(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7560006号
(P7560006)

(45)発行日　令和6年10月2日(2024.10.2)

(24)登録日　令和6年9月24日(2024.9.24)

(51)国際特許分類

Ｂ２３Ｋ　11/14　(2006.01)	Ｂ２３Ｋ	11/14	３１０
Ｂ２３Ｋ　11/16　(2006.01)	Ｂ２３Ｋ	11/16	
Ｂ２３Ｋ　11/24　(2006.01)	Ｂ２３Ｋ	11/24	３１５
Ｃ２２Ｃ　38/00　(2006.01)	Ｃ２２Ｃ	38/00	３０１Ｒ
Ｃ２２Ｃ　38/60　(2006.01)	Ｃ２２Ｃ	38/00	３０１Ｔ

ＦＩ

請求項の数　2　（全20頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2024-542407(P2024-542407)
(86)(22)出願日　令和6年4月24日(2024.4.24)
(86)国際出願番号　PCT/JP2024/016151
審査請求日　令和6年7月17日(2024.7.17)
(31)優先権主張番号　特願2023-71102(P2023-71102)
(32)優先日　令和5年4月24日(2023.4.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　100147485
弁理士　杉村 憲司
(74)代理人　230118913
弁護士　杉村 光嗣
(74)代理人　100165696
弁理士　川原 敬祐
(72)発明者　遠藤 玲子
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　▲高▼島 克利
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
ＪＦＥスチール株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　プロジェクション溶接継手及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

鋼板と、突起部を有するナットと、が前記突起部を介してプロジェクション溶接されてなるプロジェクション溶接継手であって、

前記鋼板が、質量％で、

Ｃ　：０．０５～０．５０％、

Ｓｉ：０．１～２．０％、

Ｍｎ：１．５～４．０％、

Ｐ　：０．１０％以下、

Ｓ　：０．００５％以下、

Ｎ　：０．０１０％以下、及び

Ｏ　：０．０３０％以下

を含み、さらに任意で、

Ａｌ：２．００％以下、

Ｂ　：０．００５０％以下、

Ｃａ：０．００５％以下、

Ｃｒ：１．００％以下、

Ｃｕ：０．８０％以下、

Ｎｉ：１．００％以下、

Ｍｏ：１．００％以下、

Ｔｉ：０．２００％以下、
Ｖ　：０．５００％以下、
Ｎｂ：０．０８０％以下、
Ｓｂ：０．２００％以下、及び
Ｓｎ：０．２００％以下
からなる群から選択される少なくとも一つの元素を含み、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる成分組成を有し、
前記鋼板における以下の定義に従う領域ｃの最小硬さＨｖｃ（ＨＶ）と、前記鋼板の母材硬さＨｖｍ（ＨＶ）とが、以下の式（１）を満足する、プロジェクション溶接継手。
Ｈｖｃ／Ｈｖｍ≦０．８５　　・・・（１）
前記領域ｃは、前記プロジェクション溶接継手の、前記ナットの中心線を含み、かつ、前記鋼板と前記ナットとの接合部の中心を通る断面において、以下のように特定する。前記ナットの前記鋼板と接する内周面側の端点をＡ、外周面側の端点をＢ、前記断面における鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）として、点Ａから前記鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した前記鋼板の内部の点をそれぞれＡ１及びＡ２とし、点Ｂから前記鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した前記鋼板の内部の点をそれぞれＢ１及びＢ２として、点Ａ１、点Ｂ１、点Ｂ２、及び点Ａ２を結んで形成される長方形の内部を前記領域ｃとする。
【請求項２】
鋼板と、突起部を有するナットと、を前記突起部を介してプロジェクション溶接して、プロジェクション溶接継手を製造する方法であって、
前記鋼板が、質量％で、
Ｃ　：０．０５～０．５０％、
Ｓｉ：０．１～２．０％、
Ｍｎ：１．５～４．０％、
Ｐ　：０．１０％以下、
Ｓ　：０．００５％以下、
Ｎ　：０．０１０％以下、及び
Ｏ　：０．０３０％以下
を含み、さらに任意で、
Ａｌ：２．００％以下、
Ｂ　：０．００５０％以下、
Ｃａ：０．００５％以下、
Ｃｒ：１．００％以下、
Ｃｕ：０．８０％以下、
Ｎｉ：１．００％以下、
Ｍｏ：１．００％以下、
Ｔｉ：０．２００％以下、
Ｖ　：０．５００％以下、
Ｎｂ：０．０８０％以下、
Ｓｂ：０．２００％以下、及び
Ｓｎ：０．２００％以下
からなる群から選択される少なくとも一つの元素を含み、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる成分組成を有し、
前記プロジェクション溶接が、
電流値I_1（ｋＡ）で通電時間t_1（ｍｓ）の間通電して、前記鋼板と前記ナットとの接合部を形成する主通電工程と、
以下の式（２）を満たす非通電時間t_{c1}（ｍｓ）の非通電期間を設ける非通電工程と、
以下の式（３）を満たす電流値I_2（ｋＡ）で、以下の式（４）を満たす通電時間t_2（ｍｓ）の間通電する第１の後通電工程と、

以下の式（５）を満たす電流値I_3（ｋＡ）で、以下の式（６）を満たす通電時間t_3（ｍｓ）の間通電する第２の後通電工程と、
を有するプロジェクション溶接継手の製造方法。

$$800 < t_{c1} \quad \cdots (2)$$

$$1.10I_1 \leqq I_2 \leqq 1.80I_1 \quad \cdots (3)$$

$$50 \leqq t_2 \leqq 200 \quad \cdots (4)$$

$$I_3 \leqq 0.70I_2 \quad \cdots (5)$$

$$300 \leqq t_3 \leqq 1000 \quad \cdots (6)$$

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、鋼板と突起部を有するナットとが当該突起部を介してプロジェクション溶接されてなるプロジェクション溶接継手及びその製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、自動車車体には、燃費改善のための軽量化及び衝突安全性の確保の観点から、種々の高強度鋼板（ハイテン）の適用が進められてきた。また、自動車組立工程において、抵抗スポット溶接が使用できない場合は、アーク溶接やボルト締結が使用されている。さらに、ボルト締結は、鋼板とアルミ等の異種材料との接合においても多く使用されている。ボルト締結では、プロジェクション部（突起部）を有するナットと、鋼板とをプロジェクション溶接（抵抗溶接）し、その後に他の板をボルトで締結して組み立てを行う。
【０００３】
プロジェクション溶接の品質保証の一つとして、押し込み剥離強度（単に剥離強度とも言う）が挙げられる。近年の鋼板の高強度化に伴い、鋼板とナットとの接合部が脆化しやすくなるため剥離強度を確保することが難しくなるという課題がある。さらに、鋼板の高強度化に伴い、遅れ破壊、すなわち水素脆化感受性が高くなることも課題となっている。また、鋼板表面の防錆油やめっき層などの影響により、溶接部に水素が取り込まれ、遅れ破壊が生じやすくなるという課題もあった。
【０００４】
特許文献１には、接合部とナット又はボルトの呼び径部との面積比率が所定の関係を満たし、接合部及び熱影響部の硬さの最大値が５５０ＨＶ以下であるプロジェクション溶接継手が記載されている。さらに、特許文献１には、プロジェクション溶接の際に加圧力を上げることで高い接合強度が得られることが報告されている。また、特許文献２には、プロジェクション溶接後に溶接時の電流値よりも低い電流値で後通電を行い接合部の焼戻しを行うことで、高い接合強度が得られることが報告されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【文献】特開２０１２－１５７９００号公報
【文献】特開２０１３－７８７８４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかしながら、従来の方法では、高強度鋼板をプロジェクション溶接する場合に、剥離強度の低下や遅れ破壊が発生する課題があり、改善の余地があった。
【０００７】
上記課題を鑑みて、本発明は、剥離強度及び耐遅れ破壊特性を向上させた、プロジェクション溶接継手及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】
【０００８】

本発明者らは、上記課題を解決するべく鋭意検討した結果、以下の知見を得た。高強度鋼板は、従来の鋼板よりも炭素含有量が高く接合部が脆化しやすいため、プロジェクション溶接継手の剥離強度が低下する。高強度鋼板を用いたプロジェクション溶接継手の剥離強度を向上させるためには、溶接するナットと鋼板との接合面を軟化させることで応力集中を緩和することが有効である。また、遅れ破壊は、破壊起点となる接合部の硬さや、接合部に存在する偏析や介在物の影響が一因となる。そのため、遅れ破壊を抑制するためには、接合部の硬化を防ぐこと、及び残留応力を減らすことが有効である。特に、鋼板のナットとの境界付近及び接合部の一部を含む領域を領域ｃとして、領域ｃの硬度を低下させることにより、耐遅れ破壊特性を向上させることができる。これは、領域ｃの硬度を軟化させることで、領域ｃの靭性が向上し、さらに残留応力が低減することにより、遅れ破壊が生じにくくなるためである。

【０００９】

すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

【００１０】

［１］鋼板と、突起部を有するナットと、が前記突起部を介してプロジェクション溶接されてなるプロジェクション溶接継手であって、

前記鋼板が、質量％で、

Ｃ　：０．０５～０．５０％、
Ｓｉ：０．１～２．０％、
Ｍｎ：１．５～４．０％、
Ｐ　：０．１０％以下、
Ｓ　：０．００５％以下、
Ｎ　：０．０１０％以下、及び
Ｏ　：０．０３０％以下

を含み、さらに任意で、

Ａｌ：２．００％以下、
Ｂ　：０．００５０％以下、
Ｃａ：０．００５％以下、
Ｃｒ：１．００％以下、
Ｃｕ：０．８０％以下、
Ｎｉ：１．００％以下、
Ｍｏ：１．００％以下、
Ｔｉ：０．２００％以下、
Ｖ　：０．５００％以下、
Ｎｂ：０．０８０％以下、
Ｓｂ：０．２００％以下、及び
Ｓｎ：０．２００％以下

からなる群から選択される少なくとも一つの元素を含み、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる成分組成を有し、

前記鋼板における以下の定義に従う領域ｃの最小硬さＨｖｃ（ＨＶ）と、前記鋼板の母材硬さＨｖｍ（ＨＶ）とが、以下の式（１）を満足する、プロジェクション溶接継手。

Ｈｖｃ／Ｈｖｍ≦０．８５　　・・・（１）

前記領域ｃは、前記プロジェクション溶接継手の、前記ナットの中心線を含み、かつ、前記鋼板と前記ナットとの接合部の中心を通る断面において、以下のように特定する。前記ナットの前記鋼板と接する内周面側の端点をＡ、外周面側の端点をＢ、前記断面における鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）として、点Ａから前記鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した前記鋼板の内部の点をそれぞれＡ１及びＡ２とし、点Ｂから前記鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した前記鋼板の内部の点をそれぞれＢ１及びＢ２として、点Ａ１、点Ｂ１、点Ｂ２、及び点Ａ２を結んで形成される長方形の内部を前記領域ｃとする。

【００１１】
［２］鋼板と、突起部を有するナットと、を前記突起部を介してプロジェクション溶接して、プロジェクション溶接継手を製造する方法であって、
前記鋼板が、質量％で、
Ｃ　：０．０５～０．５０％、
Ｓｉ：０．１～２．０％、
Ｍｎ：１．５～４．０％、
Ｐ　：０．１０％以下、
Ｓ　：０．００５％以下、
Ｎ　：０．０１０％以下、及び
Ｏ　：０．０３０％以下
を含み、さらに任意で、
Ａｌ：２．００％以下、
Ｂ　：０．００５０％以下、
Ｃａ：０．００５％以下、
Ｃｒ：１．００％以下、
Ｃｕ：０．８０％以下、
Ｎｉ：１．００％以下、
Ｍｏ：１．００％以下、
Ｔｉ：０．２００％以下、
Ｖ　：０．５００％以下、
Ｎｂ：０．０８０％以下、
Ｓｂ：０．２００％以下、及び
Ｓｎ：０．２００％以下
からなる群から選択される少なくとも一つの元素を含み、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる成分組成を有し、
前記プロジェクション溶接が、
電流値I_1（ｋＡ）で通電時間t_1（ｍｓ）の間通電して、前記鋼板と前記ナットとの接合部を形成する主通電工程と、
以下の式（２）を満たす非通電時間t_{c1}（ｍｓ）の非通電期間を設ける非通電工程と、
以下の式（３）を満たす電流値I_2（ｋＡ）で、以下の式（４）を満たす通電時間t_2（ｍｓ）の間通電する第１の後通電工程と、
以下の式（５）を満たす電流値I_3（ｋＡ）で、以下の式（６）を満たす通電時間t_3（ｍｓ）の間通電する第２の後通電工程と、
を有するプロジェクション溶接継手の製造方法。

$$800 < t_{c1} \quad \cdots (2)$$

$$1.10I_1 \leqq I_2 \leqq 1.80I_1 \quad \cdots (3)$$

$$50 \leqq t_2 \leqq 200 \quad \cdots (4)$$

$$I_3 \leqq 0.70I_2 \quad \cdots (5)$$

$$300 \leqq t_3 \leqq 1000 \quad \cdots (6)$$

【発明の効果】
【００１２】
本発明は、剥離強度及び耐遅れ破壊特性を向上させたプロジェクション溶接継手を提供できる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】本発明の一実施形態で用いるナットの、中心線を含む断面図である。
【図２】本発明の一実施形態に係るプロジェクション溶接継手の、ナットの中心線を含み、かつ、鋼板とナットとの接合部の中心を通る部分断面図である。
【図３】本発明の一実施形態で用いる（ａ）突起部が３つ設けられているナット、（ｂ）

突起部が４つ設けられているナットの上面図である。
【図４】本発明の一実施形態に係るプロジェクション溶接継手の断面の、領域ｃ及び領域ｃにおける硬さ計測点を示した図である。
【図５】本発明の一実施形態に係るプロジェクション溶接継手の断面の、母材硬さＨｖｍの測定領域３０及び当該領域３０における硬さ計測点を示した図である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
以下、本発明に係るプロジェクション溶接継手及びその製造方法の実施形態を説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本発明を具体化した一例であって、その具体例をもって本発明の構成を限定するものではない。
【００１５】
［鋼板］
まず、本発明に係るプロジェクション溶接継手における、鋼板の成分組成について説明する。なお、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％」を指すものとする。
【００１６】
Ｃ：０．０５～０．５０％
Ｃは鋼板の強化に寄与する元素である。鋼板のＣ含有量が０．０５％未満では、鋼板の強度が低くなり、引張強度７８０ＭＰａ以上の鋼板を製作することは極めて困難となる。したがって、鋼板のＣ含有量は０．０５％以上とする。鋼板のＣ含有量は、０．１０％以上とすることが好ましい。一方、鋼板のＣ含有量が０．５０％を超えると、鋼板の強度は高くなるものの、硬質なマルテンサイト量が過大となり、マイクロボイドが増加する。さらに、接合部が過度に硬化し、脆化も進むため、剥離強度を向上させることが困難となる。したがって、鋼板のＣ含有量は０．５０％以下とする。鋼板のＣ含有量は０．４５％以下とすることが好ましい。
【００１７】
Ｓｉ：０．１～２．０％
鋼板のＳｉ含有量が０．１％以上であると、鋼板の強化に有効に作用する。また、Ｓｉはフェライト生成元素であることから、接合部の端部におけるフェライトの生成に優位に働く。したがって、鋼板のＳｉ含有量は０．１％以上とする。鋼板のＳｉ含有量は、０．２％以上とすることが好ましい。一方、鋼板のＳｉ含有量が２．０％を超えると、鋼板は強化されるものの、靭性に悪影響を与えることがある。したがって、鋼板のＳｉ含有量は２．０％以下とする。Ｓｉ含有量は、１．８％以下とすることが好ましい。
【００１８】
Ｍｎ：１．５～４．０％
Ｍｎ含有量が１．５％以上であると、長時間の冷却を与えずとも高い剥離強度を得ることができる。したがって、鋼板のＭｎ含有量は１．５％以上とする。鋼板のＭｎ含有量は、２．０％以上とすることが好ましい。一方、鋼板のＭｎ含有量が４．０％を超えると、溶接部の脆化あるいは脆化に伴う割れが顕著に現れるため、剥離強度を向上させることが困難となる。したがって、鋼板のＭｎ含有量は４．０％以下とする。鋼板のＭｎ含有量は、３．５％以下とすることが好ましい。
【００１９】
Ｐ：０．１０％以下
Ｐは不可避的不純物であるが、鋼板のＰ含有量が０．１０％を超えると、溶接部の接合部の端部に強偏析が現れるため剥離強度を向上させることは困難である。したがって、鋼板のＰ含有量は０．１０％以下とする。鋼板のＰ含有量は、０．０５％以下であることが好ましく、０．０２％以下とすることがより好ましい。なお、鋼板のＰ含有量の下限は特に限定されない。ただし、過度の低減はコストの増加を招くので、鋼板のＰ含有量は０．００５％以上とすることが好ましい。
【００２０】

Ｓ：０．００５％以下
Ｓは、粒界に偏析して鋼板を脆化させる元素であり、不可避的に含まれる元素である。また、鋼板のＳ含有量が０．００５％を超えると、硫化物と鋼板の局部変形能を低下させる。したがって、鋼板のＳ含有量は０．００５％以下とする。鋼板のＳ含有量は、０．００４％以下であることが好ましく、０．００３％以下とすることがより好ましい。なお、鋼板のＳ含有量の下限は特に限定されない。ただし、過度の低減はコストの増加を招くので、鋼板のＳ含有量は０．００１％以上とすることが好ましい。
【００２１】
Ｎ：０．０１０％以下
Ｎは不可避的に含まれる元素であり、鋼板のＮ含有量が０．０１０％を超えると、鋼板の耐時効性を劣化させる。したがって、鋼板のＮ含有量は０．０１０％以下とする。鋼板のＮ含有量は、０．００８％以下とすることが好ましい。なお、鋼板のＮ含有量の下限は特に限定されない。ただし、過度の低減はコストの増加を招くので、鋼板のＮ含有量は０．００１％以上とすることが好ましい。
【００２２】
Ｏ：０．０３０％以下
鋼板のＯ含有量が０．０３０％を超えると、非金属介在物を生成し、鋼板の清浄度、靭性を劣化させる。したがって、鋼板のＯ含有量は０．０３０％以下とする。鋼板のＯ含有量は０．０２０％以下とすることが好ましい。なお、鋼板のＯ含有量の下限は特に限定されない。ただし、過度の低減はコストの増加を招くので、鋼板のＯ含有量は０．００５％以上とすることが好ましい。
【００２３】
本発明で用いる鋼板は、上記成分組成に加え、必要に応じて、Ａｌ、Ｂ、Ｃａ、Ｃｒ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｔｉ、Ｖ、Ｎｂ、Ｓｂ、及びＳｎから選択される１種又は２種以上の元素を加えることができる。また、成分組成の残部はＦｅ及び不可避的不純物である。
【００２４】
Ａｌ：２．００％以下
Ａｌは、オーステナイト細粒化のため組織制御をすることができる元素であるが、多量に添加すると靭性が劣化する。したがって、Ａｌを添加する場合、Ａｌ含有量は２．００％以下とする。Ａｌ含有量は１．５０％以下とすることが好ましい。また、Ａｌ含有量の下限は特に限定されないが、Ａｌの添加による作用を十分に得る観点から、Ａｌ含有量は、０．０１％以上とすることが好ましく、１．２０％以上とすることがより好ましい。
【００２５】
Ｂ：０．００５０％以下
Ｂは、焼入れ性を改善して鋼板を強化することができる元素であるが、多量に添加するとその効果は飽和する。したがって、Ｂを添加する場合、Ｂ含有量は０．００５０％以下とする。Ｂ含有量は０．００１０％以下とすることが好ましい。また、Ｂ含有量の下限は特に限定されないが、Ｂの添加による作用を十分に得る観点から、Ｂ含有量は０．０００３％以上とすることが好ましい。
【００２６】
Ｃａ：０．００５％以下
Ｃａは、鋼板の加工性向上に寄与することができる元素であるが、多量に添加すると靭性が劣化する。したがって、Ｃａを添加する場合、Ｃａ含有量は０．００５％以下とする。Ｃａ含有量は０．００４％以下とすることが好ましい。また、Ｃａ含有量の下限は特に限定されないが、Ｃａの添加による作用を十分に得る観点から、Ｃａ含有量は０．００１％以上とすることが好ましい。
【００２７】
Ｃｒ：１．００％以下
Ｃｒは、焼入れ性の向上により鋼板の強度を向上させることができる元素であるが、多量に添加すると接合部の靭性が劣化する恐れがある。したがって、Ｃｒを添加する場合、

Ｃｒ含有量は１．００％以下とする。Ｃｒ含有量は０．８０％以下とすることが好ましい。また、Ｃｒ含有量の下限は特に限定されないが、Ｃｒの添加による作用を十分に得る観点から、Ｃｒ含有量は０．０１％以上とすることが好ましい。

【００２８】

Ｃｕ：０．８０％以下

Ｃｕは、鋼板の強度向上に寄与することができる元素であるが、多量に添加すると靭性が劣化する。したがって、Ｃｕを添加する場合、Ｃｕ含有量は０．８０％以下とする。Ｃｕ含有量は０．６０％以下とすることが好ましい。また、Ｃｕ含有量の下限は特に限定されないが、Ｃｕの添加による作用を十分に得る観点から、Ｃｕ含有量は０．００６％以上とすることが好ましい。

【００２９】

Ｎｉ：１．００％以下

Ｎｉは、鋼板の強度向上に寄与することができる元素であるが、多量に添加すると靭性が劣化する。したがって、Ｎｉを添加する場合、Ｎｉ含有量は１．００％以下とする。Ｎｉ含有量は、０．８０％以下とすることが好ましい。また、Ｎｉ含有量の下限は特に限定されないが、Ｎｉの添加による作用を十分に得る観点から、Ｎｉ含有量は０．００５％以上とすることが好ましい。

【００３０】

Ｍｏ：１．００％以下

Ｍｏは、鋼板の強度向上に寄与することができる元素であるが、多量に添加すると靭性が劣化する。したがって、Ｍｏを添加する場合、Ｍｏ含有量は１．００％以下とする。Ｍｏ含有量は０．８０％以下とすることが好ましい。また、Ｍｏ含有量の下限は特に限定されないが、Ｍｏの添加による作用を十分に得る観点から、Ｍｏ含有量は０．００６％以上とすることが好ましい。

【００３１】

Ｔｉ：０．２００％以下

Ｔｉは、焼入れ性を改善して鋼板を強化することができる元素であるが、多量に添加すると炭化物を形成し、その析出硬化によって靭性が著しく劣化する。したがって、Ｔｉを添加する場合、Ｔｉ含有量は０．２００％以下とする。Ｔｉ含有量は０．１５０％以下とすることが好ましい。また、Ｔｉ含有量の下限は特に限定されないが、Ｔｉの添加による作用を十分に得る観点から、Ｔｉ含有量は０．００３％以上とすることが好ましい。

【００３２】

Ｖ：０．５００％以下

Ｖは、析出硬化により組織制御をして鋼を強化することができる元素であるが、多量に添加すると接合部の靭性の劣化につながる。したがって、Ｖを添加する場合、Ｖ含有量は０．５００％以下とする。Ｖ含有量は０．３００％以下とすることが好ましい。また、Ｖ含有量の下限は特に限定されないが、Ｖの添加による作用を十分に得る観点から、Ｖ含有量は０．００５％以上とすることが好ましい。

【００３３】

Ｎｂ：０．０８０％以下

Ｎｂは微細な炭窒化物を形成することで抵抗溶接後の十字引張強度及び耐遅れ破壊特性を向上させることができる元素であるが、多量に添加すると、伸びが著しく低下するだけでなく、靭性を著しく損ねる。したがって、Ｎｂを添加する場合、Ｎｂ含有量は０．０８０％以下とする。Ｎｂ含有量は、０．０７０％以下とすることが好ましく、０．０６０％以下であることがより好ましい。また、Ｎｂ含有量の下限は特に限定されないが、Ｎｂの添加による作用を十分に得る観点から、Ｎｂ含有量は、０．００５％以上とすることが好ましい。

【００３４】

Ｓｂ：０．２００％以下

Ｓｂは鋼板表面の窒化や酸化を抑制することができる元素であるが、多量に添加すると

靭性が低下する。したがって、Ｓｂを添加する場合、Ｓｂ含有量は０．２００％以下とする。また、Ｓｂ含有量の下限は特に限定されないが、Ｓｂの添加による作用を十分に得る観点から、Ｓｂ含有量は０．００２％以上とすることが好ましい。

【００３５】

Ｓｎ：０．２００％以下

Ｓｎは鋼板表面の窒化や酸化を抑制することができる元素であり、Ｓｎを添加することで材質が安定するが、多量に添加すると靭性が低下する。したがって、Ｓｎを添加する場合、Ｓｎ含有量は０．２００％以下とする。また、Ｓｎ含有量の下限は特に限定されないが、Ｓｎの添加による作用を十分に得る観点から、Ｓｎ含有量は０．００２％以上とすることが好ましい。

【００３６】

上記の成分組成を有する鋼板は、引張強度が９８０ＭＰａ以上であることが好ましく、１１８０ＭＰａ以上であることがより好ましい。しかし、鋼板の引張強度が９８０ＭＰａ以上である場合、炭素含有量が高くなるため、従来のプロジェクション溶接を行った場合、接合部が脆化しやすくなり押し込み剥離強度が低下するという課題がある。本発明によれば、引張強度が９８０ＭＰａ以上の高強度鋼板であっても、領域ｃの硬さを軟化させることにより、応力集中が緩和されることで剥離強度が低下することを抑制することができる。さらに、領域ｃの残留応力を低減させることで、プロジェクション溶接部の剥離強度が向上し、耐遅れ破壊特性を向上することができる。なお、引張強度が９８０ＭＰａ未満の鋼板を使用した場合も、上記の効果は得られる。一方、鋼板の引張強度の上限は特に限定されないが、引張強度は概ね２０００ＭＰａ以下となる。

【００３７】

鋼板の板厚は一般的な自動車用鋼板を対象とする観点から、０．８ｍｍ～２．３ｍｍとすることが好ましい。

【００３８】

本発明で用いる鋼板は、鋼板の表面にめっき層を有していてもよく、例えば亜鉛めっき層を有する鋼板（亜鉛めっき鋼板）であってもよい。亜鉛めっき層とは、公知の亜鉛めっき層を含み、溶融亜鉛めっき層、電気亜鉛めっき層、Ｚｎ－Ａｌめっき層及びＺｎ－Ｎｉ層等が含まれる。また、本発明で用いる鋼板は、亜鉛めっき処理を施した後に合金化処理を施し、合金化亜鉛めっき層を有する鋼板としてもよい。なお、亜鉛めっき層は、鋼板の片面のみに施されていてもよく、両面に施されていてもよい。

【００３９】

［ナット］

本発明で用いるナットは、突起部を有するナットとする。図１に、本発明の一実施形態で用いるナット１０の、中心線１２を含む断面を示す。ナット１０は、中心線１２に垂直な面１４に突起部１６を有する。図１においては、中心線１２に垂直な面１４に、中心線１２を回転軸として１８０°間隔で対称的に２点の突起部１６が設けられている。なお、突起部１６は、中心線１２を回転軸として対称的に３点又は４点設けられていてもよい。ナット１０及び突起部１６の形状は、例えば、ＪＩＳ　Ｂ　１１９６：２０１０に記載されている四角溶接ナット（１Ｃ形）及び各種の突起形状をそれぞれ採用してもよい。

【００４０】

ナットの成分組成は特に制限するものではないが、例えばＳ２５Ｃ（ＪＩＳ　Ｇ４０５１）を採用してもよい。特に、ナットの成分組成におけるＣ含有量が０．０５質量％以上であると、領域ｃの硬さが好適に得られる。したがって、ナットのＣ含有量は、０．０５質量％以上であることが好ましく、０．０７質量％以上であることがより好ましい。一方、ナットの成分組成におけるＣ含有量が０．４０質量％以下であると、領域ｃの硬さが好適に得られる。したがって、ナットのＣ含有量は、０．４０質量％以下であることが好ましく、０．３８質量％以下であることがより好ましい。

【００４１】

本発明で用いるナットの中心線に垂直な面に、突起部が３つ以上設けられている場合、

後述するプロジェクション溶接の際に、突起部と鋼板との接触位置が３箇所以上となり、当たりの状態を好適に安定させることができる。したがって、本発明で用いるナットの中心線に垂直な面に設けられている突起部の数は、３以上であることが好ましい。一方、本発明で用いるナットの中心線に垂直な面に、突起部が４つ以下設けられている場合、プロジェクション溶接の際に、当たりの弱い突起部が発生して入熱がアンバランスとなることを好適に防ぎ、接合部の強度が低下することを好適に抑制できる。したがって、本発明で用いるナットの中心線に垂直な面に設けられている突起部の数は、４以下であることが好ましい。

【００４２】

［プロジェクション溶接継手］

本発明に係るプロジェクション溶接継手は、上述した鋼板とナットとを、ナットの突起部を介してプロジェクション溶接されてなり、鋼板とナットとの接合部が形成されてなるプロジェクション溶接継手である。ここで、「鋼板とナットとの接合部」とは、鋼板とナットが溶融接合あるいは固相接合により接合された部分であり、ナットの突起部に由来する部分である。

【００４３】

本発明に係るプロジェクション溶接継手は、鋼板における以下の定義に従う領域ｃの最小硬さＨｖｃ（ＨＶ）と、鋼板の母材硬さＨｖｍ（ＨＶ）とが、以下の式（１）を満足することを特徴とする。

Ｈｖｃ／Ｈｖｍ≦０．８５　　・・・（１）

【００４４】

図２に本発明の一実施形態に係るプロジェクション溶接継手１００の、ナット１０の中心線１２を含み、かつ、鋼板２０とナット１０との接合部の中心を通る断面を示す。ナット１０の鋼板２０と接する内周面側の端点をＡ、外周面側の端点をＢ、当該断面における鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）とする。点Ａから鋼板２０の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した鋼板２０の内部の点をそれぞれＡ１及びＡ２とし、点Ｂから鋼板２０の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した鋼板２０の内部の点をそれぞれＢ１及びＢ２として、点Ａ１、点Ｂ１、点Ｂ２、及び点Ａ２を結んで形成される長方形の内部を領域ｃとする。なお、図２には母材硬さＨｖｍの測定領域３０も図示している。

【００４５】

接合部はナットの突起部に由来するものであるため、接合部の中心は、ナットの突起部の中心であった位置に対応する。図３に、本発明の一実施形態で用いる（ａ）突起部１６が３つ設けられているナット１０Ａ、（ｂ）突起部１６が４つ設けられているナット１０Ｂの上面図を示す。図３に示す切断線は、ナットの中心線と突起部１６の中心を通る線である。鋼板とナットとをプロジェクション溶接した後、図３に示す切断線に沿ってプロジェクション溶接継手を切断することで、図２に示すような断面が得られる。

【００４６】

領域ｃの最小硬さＨｖｃと、鋼板の母材硬さＨｖｍとの比Ｈｖｃ／Ｈｖｍが０．８５以下であると、領域ｃが十分に軟化されているため、押し込み剥離強度及び耐遅れ破壊特性が向上する。したがって、本発明に係るプロジェクション溶接継手のＨｖｃ／Ｈｖｍは、０．８５以下とする。Ｈｖｃ／Ｈｖｍは、０．８３以下であることが好ましく、０．８０以下であることがより好ましい。一方、Ｈｖｃ／Ｈｖｍが０．５５以上である場合、領域ｃを好適に焼戻すことができる。したがって、Ｈｖｃ／Ｈｖｍは、０．５５以上であることが好ましい。

【００４７】

領域ｃの最小硬さＨｖｃは、次のようにして求める。図４に、領域ｃを拡大した図を示す。領域ｃにおいて、硬さ計測点３２は、点Ｂ２から点Ｂ１の方向に０．１０ｍｍ又は０．３０ｍｍ移動した点から、鋼板の板厚方向に垂直な方向に０．２０ｍｍピッチで設定されている。領域ｃの硬さ計測点３２それぞれにおいて、ＪＩＳ　Ｚ　２２４４（２０２０年）に準拠して、測定荷重３００ｇｆを圧子にて１５秒負荷し、ビッカース硬さを測定する

。得られた測定結果のうち、最も低い値を、領域ｃの最小硬さＨｖｃとする。
【００４８】
領域ｃの最小硬さＨｖｃは、２５０ＨＶ以上であると、領域ｃを軟化することによる応力集中の緩和が好適に得られる。よって、領域ｃの最小硬さＨｖｃは、２５０ＨＶ以上であることが好ましい。一方、領域ｃの最小硬さＨｖｃは、６５０ＨＶ以下であると、領域ｃを軟化させることによる応力集中の緩和が好適に得られる。よって、領域ｃの最小硬さＨｖｃは、６５０ＨＶ以下であることが好ましい。
【００４９】
鋼板の母材硬さＨｖｍは、次のようにして求める。図２に示すように、プロジェクション溶接継手１００の断面において、点Ｂから鋼板２０の表面が形成する線上に７．００ｍｍだけ移動した点をＣ１とする。点Ｃ１からさらに鋼板２０の表面が形成する線上に０．６０ｍｍだけ移動した点をＣ２、点Ｃ２から鋼板２０の板厚方向に０．６０ｍｍだけ移動した鋼板２０の内部の点をＣ３、点Ｃ１から鋼板２０の板厚方向に０．６０ｍｍだけ移動した鋼板２０の内部の点をＣ４とする。点Ｃ１、点Ｃ２、点Ｃ３、及び点Ｃ４を結んで形成される正方形の内部を母材硬さＨｖｍの測定領域３０とする。点Ｃ１を点Ｂから７．００ｍｍ離れた点としたのは、溶接時の熱影響を受けないようにするためである。図５に、母材硬さＨｖｍの測定領域３０を拡大した図を示す。硬さ計測点３２は、点Ｃ１から鋼板２０の板厚方向に０．２０ｍｍだけ移動した点から、鋼板の板厚方向及び板厚方向と垂直な方向に０．２０ｍｍピッチで設定されている。図５に示す合計９点の硬さ計測点３２において、ＪＩＳ　Ｚ　２２４４（２０２０年）に準拠して、測定荷重３００ｇｆを圧子にて１５秒負荷し、それぞれビッカース硬さを測定して、得られた平均の値を母材硬さＨｖｍとする。なお、以上のとおり、鋼板の母材硬さＨｖｍはその断面で測定しているため、めっき層の有無は影響しない。
【００５０】
鋼板の母材硬さＨｖｍは、４００ＨＶ以上であると、領域ｃにおいて軟化の効果を好適に得られる。よって、鋼板の母材硬さＨｖｍは、４００ＨＶ以上であることが好ましい。一方、鋼板の母材硬さＨｖｍは、７００ＨＶ以下であると、領域ｃにおいて軟化の効果を好適に得られる。よって、鋼板の母材硬さＨｖｍは、７００ＨＶ以下であることが好ましく、６５０ＨＶ以下であることがより好ましい。
【００５１】
［プロジェクション溶接継手の製造方法］
本発明に係るプロジェクション溶接継手の製造方法は、鋼板と、突起部を有するナットと、を前記突起部を介してプロジェクション溶接して、プロジェクション溶接継手を製造する方法である。そして、鋼板が前述の成分組成を有し、プロジェクション溶接が、電流値I_1（ｋＡ）で通電時間t_1（ｍｓ）の間通電して、鋼板とナットとの接合部を形成する主通電工程と、以下の式（２）を満たす非通電時間t_{c1}（ｍｓ）の非通電期間を設ける非通電工程と、以下の式（３）を満たす電流値I_2（ｋＡ）で、以下の式（４）を満たす通電時間t_2（ｍｓ）の間通電する第１の後通電工程と、以下の式（５）を満たす電流値I_3（ｋＡ）で、以下の式（６）を満たす通電時間t_3（ｍｓ）の間通電する第２の後通電工程と、を有する製造方法である。

$$800 < t_{c1} \quad \cdots (2)$$

$$1.10I_1 \leqq I_2 \leqq 1.80I_1 \quad \cdots (3)$$

$$50 \leqq t_2 \leqq 200 \quad \cdots (4)$$

$$I_3 \leqq 0.70I_2 \quad \cdots (5)$$

$$300 \leqq t_3 \leqq 1000 \quad \cdots (6)$$

【００５２】
［主通電工程］
主通電工程とは、鋼板とナットとの接合部を形成する工程である。主通電工程では、電流値I_1で通電時間t_1の間通電して接合部を形成する。なお、接合部を形成することができれば、以下に記載する主通電工程の条件は特に限定されない。

【００５３】
主通電工程の電流値Ｉ$_1$が７．０ｋＡ以上であると、鋼板とナットとを好適に接合できる。電流値Ｉ$_1$が７．０ｋＡ未満である場合、鋼板とナットとを接合した後、接合部中心を切断して顕微鏡で断面を確認すると、鋼板とナットとの間に隙間が観察される場合が多い。したがって、主通電工程の電流値Ｉ$_1$は、７．０ｋＡ以上であることが好ましく、８．０ｋＡ以上であることがより好ましい。一方、電流値Ｉ$_1$が３０．０ｋＡ以下であると、接合部が拡大しすぎて、散りとしてナットの外側に溶融金属が飛び出てしまい、ナットのプロジェクション部が完全に潰れた形となって接合部として機能しなくなることを、好適に防ぐことができる。したがって、電流値Ｉ$_1$は、３０．０ｋＡ以下であることが好ましく、２８．０ｋＡ以下であることがより好ましい。

【００５４】
主通電工程の通電時間ｔ$_1$が７０ｍｓ以上であると、接合部が好適に安定して得られる。したがって、主通電工程の通電時間ｔ$_1$は、７０ｍｓ以上であることが好ましく、１００ｍｓ以上であることがより好ましく、１６０ｍｓ以上であることがさらに好ましい。一方、通電時間ｔ$_1$が５００ｍｓ以下であると、接合部が拡大しすぎて、散りとしてナットの外側に溶融金属が飛び出てしまい、ナットのプロジェクション部が完全に潰れた形となり接合部として機能しなくなることを、好適に防ぐことができる。したがって、主通電工程の通電時間ｔ$_1$は、５００ｍｓ以下であることが好ましく、４００ｍｓ以下であることがより好ましい。

【００５５】
主通電工程の加圧力が３．０ｋＮ以上であると、通電径が好適な大きさであり、散りが発生することを好適に防ぐことができる。したがって、主通電工程の加圧力は、３．０ｋＮ以上であることが好ましく、３．５ｋＮ以上であることがより好ましい。一方、主通電工程の加圧力が６．０ｋＮ以下であると、通電径が拡大することを好適に防ぎ、接合部を好適に確保できる。したがって、主通電工程の加圧力は、６．０ｋＮ以下であることが好ましく、５．５ｋＮ以下であることがより好ましい。なお、加圧力は、使用する装置能力によって制限される場合があるため、必要とする接合部径が得られるように適宜調整して良い。

【００５６】
［第１の非通電工程及び第１の後通電工程］
主通電工程後は、プロジェクション溶接継手において、特に領域ｃに対して、軟化処理を行う。具体的には、主通電工程後、非通電工程、第１の後通電工程、第２の後通電工程を行う。領域ｃを軟化させて、剥離試験時の応力集中を緩和し、及び残留応力を低減させることで、遅れ破壊を回避することができる。

【００５７】
第１の非通電工程においては、軟化の効果を得るために、プロジェクション溶接継手を冷却し、領域ｃの温度を十分下げるようにする。

【００５８】
第１の非通電工程では、式（２）に示す冷却時間ｔ$_{c1}$（ｍｓ）の間、無通電状態を保持することで溶接部を冷却する。

$$800 < t_{c1} \quad \cdots (2)$$

第１の非通電工程の冷却時間ｔ$_{c1}$が８００ｍｓ以下の場合、領域ｃにおいて十分に軟化させることができない。これにより、後続の過程を行っても、領域ｃは脆化した組織となるため、押し込み剥離試験時に応力集中が起こりやすく、き裂が進展しやすくなる。したがって、冷却時間ｔ$_{c1}$は８００ｍｓ超えとする。冷却時間ｔ$_{c1}$は、好ましくは８５０ｍｓ以上とし、より好ましくは９００ｍｓ以上とする。一方、冷却時間ｔ$_{c1}$が長い場合は、処理時間の増加を招く。したがって、冷却時間ｔ$_{c1}$は２５００ｍｓ以下であることが好ましい。

【００５９】
第１の非通電工程に続いて、第１の後通電工程を行う。領域ｃを適切な温度域に昇温す

る通電を行う。上記の「適切な温度域」とは、領域ｃの硬さを軟化させるための温度域を指す。第１の後通電工程では、以下の式（３）を満たす電流値Ｉ$_2$（ｋＡ）で、以下の式（４）を満たす通電時間ｔ$_2$（ｍｓ）の間通電する。

$$1.10I_1 \leqq I_2 \leqq 1.80I_1 \quad \cdots (3)$$

$$50 \leqq t_2 \leqq 200 \quad \cdots (4)$$

【００６０】

本発明者らは、主通電工程と同等若しくはそれ以上の電流値で第１の後通電工程を行うことで、領域ｃを軟化させることができることを知見した。後通電工程により、領域ｃが軟化されて硬さが低下することで、押し込み剥離試験時に領域ｃに加わる応力集中を緩和することが可能となる。

【００６１】

第１の後通電工程の電流値Ｉ$_2$が１．１０Ｉ$_1$未満の場合、領域ｃを効果的に軟化させることができない。したがって、第１の後通電工程の電流値Ｉ$_2$は、１．１０Ｉ$_1$以上とし、１．２０Ｉ$_1$以上とすることが好ましい。一方、第１の後通電工程の電流値Ｉ$_2$が、１．８０Ｉ$_1$を超える場合、領域ｃの温度がＡ$_{c3}$点（フェライトからオーステナイトへの変態が完了する温度）を超えてしまう可能性が高く、脆化する。その結果、接合部の靭性が得られない。したがって、第１の後通電工程の電流値Ｉ$_2$は、１．８０Ｉ$_1$以下とし、１．７０Ｉ$_1$以下であることが好ましい。

【００６２】

上述のように、第１の後通電工程は、短時間で急速に温度を上げるため、昇温過程の通電時間ｔ$_2$は、５０ｍｓ以上とする。通電時間ｔ$_2$は、６０ｍｓ以上であることが好ましい。一方、通電時間ｔ$_2$が２００ｍｓを超えると、領域ｃの温度がＡ$_{c3}$点を超えてしまう可能性がある。したがって、通電時間ｔ$_2$は２００ｍｓ以下とし、１８０ｍｓ以下であることが好ましい。

【００６３】

本発明に係るプロジェクション溶接は、第１の後通電工程の後に、以下の式（５）を満たす電流値Ｉ$_3$（ｋＡ）で、以下の式（６）を満たす通電時間ｔ$_3$（ｍｓ）の間通電する第２の後通電工程を行う。第２の後通電工程を行うことで、領域ｃの軟化をより効果的に行うことができ、残留応力を低減して応力集中を緩和しやすくなる。

$$I_3 \leqq 0.70I_2 \quad \cdots (5)$$

$$300 \leqq t_3 \leqq 1000 \quad \cdots (6)$$

【００６４】

第２の後通電工程の電流値Ｉ$_3$が０．７０Ｉ$_2$超えの場合、領域ｃの軟化をより効果的に行うために適切な温度制御を行うことができない。したがって、第２の後通電工程の電流値Ｉ$_3$は、０．７０Ｉ$_2$以下とし、０．６５Ｉ$_2$以下とすることが好ましく、０．６０Ｉ$_2$以下とすることがより好ましい。一方、第２の後通電工程の電流値Ｉ$_3$が、０．１５Ｉ$_2$以上の場合、領域ｃの軟化による応力集中の緩和が好適に得られる。したがって、第２の後通電工程の電流値Ｉ$_3$は、０．１５Ｉ$_2$以上とすることが好ましく、０．２０Ｉ$_2$以上とすることがより好ましい。

【００６５】

第２の後通電工程は領域ｃの軟化を行うための工程であり、通電時間ｔ$_3$が３００ｍｓ以上であると軟化を効果的に行うことができる。したがって、第２の後通電工程の通電時間ｔ$_3$は３００ｍｓ以上とし、３５０ｍｓ以上であることが好ましく、４００ｍｓ以上であることがより好ましい。一方、通電時間ｔ$_3$が１０００ｍｓを超えると温度が上昇してしまい、再度融点付近まで温度上昇してしまう可能性がある。したがって、第２の後通電工程の通電時間ｔ$_3$は１０００ｍｓ以下とし、９００ｍｓ以下であることが好ましい。

【００６６】

第２の後通電工程に続けて、さらに非通電工程及び後通電工程を繰り返し行ってもよい。非通電工程及び後通電工程を繰り返すことで、領域ｂを軟化させる効果が大きくなるため好ましい。一方、非通電工程及び後通電工程の繰り返し回数が大きすぎると効果が飽和

するため、当該工程の繰り返し回数は、１０回未満が好ましく、４回未満がより好ましい。
【００６７】
以上説明したように、本発明のプロジェクション溶接方法は、後熱処理工程の溶接条件を適切に制御することによって、領域ｃを軟化することで、応力集中を緩和し、また残留応力を低減することができる。すなわち、この溶接方法により得られるプロジェクション溶接継手は、押し込み剥離強度を向上させることができる。そのため、鋼板の成分組成としてＣを比較的多く含有する鋼板、具体的には上述のように引張強度が９８０ＭＰａ以上かつＣ含有量が０．０５～０．５０質量％の高強度鋼板を溶接する場合でも、剥離強度をより向上させることができる。
【００６８】
なお、本明細書に記載されていない工程、条件については定法を使用することができる。
【実施例】
【００６９】
本発明の実施例として、鋼板とナットをプロジェクション溶接してプロジェクション溶接継手を作製した。試験片には、引張強度が７８０ＭＰａ～１８００ＭＰａで、かつ板厚が１．０～１．８mmの鋼板（鋼板Ａ～鋼板Ｍ）を使用した。表１に使用した鋼板Ａ～鋼板Ｍの引張強度（ＴＳ）、板厚、成分組成を示す。なお、表１に記載の成分組成の残部はＦｅ及び不可避的不純物であり、「－」はその元素の含有量が検出下限値以下であることを示す。
【００７０】
試験片として、各鋼板の冷延鋼板又はＧＡ鋼板（合金化溶融亜鉛めっき鋼板）を用意した。試験片のサイズは、長辺：５０mm、短辺：５０mmとし、試験片の中央に直径１１mmの孔をあけた。また、ナットの中心線に対称的に１２０°間隔で３点の突起部が設けられているＭ８溶接用ナットを準備した。試験片の孔の中心とナットのねじ孔の中心とが一致するように交流溶接機にセットし、表２に示す溶接条件で溶接し、溶接体を得た。上記Ｍ８溶接用ナットの鋼種は、Ｓ２５Ｃ（ＪＩＳ　Ｇ４０５１）とした。抵抗溶接の条件は、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て溶接を行うものとし、プロジェクション溶接継手を作製した。なお、使用した一対の電極チップは、平型３０mmφの電極とした。得られたプロジェクション溶接継手のナット穴にボルトを固定し、ボルト締結試験片を作製した。
【００７１】

【表１】

表1

鋼板	TS	板厚	成分組成（質量%）																		区分
			C	Si	Mn	P	S	N	O	Al	B	Ca	Cr	Cu	Ni	Mo	Ti	V	Nb	Sb	Sn	
A	1180MPa	1.2mm	0.20	1.3	3.0	0.01	0.001	0.003	0.005	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	発明鋼
B	1180MPa	1.0mm	0.10	0.2	4.0	0.01	0.001	0.002	0.005	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	発明鋼
C	980MPa	1.4mm	0.20	1.1	2.0	0.01	0.002	0.002	0.010	0.02	0.0006	0.005	0.20	0.01	0.15	0.01	0.010	0.050	0.008	0.008	0.001	発明鋼
D	780MPa	1.2mm	0.13	0.9	3.5	0.01	0.001	0.005	0.005	0.03	0.0006	0.002	0.20	0.20	0.30	0.01	0.005	0.006	0.008	0.008	0.050	発明鋼
E	1470MPa	1.2mm	0.50	0.5	1.5	0.03	0.001	0.002	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.20	0.05	0.15	0.01	0.005	0.006	0.008	0.004	0.001	発明鋼
F	1470MPa	1.4mm	0.30	1.5	2.5	0.01	0.001	0.003	0.005	0.02	0.0020	0.002	0.20	0.01	0.15	0.01	0.030	0.006	0.008	0.002	0.001	発明鋼
G	1470MPa	1.2mm	0.30	0.3	1.5	0.01	0.001	0.002	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.20	0.05	0.15	0.20	0.005	0.006	0.008	0.008	0.001	発明鋼
H	1800MPa	1.2mm	0.40	1.2	2.0	0.01	0.001	0.002	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.20	0.01	0.15	0.01	0.005	0.006	0.050	0.006	0.001	発明鋼
I	1470MPa	1.8mm	**0.60**	2.0	1.5	0.01	0.001	0.002	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.20	0.01	0.15	0.01	0.005	0.006	0.008	0.006	0.001	**比較鋼**
J	980MPa	1.2mm	0.12	0.5	2.0	0.05	0.003	0.006	0.021	0.02	0.0008	0.002	0.35	0.62	0.72	0.01	0.005	0.006	0.008	0.008	0.001	発明鋼
K	980MPa	1.2mm	0.12	0.9	1.8	0.01	0.001	0.002	0.007	0.81	0.0006	0.003	0.20	0.01	0.15	0.70	0.095	0.006	0.008	0.008	0.005	発明鋼
L	1470MPa	1.4mm	0.40	0.5	1.5	0.03	0.001	0.002	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.20	0.01	0.15	0.01	0.005	0.006	0.008	0.005	0.001	発明鋼
M	1470MPa	1.4mm	0.20	1.8	2.5	0.01	0.001	0.003	0.005	0.02	0.0006	0.002	0.40	0.01	0.15	0.01	0.005	0.006	0.008	0.019	0.001	発明鋼

【００７２】

【表２】

表2

試料番号	鋼板		冷延鋼板GA鋼板	溶接条件												評価結果						区分
				加圧力F	主通電工程電流値I_1	主通電工程通電時間t_1	非通電工程非通電時間t_{c1}	第1後通電工程電流値I_2	I_2/I_1	第1後通電工程通電時間t_2	第2後通電工程電流値I_3	第2後通電工程通電時間t_3	I_3/I_2	規定の通電方法	鋼板の母材硬さHvm	領域cの最小硬さHvc	Hvc/Hvm	硬さ判定	剥離強度	剥離強度	耐遅れ破壊特性	
				kN	kA	ms	ms	kA	–	ms	kA	ms	–		HV	HV			kN			
1	A	冷延鋼板		4.0	10.0	400	–	–	–	–	–	–	–	×	520	531	1.02	×	1.80	×	×	比較例
2	A	冷延鋼板		4.0	20.0	300	1000	25.0	1.25	50	10.0	600	0.40	○	520	420	0.81	○	9.10	○	○	発明例
3	A	冷延鋼板		4.0	18.0	400	1600	20.0	1.11	80	10.0	500	0.50	○	520	401	0.77	○	13.40	○	○	発明例
4	A	GA鋼板		5.0	16.0	500	1200	20.0	1.25	100	8.0	400	0.40	○	520	412	0.79	○	14.50	○	○	発明例
5	B	冷延鋼板		6.0	7.0	500	850	11.0	1.57	180	4.0	300	0.36	○	433	361	0.83	○	9.90	○	○	発明例
6	B	冷延鋼板		6.0	12.0	160	1200	8.0	0.67	230	10.0	1000	1.25	×	433	377	0.87	×	2.20	×	×	比較例
7	B	冷延鋼板		6.0	12.0	200	1800	18.0	1.50	80	8.0	800	0.44	○	433	300	0.69	○	8.80	○	○	発明例
8	C	冷延鋼板		5.0	10.0	300	1400	17.0	1.70	90	9.0	500	0.53	○	507	408	0.80	○	9.80	○	○	発明例
9	C	冷延鋼板		4.5	10.0	400	1100	15.0	1.50	120	10.0	700	0.67	○	507	421	0.83	○	12.40	○	○	発明例
10	C	GA鋼板		5.0	14.0	400	1200	26.0	1.86	180	5.0	600	0.19	×	507	466	0.92	×	3.90	△	×	比較例
11	D	冷延鋼板		4.5	18.0	400	900	20.0	1.11	160	7.0	800	0.35	○	430	343	0.80	○	10.80	○	○	発明例
12	D	冷延鋼板		5.0	18.0	300	1600	22.0	1.22	80	3.0	500	0.14	○	430	300	0.70	○	14.20	○	○	発明例
13	E	冷延鋼板		5.0	16.0	500	1400	19.0	1.19	200	14.0	800	0.74	×	720	667	0.93	×	2.80	×	×	比較例
14	E	冷延鋼板		5.0	28.0	400	2400	32.0	1.14	60	8.0	550	0.25	○	720	602	0.84	○	7.10	○	○	発明例
15	F	冷延鋼板		5.0	22.0	400	1100	25.0	1.14	80	10.0	400	0.40	○	589	490	0.83	○	9.20	○	○	発明例
16	F	冷延鋼板		5.0	24.0	400	1200	28.0	1.17	120	12.0	300	0.43	○	589	489	0.83	○	12.60	○	○	発明例
17	G	冷延鋼板		5.0	14.0	300	1000	24.0	1.71	30	8.0	800	0.33	×	598	560	0.94	×	3.80	△	×	比較例
18	G	GA鋼板		5.0	18.0	400	900	25.0	1.39	90	12.0	900	0.48	○	598	479	0.80	○	10.90	○	○	発明例
19	H	冷延鋼板		5.0	14.0	500	1000	18.0	1.29	120	8.0	800	0.44	○	618	503	0.81	○	8.70	○	○	発明例
20	H	冷延鋼板		5.0	8.0	500	1400	8.5	1.06	180	2.0	400	0.24	×	618	551	0.89	×	2.90	×	×	比較例
21	H	冷延鋼板		5.0	20.0	500	1100	25.0	1.25	180	9.0	600	0.36	○	618	501	0.81	○	11.30	○	○	発明例
22	I	冷延鋼板		5.0	25.0	400	1200	30.0	1.20	160	10.0	800	0.33	○	750	699	0.93	×	0.90	×	×	比較例
23	J	冷延鋼板		5.0	15.0	400	1600	17.0	1.13	60	11.0	800	0.65	○	450	352	0.78	○	12.10	○	○	発明例
24	K	冷延鋼板		5.5	20.0	300	900	24.0	1.20	80	10.0	500	0.42	○	445	375	0.84	○	8.80	○	○	発明例
25	K	冷延鋼板		5.5	12.0	400	1500	15.0	1.25	100	5.0	800	0.33	○	445	355	0.80	○	9.80	○	○	発明例
26	K	冷延鋼板		5.5	10.0	300	1000	16.0	1.60	90	3.0	250	0.19	×	445	388	0.87	×	5.50	△	×	比較例
27	L	冷延鋼板		5.5	12.0	500	1100	15.0	1.25	120	8.0	400	0.53	○	460	341	0.74	○	11.50	○	○	発明例
28	L	GA鋼板		5.5	18.0	300	1200	20.0	1.11	180	10.0	700	0.50	○	460	320	0.70	○	13.50	○	○	発明例
29	M	GA鋼板		4.0	20.0	300	1000	25.0	1.25	50	10.0	600	0.40	○	502	300	0.60	○	10.50	○	○	発明例

【００７３】

得られたプロジェクション溶接継手及びボルト締結試験片について、以下に記載の方法で母材及び領域ｃの硬さ、剥離強度、耐遅れ破壊特性を測定した。

【００７４】

［硬さの評価］

母材及び領域ｃの硬さの測定は、次のように行った。プロジェクション溶接継手を、ナットの中心線を含み、かつ、鋼板とナットとの接合部の中心を通る位置で切断して試験片とし、試験片を超音波洗浄した後に樹脂埋めを行い、サンプルを得た。得られたサンプルの板厚断面を研磨し、ピクリン酸溶液を用いてエッチングを行った。エッチング後のサン

プルの板厚断面において、上述したように硬さ測定を行い、表２に結果を示した。表２中の「硬さ判定」の欄には、硬さ測定結果が式（１）を満たす場合（すなわち、Ｈｖｃ／Ｈｖｍ≦０．８５を満たす場合）は合格として「○」、式（１）を満たさない場合は不合格として「×」を記載した。

【００７５】

［剥離強度評価］

得られたボルト締結試験片を用いて、ＪＩＳ　Ｂ１１９６：２０１０に準拠した押込剥離試験によってナットが鋼板から剥離する際の最大荷重を測定し、この測定値を剥離強度（ｋＮ）とした。本発明では、ＪＩＳ　Ｂ１１９６：２０１０の下限値（３．７３ｋＮ）を剥離強度の基準とし、３．７３ｋＮ未満の場合に、剥離強度が劣るとして「×」と評価し、３．７３ｋＮ以上６．００ｋＮ未満の場合は従来と同等の剥離強度として「△」と評価し、６．００ｋＮ以上の場合は剥離強度が優れるとして「○」と評価した。表２に測定した剥離強度及びその評価結果を示す。

【００７６】

［耐遅れ破壊特性評価］

プロジェクション溶接継手を２４時間静置した後に、接合部を切断し、樹脂埋め込みを行った後、溶接部断面を観察した。断面を目視で確認し、遅れ破壊の発生有無を評価した。遅れ破壊が発生したものを「×」、遅れ破壊が発生しなかったものを「○」と評価した。

【００７７】

表２に示すように、発明例のプロジェクション溶接継手は、優れた剥離強度及び耐遅れ破壊特性を備えた良好な溶接継手であった。これに対し、比較例では良好なプロジェクション溶接継手は得られなかった。

【産業上の利用可能性】

【００７８】

本発明は、剥離強度及び耐遅れ破壊特性を向上させたプロジェクション溶接継手を提供できる。

【符号の説明】

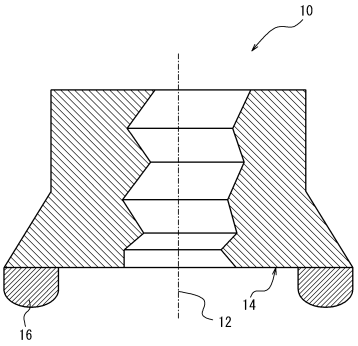
【００７９】

１００　プロジェクション溶接継手
１０　ナット
１０Ａ　突起部が３つ設けられているナット
１０Ｂ　突起部が４つ設けられているナット
１２　ナットの中心線
１４　ナットの中心線に垂直な面
１６　突起部
２０　鋼板
３０　母材硬さＨｖｍの測定領域
３２　硬さ計測点

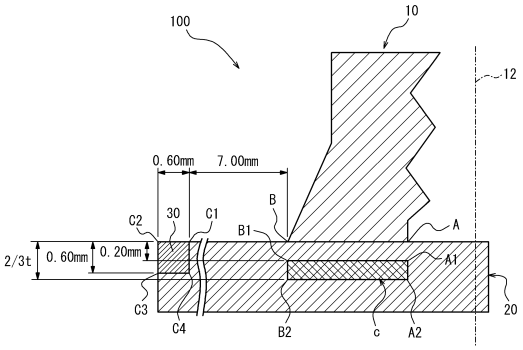
【要約】
剥離強度及び耐遅れ破壊特性を向上させた、プロジェクション溶接継手及びその製造方法を提供する。本発明のプロジェクション溶接継手は、鋼板とナットとを有し、鋼板が所定の成分組成を有し、領域ｃの最小硬さＨｖｃ（ＨＶ）と、鋼板の母材硬さＨｖｍ（ＨＶ）とが、Ｈｖｃ／Ｈｖｍ≦０．８５を満足する。領域ｃは、プロジェクション溶接継手の、ナットの中心線を含み、かつ、接合部の中心を通る断面において、以下のように特定する。ナットの鋼板と接する内周面側の端点をＡ、外周面側の端点をＢ、鋼板の板厚をｔ（ｍｍ）として、点Ａから鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した点をそれぞれＡ１及びＡ２とし、点Ｂから鋼板の板厚方向に０．２０ｍｍ及び２／３ｔだけ移動した点をそれぞれＢ１及びＢ２として、点Ａ１、点Ｂ１、点Ｂ２、及び点Ａ２を結んで形成される長方形の内部を領域ｃとする。

【図面】

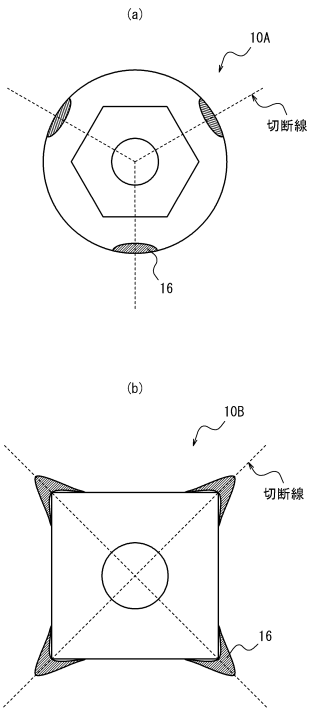
【図１】



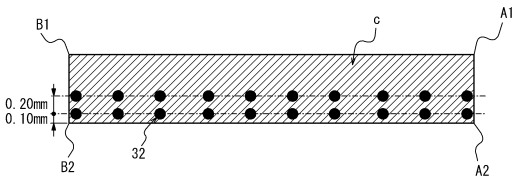
【図２】



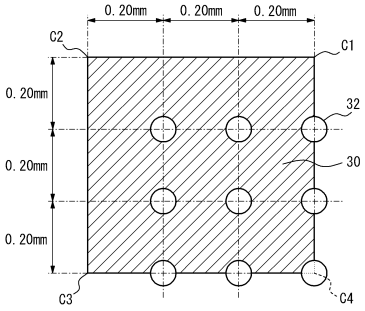
【図３】


(a)
10A
切断線
16
(b)
10B
切断線
16

【図４】


B1
c
A1
0.20mm
0.10mm
32
B2
A2

【図５】


0.20mm
0.20mm
0.20mm
C2
C1
0.20mm
0.20mm
0.20mm
32
30
C3
C4

フロントページの続き

(51)国際特許分類　　ＦＩ
Ｃ２２Ｃ　38/00　３０１Ｚ
Ｃ２２Ｃ　38/60

審査官　山内 隆平

(56)参考文献　特開２００４－５０２８０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１１６５９２（ＪＰ，Ａ）
特許第７０２０５９７（ＪＰ，Ｂ１）
国際公開第２０２３／０４７８４０（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ　１１／１４
Ｂ２３Ｋ　１１／１６
Ｂ２３Ｋ　１１／２４
Ｃ２２Ｃ　３８／００
Ｃ２２Ｃ　３８／６０