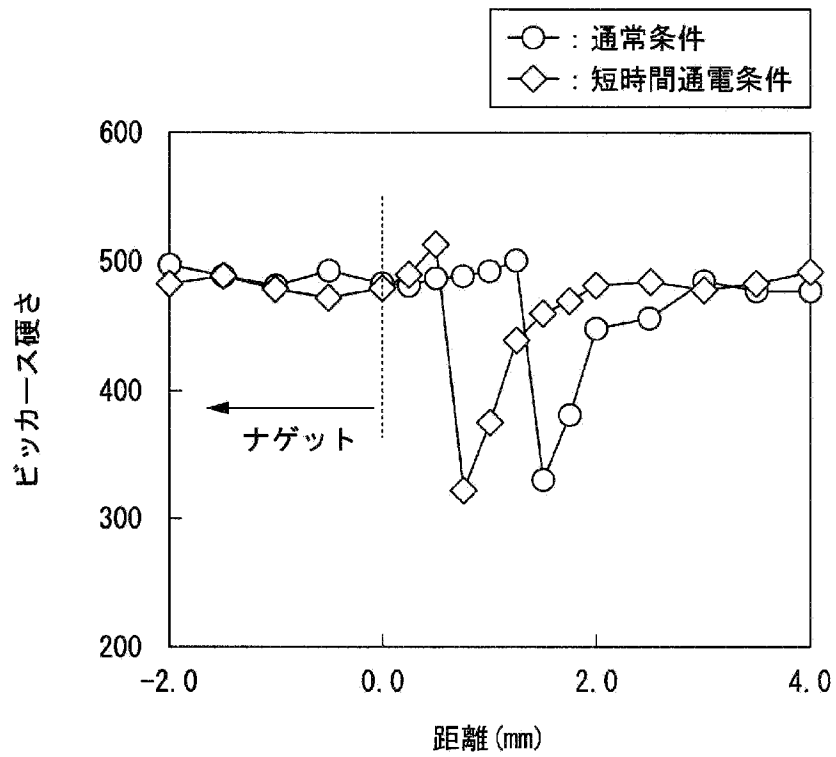
[圖8]



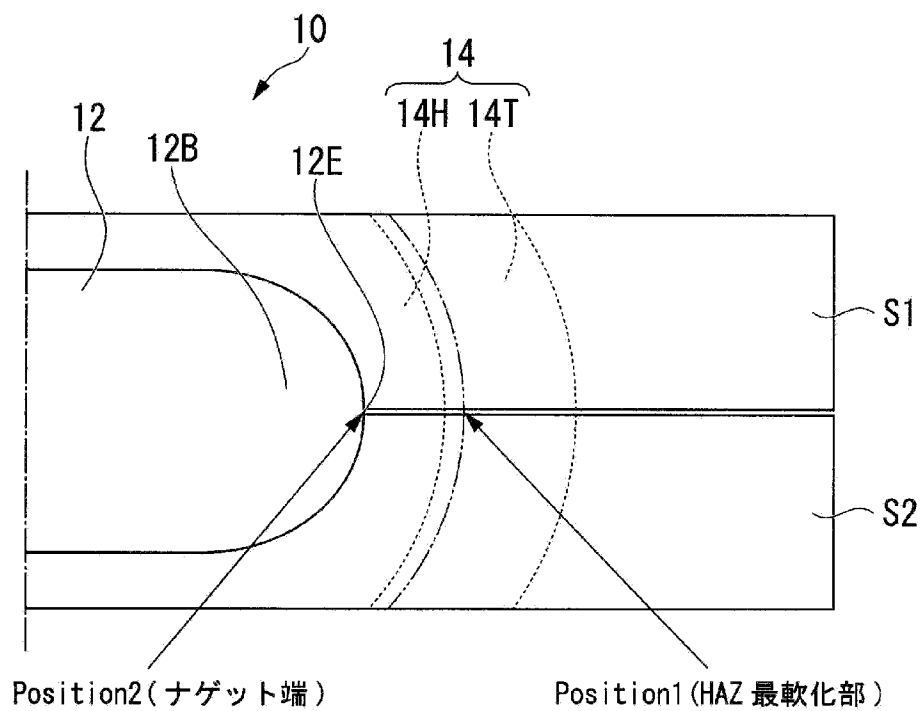
[図9A]



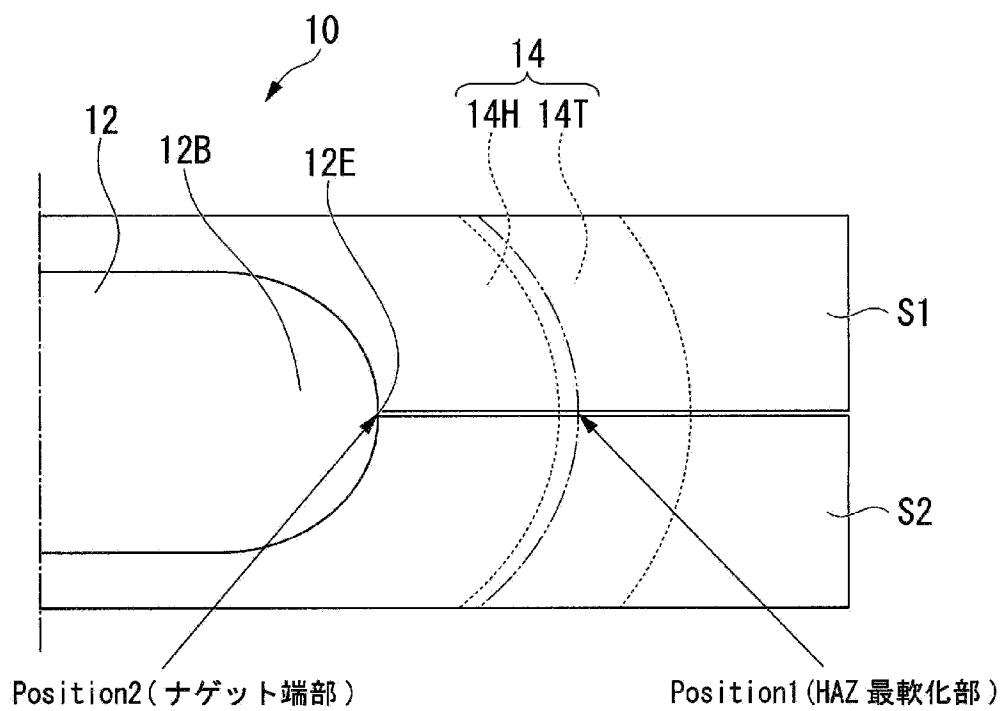
[図9B]



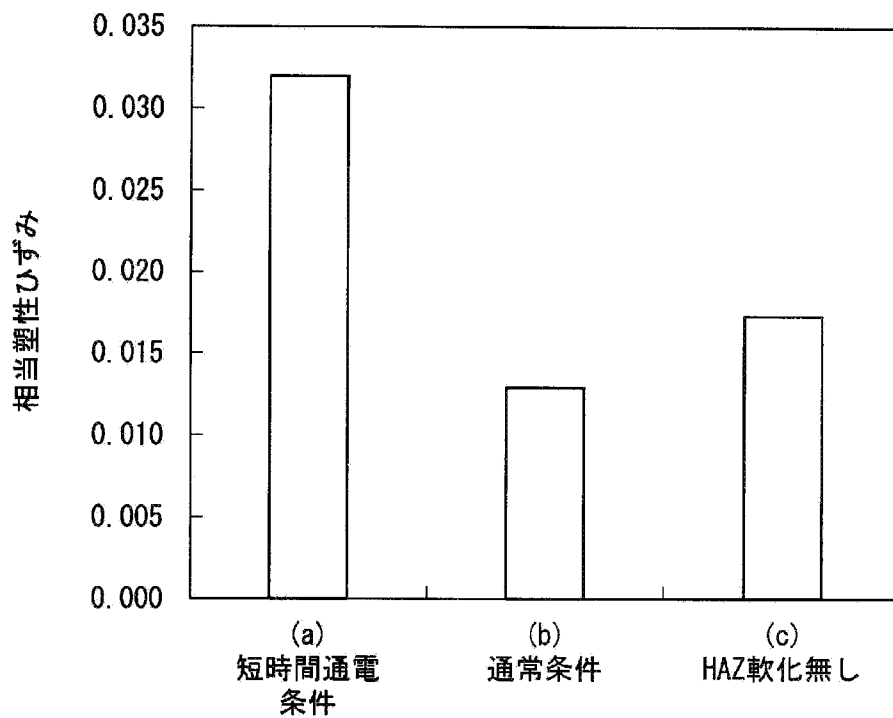
[図10A]



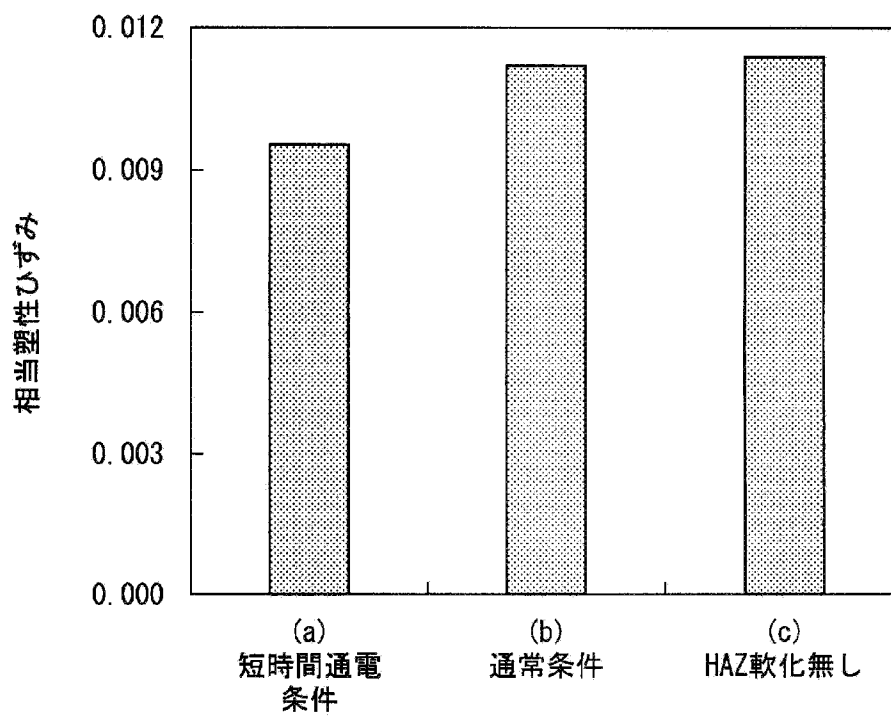
[図10B]



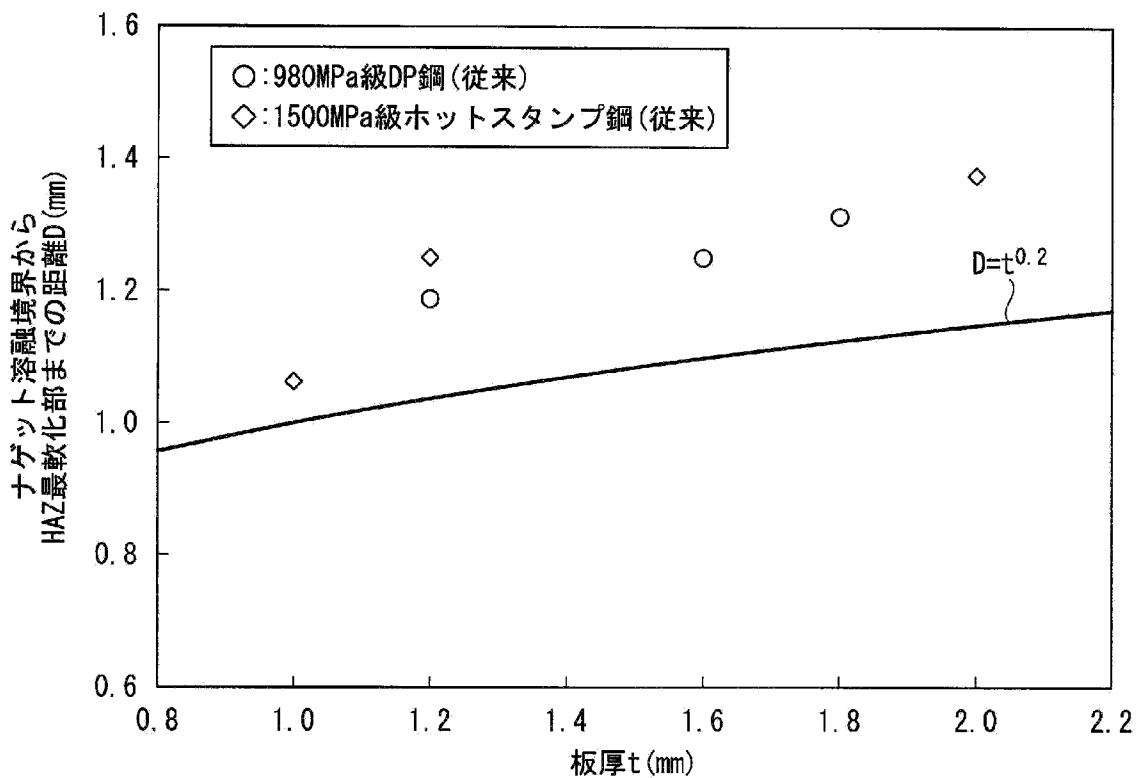
[図11]



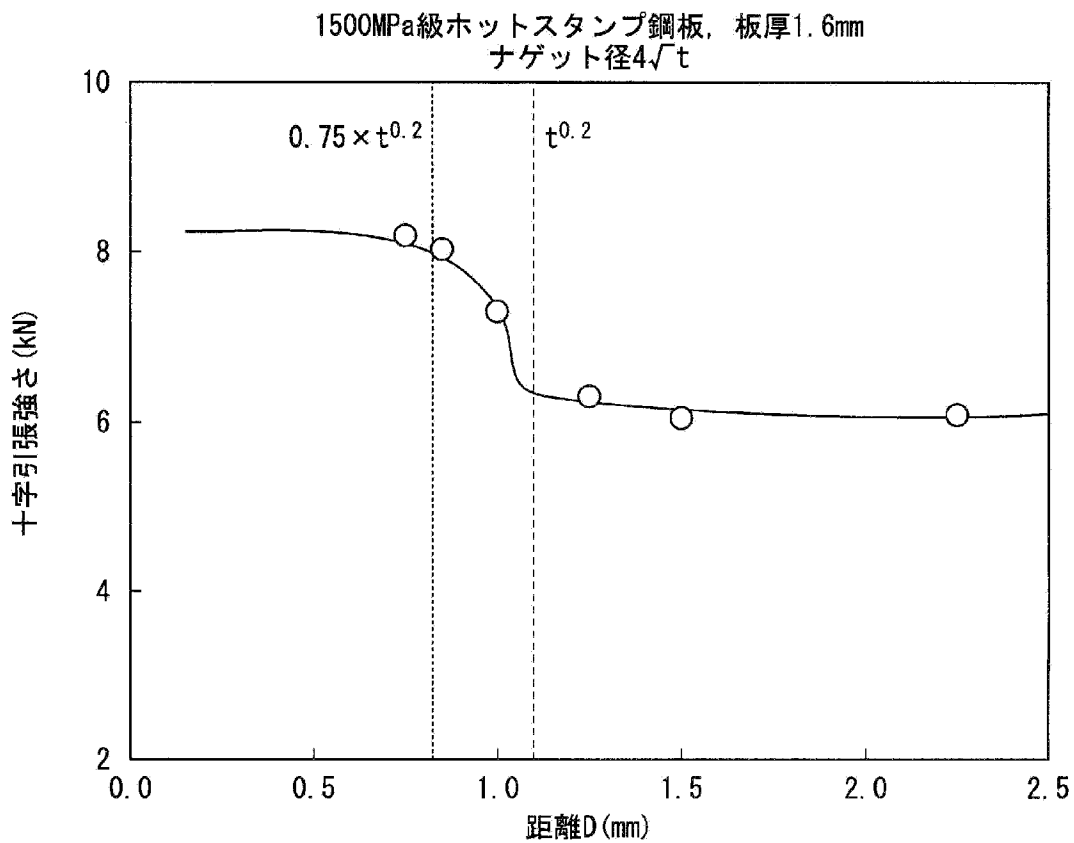
[図12]



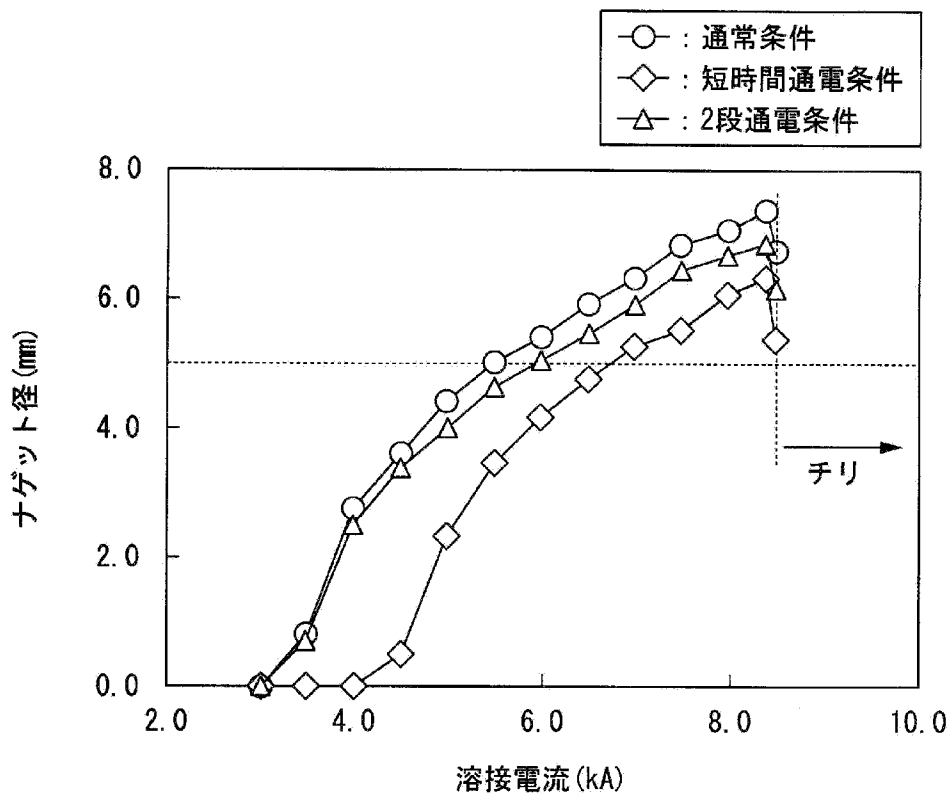
[図13A]



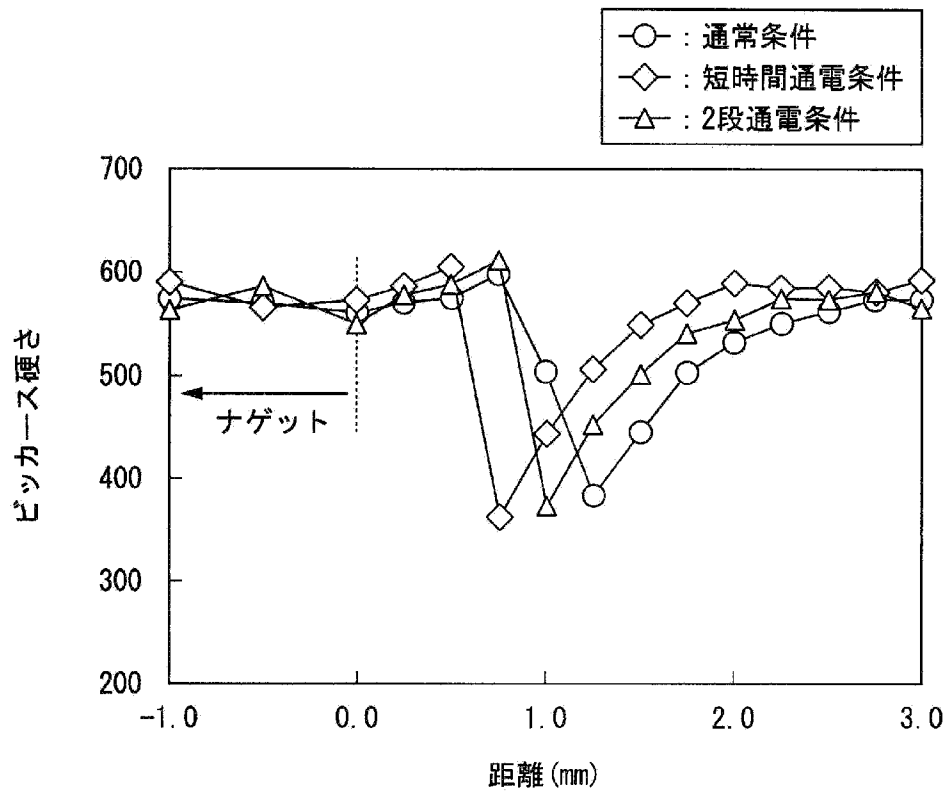
[図13B]



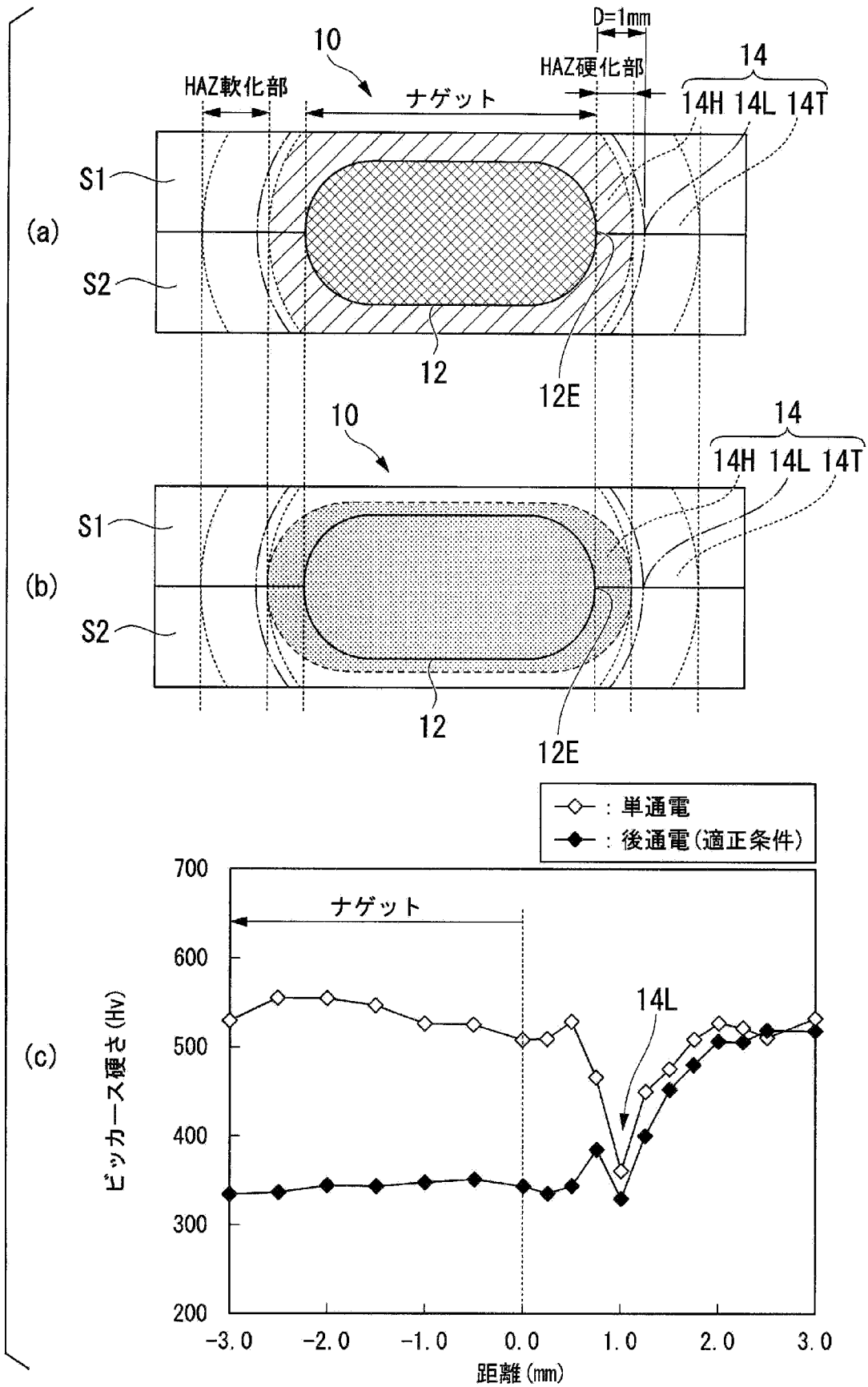
[図14]



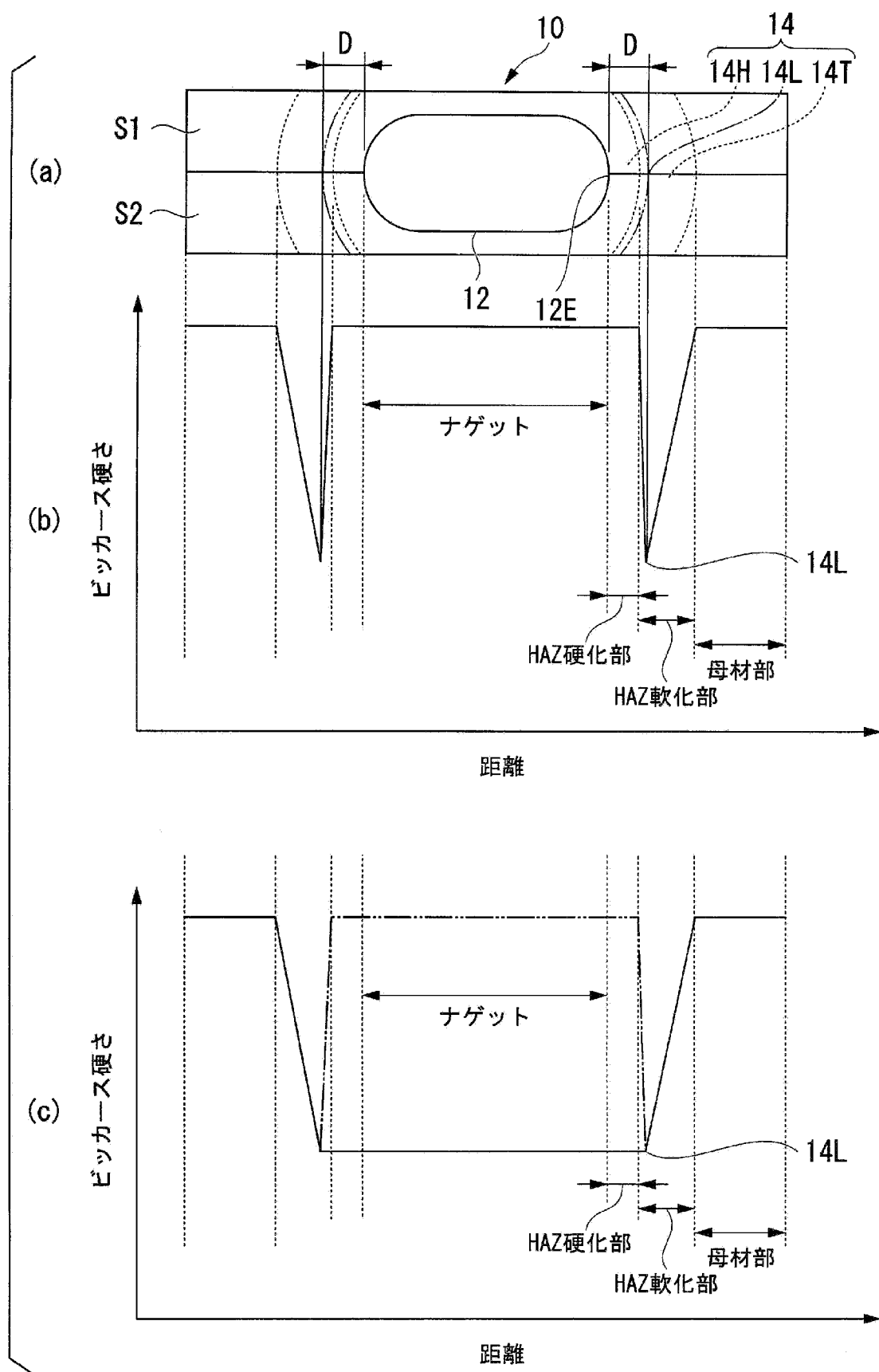
[図15]



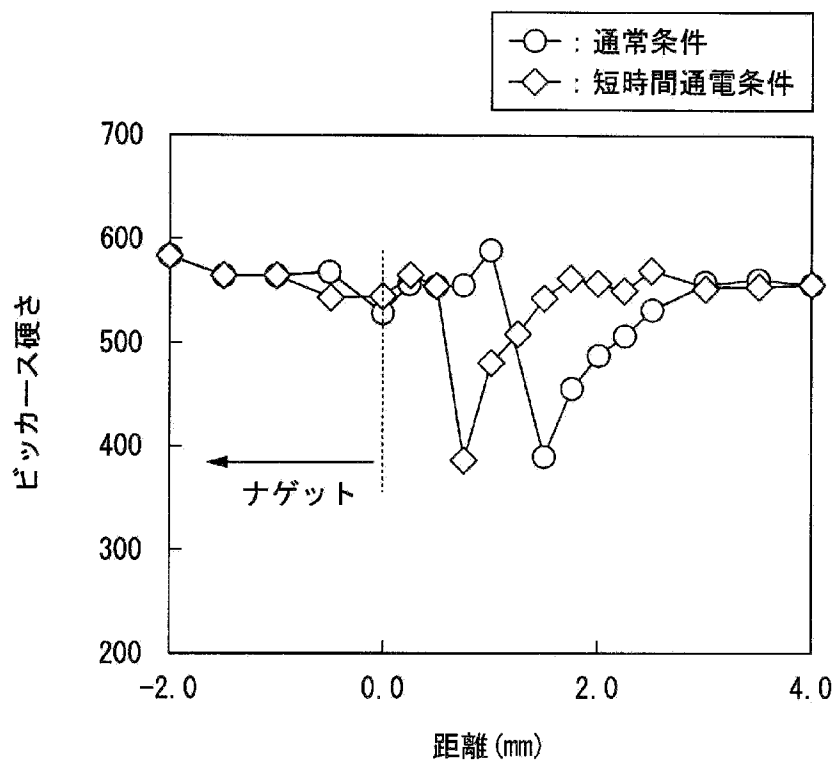
[図16]



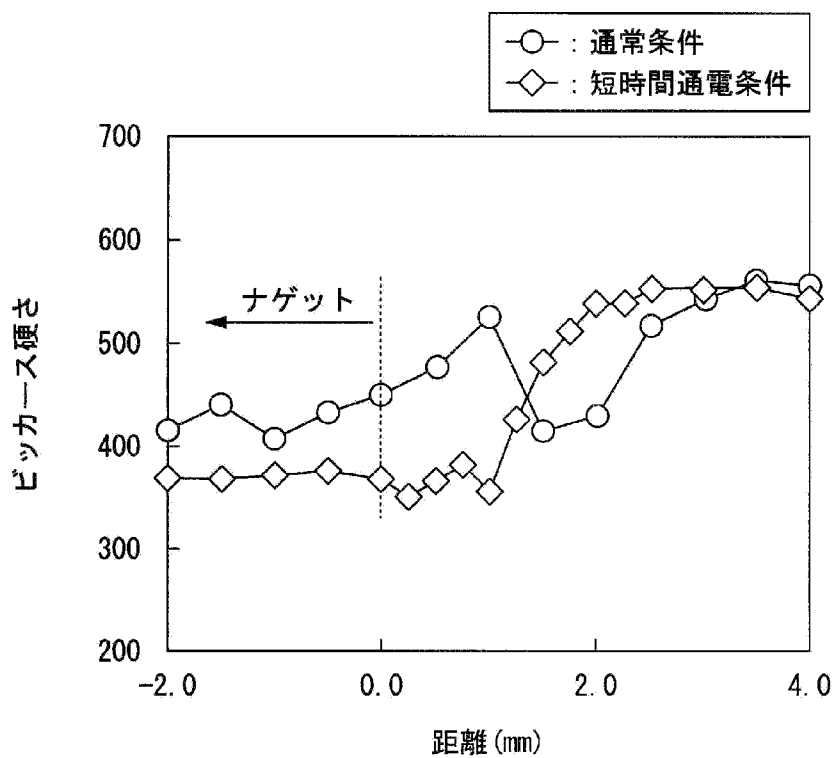
[図17]



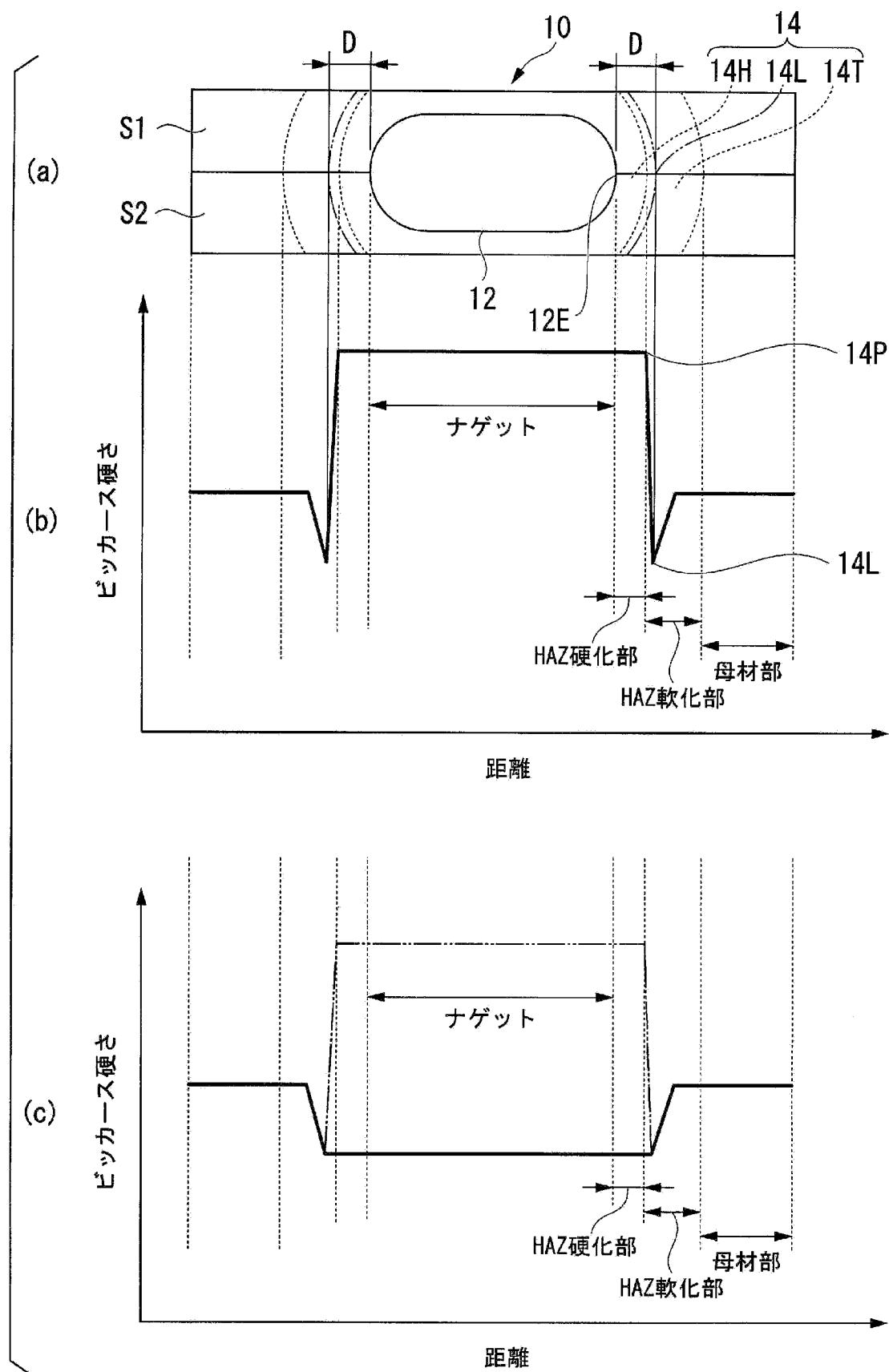
[図18]



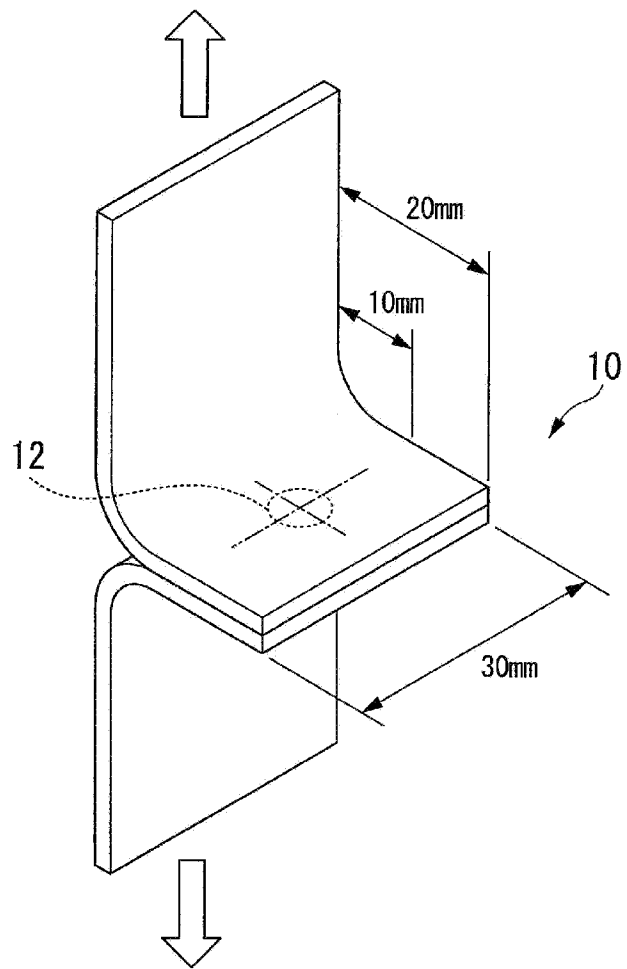
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K11/16(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/36(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K11/16, B23K11/11, B23K11/36

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	WO 2011/013793 A1 (Netsuren Co., Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), entire text; all drawings & US 2012/0129006 A1 & EP 2460613 A1 & CN 102596481 A	1-14
A	WO 2011/025015 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 03 March 2011 (03.03.2011), entire text; all drawings & US 2012/0141829 A1 & MX 2012002346 A & CN 102625740 A & KR 10-2012-0038512 A	1-14
A	JP 2009-001839 A (Kobe Steel, Ltd.), 08 January 2009 (08.01.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

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
03 October, 2013 (03.10.13)

Date of mailing of the international search report
15 October, 2013 (15.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B23K11/16(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B23K11/16, B23K11/11, B23K11/36

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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	WO 2011/013793 A1（高周波熱錬株式会社）2011.02.03, 全文、全図 & US 2012/0129006 A1 & EP 2460613 A1 & CN 102596481 A	1-14
A	WO 2011/025015 A1（新日鐵住金株式会社）2011.03.03, 全文、全図 & US 2012/0141829 A1 & MX 2012002346 A & CN 102625740 A & KR 10-2012-0038512 A	1-14
A	JP 2009-001839 A（株式会社神戸製鋼所）2009.01.08, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-14

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	の日の後に公表された文献
「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	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 03.10.2013	国際調査報告の発送日 15.10.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 青木 正博 電話番号 03-3581-1101 内線 3364