

(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
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/133879 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
B23K 9/02 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)
B23K 9/23 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/058787
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 27 日(27.03.2012)
- (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 2011-069728 2011 年 3 月 28 日(28.03.2011) JP
特願 2011-069729 2011 年 3 月 28 日(28.03.2011) JP
特願 2012-066668 2012 年 3 月 23 日(23.03.2012) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 半田 恒久
(HANDA, Tsunehisa) [JP/JP]; 〒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). 伊木 聡 (IGI,
Satoshi) [JP/JP]; 〒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). 遠藤 茂 (ENDO, Shigeru)
[JP/JP]; 〒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: 落合 憲一郎 (OCHIAI, Kenichiro); 〒
1030027 東京都中央区日本橋二丁目 1 番 10 号
柳屋ビル 7 階 JFE テクノリサーチ株式会社 特
許出願部内 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, 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,
KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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.
- (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, MD, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: THICK STEEL SHEET HAVING SUPERIOR FATIGUE RESISTANCE PROPERTIES IN DIRECTION OF SHEET THICKNESS, METHOD FOR PRODUCING SAME, AND FILLET WELDED JOINT USING SAID THICK STEEL SHEET

(54) 発明の名称: 板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板およびその製造方法、その厚鋼板を用いた隅肉溶接継手

(57) Abstract: Provided are: a thick steel sheet that has superior fatigue resistance properties in the direction of sheet thickness and that is favorable for welded steel structures such as pressure vessels; a method for producing the thick steel sheet; and a fillet welded joint using the thick steel sheet. Specifically, the thick steel sheet has a composition that, in a range from one or both of the rolled surfaces of the steel sheet to 4 mm in the direction of sheet thickness, has a compressive residual stress perpendicular to the direction of steel thickness of at least 100 MPa and preferably contains, by mass%: 0.03-0.15% of C, no greater than 1.0% of Si, and 1.0-2.0% of Mn; 0.005-0.05% of Ti and/or 0.001-0.05% of Nb; and one or at least two of Cu, Ni, Cr, Mo, V, W, Zr, Ca, B, and no greater than 0.1% of Al.

(57) 要約: 圧力容器等の溶接鋼構造物用として好適な、板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板およびその製造方法、その厚鋼板を用いた隅肉溶接継手を提供する。具体的には、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、板厚方向に直角となる圧縮残留応力が 100 MPa 以上で、好ましくは質量%で、C: 0.03~0.15%、Si: 1.0%以下、Mn: 1.0~2.0%を含み、さらに Ti: 0.005~0.05%、Nb: 0.001~0.05%の 1 種または 2 種、Al: 0.1%以下更に、Cu、Ni、Cr、Mo、V、W、Zr、Ca、B の 1 種または 2 種以上を含有する組成とする厚鋼板およびその製造方法、その厚鋼板を用いた隅肉溶接継手である。

WO 2012/133879 A1

明細書

[発明の名称]

板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板およびその製造方法、その厚鋼板を用いた隅肉溶接継手

[技術分野]

[0001]

本発明は、船舶(ships)、海洋構造物(marine structure)、橋梁(bridge)、建築物(construction)、圧力容器(pressure vessel)等の溶接鋼構造物(welded steel structure)用として好適な板厚方向の耐疲労特性(fatigue resistandce)に優れた厚鋼板(steel plate)およびその製造方法、その厚鋼板を用いた隅肉溶接継手に関する。

[背景技術]

[0002]

船舶、海洋構造物、橋梁、建築物、圧力容器などの溶接鋼構造物に使用される鋼板は、強度(strength)、靱性(toughness)などの機械的性質(mechanical property)や溶接性(weldability)に優れていることはもちろんであるが、稼動時における定常の繰返し荷重(steady cyclic load)や、風(wind)、地震(earthquake)等の震動に起因する非定常の繰返し荷重(unsteady cyclic load)に対しても、構造物の構造安全性(structural safety)を確保できる特性を有することが要求される。特に近年では、鋼板に対して、耐疲労特性に優れることが強く要求されている。

[0003]

溶接鋼構造物では、溶接止端部等に多数の応力集中部が存在するが、溶接止端部には応力が集中しやすく、また、引張の残留応力も作用するため、繰返し荷重が作用した場合には、溶接止端部(weld toe)から疲労亀裂(fatigue crack)が発生しやすく、溶接止端部が疲労亀裂の発生源となることが多い。

[0004]

このような疲労亀裂の発生を防止するために、止端部形状の改善や、圧縮の残留応力(compressive residual stress)の導入などの方策が知られている。しかし、溶接鋼構造物には多数の溶接止端部が存在するため、溶接止端部ごとに、上

記した疲労亀裂の発生を防止する方策を実行することは、多大の労力と時間を必要とし、施工工数の増加や、施工コストの高騰を招く。

[0005]

そこで、このような疲労亀裂の発生を防止する方策に代えて、使用する鋼板自体の耐疲労特性を向上させて、溶接鋼構造物の耐疲労特性の向上を図ることが考えられている。鋼板自体の耐疲労特性を向上させることにより、疲労亀裂の成長が抑制されて、溶接鋼構造物の疲労寿命(fatigue life)の延長が可能となる。

[0006]

このような要望に対し、例えば特許文献1では、鋼板圧延方向に延在する縞状の第二相が母相内に5～50%の面積率で散在する微視組織(英文すべる? microstructure)を有し、第二相の硬さ(hardness) H_V が母相の硬さ H_V より30%以上高い、耐疲労亀裂進展特性(fatigue crack propagation properties)の良好な鋼板が提案されている。

[0007]

特許文献1に記載された技術は、母相中に、硬さの高い第二相を分散させ、疲労亀裂が硬い第二相付近に達すると亀裂の伝播が大幅に遅延する現象により、鋼板の耐疲労亀裂伝播特性を向上させるもので、第二相のアスペクト比(aspect ratio)を4以上とすることが好ましいとしている。このような鋼板を、表面から疲労亀裂が発生し伝播する大型構造物に使用すれば、特別な配慮を必要とせず、高い疲労亀裂伝播阻止特性を大型構造物に付与可能であることが記載されている。

[0008]

また、溶接継手の中では、角回し溶接(box arc weld)、十字溶接(cruciform arc weld)、カバープレート溶接(cover plate weld)、スタッド溶接(stud weld)などの隅肉溶接継手(fillet welded joint)の疲労強度(fatigue strength)が最も低いことが知られ、特に最近の大型コンテナ船(container vessels)等に適用される極厚鋼板(heavy gauge steel)の隅肉溶接継手における疲労強度の改善が喫緊の課題(urgent issue)とされている。隅肉溶接継手の場合、溶接止端部から発生した疲労き裂は板厚方向に進展するため板厚方向の耐疲労特性に優れた鋼板を用いることが継手としての耐疲労特性を向上させるために有効である。

[0009]

また、特許文献2には、質量%で、C：0.015～0.20%、Si：0.05～2.0%、Mn：0.1～2.0%、P：0.05%以下、S：0.02%以下を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物よりなり、X線で測定した板厚方向の(200)回折強度比(diffracted intensity ratio)が2.0～15.0で、且つ回復フェライト粒(recovery ferrite grain)または再結晶フェライト粒(recrystallized ferrite grain)の面積率(area ratio)が15～40%である、板厚方向の疲労き裂伝播速度(fatigue crack growth rate)が低い厚鋼板が記載されている。

[0010]

特許文献3には、鋼板を焼入れ、焼きならし等のオフライン熱処理、或いは、直接焼入れ、加速冷却等のオンライン熱処理を行った後、Ac1点以下の温度で焼き戻しを行い、その後の冷却する場合に、冷却過程における鋼板表面と鋼板板厚中心部の温度差の最大値を200℃以上とする強制冷却を行うことにより、鋼板表面に圧縮残留応力が付与され、優れた疲労強度の鋼板が得られるとしている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0011]

[特許文献1]特開平7-90478号公報

[特許文献2]特開平8-199286号公報

[特許文献3]特開平6-100947号公報

[発明の概要]

[発明が解決しようとする課題]

しかしながら、特許文献1に記載された技術では、疲労亀裂伝播速度を低くし、疲労亀裂の伝播を著しく遅滞させるため、母相に比べ第二相の硬さを高くし、さらに硬質の第二相を多量に分散させる必要がある。このため、鋼板の延性(ductility)、靱性の低下が著しくなるという問題が生じる。鋼板の延性、靱性の低下は、多量の合金元素の含有で防止できる場合もあるが、多量の合金元素の含有は、材料コストの高騰を招くという問題を避けられない。

[0012]

また、特許文献2に記載された技術では、板厚方向の(200)回折強度比を2.0以上とし、すなわち、(100)面が板面に平行に揃った集合組織(texture)を発達させ、疲労亀裂先端(fatigue crack tip)で種々のすべり系(slip system)を活動させ転位(dislocation)同士の干渉(interference)を生じさせ、亀裂の伝播を抑制して板厚方向の疲労亀裂伝播速度を低くしている。しかし、(100)面は劈開面(cleavage plane)であり、板面に平行に(100)面が揃った厚鋼板では、板厚方向の靱性が劣化するという問題を残していた。

更に、特許文献1、2記載の技術は、疲労亀裂伝播速度は低減するが、疲労亀裂発生寿命を含めたトータル(total)の疲労寿命は顕著には増加しないという根本的な問題を有していた。

[0013]

上述したように、特許文献1、2に記載された耐疲労特性に優れた厚鋼板は溶接構造物用としては、コストや性能面で改善すべき余地があり、一方、隅肉溶接継手の製作においても、継手としての耐疲労特性を向上する溶接法は明らかにされていない。

また、特許文献3に記載された技術では、鋼板表面に圧縮残留応力を付与するのに、焼戻し処理が必須で、生産性の良い圧延までの鋼板提供が不可能という問題を残していた。

本発明は、かかる従来技術の問題を有利に解決し、溶接鋼構造物向けとして好適な強度と靱性を備えた、板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

[0014]

また、本発明は板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板を用いた隅肉継手で耐疲労特性に優れた隅肉溶接継手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]

本発明者らは、鋼板の延性・靱性の低下および板厚方向の靱性低下を伴うことなく、生産性のよい圧延ままで疲労特性を向上させるため、鋼板の内部残留応力に着目して鋭意研究を重ね、以下の知見を得た。

(1) 板厚方向の疲労特性は、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲において、板厚方向に直角となる圧縮残留応力を100MPa以

上とすることで、向上する。

(2) 上記圧縮残留応力を備えた鋼板は、板厚中央部の温度を (A_r 3 点 + 50) °C 以上として累積圧下率 30 % 以上の熱間圧延を行い、その後、3 °C / s 以上の冷却速度で 350 °C 以下まで冷却すると圧延ままで (焼戻し処理無しで) で製造可能である。

なお、本発明は、板厚：50 mm 以上の鋼板を対象とし、「耐疲労特性に優れた」とは、図 1 に示す寸法形状の 3 点曲げ疲労試験片を用いて、応力比が 0.1 となる条件で疲労試験を実施して、板厚方向の疲労寿命を求め、応力範囲 340 MPa での疲労寿命が 200 万回以上である場合とする。

[0015]

また、(4) 鋼板の板厚方向と直角方向の圧縮残留応力を、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、100 MPa 以上とすることも有効である。

[0016]

また、(5) 隅肉溶接継手作製の際の溶接入熱と積層数を制限することが、隅肉溶接部の疲労強度を向上させるのに有効である。

[0017]

尚、本発明は板厚 50 mm 以上の厚鋼板の隅肉溶接継手を対象とする。板厚 50 mm 未満では、板厚効果による疲労強度の低下はそれほど顕著ではなく、また、過去の多くの疲労試験データベースに基づいた各種疲労設計曲線に準拠すれば、本発明を用いなくとも耐疲労安全性は確保される。「耐疲労特性に優れた」とは、図 1 に示す寸法形状の切欠付 3 点曲げ隅肉溶接継手疲労試験片を用いて、応力比が 0.1 となる条件で疲労試験を実施して、板厚方向の疲労寿命を求め、応力範囲 340 MPa での疲労寿命が 25 万回以上の場合とする。

本発明は、得られた知見に、さらに検討を加えて完成されたもので、すなわち、本発明の要旨は次ぎのとおりである。

(1) 鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、板厚方向に直角となる圧縮残留応力が 100 MPa 以上であることを特徴とする板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板。

(2) 前記厚鋼板が、質量%で、C : 0.03 ~ 0.15 %、Si : 1.0 % 以

下、Mn : 1.0 ~ 2.0 % を含み、さらに Ti : 0.005 ~ 0.05 %、Nb : 0.001 ~ 0.05 % の 1 種または 2 種、N : 0.0035 ~ 0.0075 % を含有し、残部 Fe および不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする (1) に記載の厚鋼板。

(3) 更に、質量%で、Cu : 0.01 ~ 0.5 %、Ni : 2.0 % 以下、Cr : 0.01 ~ 0.5 %、Mo : 0.01 ~ 0.5 %、V : 0.001 ~ 0.1 %、W : 0.5 % 以下、Zr : 0.5 % 以下、Ca : 0.0005 ~ 0.0030 %、B : 0.0005 ~ 0.0020 % の 1 種または 2 種以上を含有する組成とすることを特徴とする (2) に記載の厚鋼板。

(4) 更に、質量%で、Al : 0.1 % 以下を含有する組成とすることを特徴とする (2) または (3) に記載の厚鋼板。

(5) (2) ないし (4) のいずれか一つに記載の化学成分を有する鋼素材を、1000 ~ 1250 °C の温度に加熱後、板厚中央部が (Ar 3 点 + 50) °C 以上となる温度域で累積圧下率 30 % 以上の熱間圧延を行い、その後、3 °C / s 以上の冷却速度にて 350 °C 以下まで冷却することを特徴とする板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板の製造方法。

(6) 板厚 50 mm 以上の板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板の隅肉部を、入熱 30 kJ / cm 以下、3 層 6 パス以下の積層で溶接することを特徴とする、疲労強度の優れた隅肉溶接継手。

(7) 前記板厚 50 mm 以上の厚鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、板厚方向と直角方向の圧縮残留応力が 100 MPa 以上であることを特徴とする (6) に記載の疲労強度の優れた隅肉溶接継手。

[発明の効果]

本発明によれば、板厚方向の耐疲労特性に優れた板厚 50 mm 以上の厚鋼板を延性、靱性を損なわずに、容易に、しかも安価に製造でき、産業上格段の効果を奏する。

また、本発明によれば、疲労強度が特に問題となる板厚 50 mm 以上の厚鋼板の隅肉溶接部の疲労特性を溶接構造物としての延性、靱性を備えた厚鋼板を用いて容易に、且つ安価に向上でき、産業上格段の効果を奏する。

[図面の簡単な説明]

[図 1] 疲労試験に使用する 3 点曲げ試験片の寸法形状を模式的に示す説明図。

[図 2] 疲労試験に使用する切欠付 3 点曲げ隅肉溶接継手疲労試験片の寸法形状を模式的に示す説明図。

[図 3] 隅肉溶接継手に適用する厚鋼板の板厚方向断面における、進展する疲労亀裂先端でのすべりの発生状況を模式的に示す説明図。

[図 4] 隅肉溶接継手の溶接条件を説明する図。

[発明を実施するための形態]

[0018]

以下、本発明で規定する鋼板の圧縮残留応力、好ましい成分組成、製造条件について説明する。

[鋼板の圧縮残留応力]

本発明に係る厚鋼板は、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲に板厚方向に直角となる、100 MPa 以上の圧縮残留応力を備える。

[0019]

溶接構造物の製作において鋼板表面部への仮付溶接あるいは打ち傷等が避けられず、鋼板のごく表裏面部においては圧縮残留応力が損なわれるので、100 MPa 以上の圧縮残留応力の存在する範囲を鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm とする。

[0020]

一方、圧縮残留応力の範囲が表面から 4 mm を超えて板厚の内部にまで広がる、内部応力のバランスから疲労亀裂が発生する表面部付近の圧縮残留応力が小さくなるため、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲とする。

[0021]

上記範囲内における板厚方向に直角方向の圧縮残留応力は 100 MPa 以上とする。疲労亀裂の伝播抑制には、亀裂面と直角方向に圧縮応力を作用させることが有効である。本発明は板厚方向に伝播する亀裂を対象とするので、圧縮残留応力の圧縮方向を板厚方向と直角方向とする。

[0022]

圧縮残留応力が 100 MPa 未満では、疲労亀裂伝播速度は低減されるものの、

疲労寿命の向上につながるほど顕著な効果は得られないため、100MPa以上とする。なお、より好ましくは、150MPa以上である。鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲を超える鋼板内の板厚方向に直角方向の圧縮残留応力については特に規定しないが、通常、板厚方向に4mmまでの範囲内より小さい大きさとなる。

[0023]

本発明に係る厚鋼板に溶接鋼構造物用としての強度と靱性（引張強さTS：490MPa以上、板厚1/4採取のシャルピー衝撃値として-40℃における吸収エネルギー：100J以上）を兼備させるための、好ましい、成分組成と製造条件は以下の様である。

[成分組成] 説明において%は質量%とする。

[0024]

C：0.03～0.15%

Cは、鋼の強度を増加させる作用を有する元素であり、所望の高強度を確保するためには、0.03%以上含有することが好ましいが、0.15%を超えて含有すると、溶接熱影響部靱性が低下する。このため、Cは0.03～0.15%の範囲に限定することが好ましい。

[0025]

Si：1.0%以下

Siは、脱酸剤として作用するとともに、固溶して鋼の強度を増加させる作用を有する元素である。このような効果を得るためには、0.01%以上含有することが望ましい。一方、1.0%を超える含有は、溶接熱影響部靱性を低下させる。このため、Siは1.0%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.50%以下である。

[0026]

Mn：1.0～2.0%

Mnは、鋼の強度を増加させる作用を有する元素であり、所望の高強度を確保するためには、1.0%以上含有することが好ましいが、2.0%を超えて含有すると、母材靱性の低下が懸念される。このため、Mnは1.0～2.0%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.9～1.60%である。

Ti : 0.005~0.05%、Nb : 0.001~0.05%の1種または2種

[0027]

Ti、Nbは、析出強化を介して強度を増加させるとともに、加熱時のオーステナイト粒の成長を抑制し鋼板組織の微細化に寄与する元素であり、本発明では1種または2種を含有する。

[0028]

Tiは、炭化物、窒化物を形成し、鋼板製造時のオーステナイト粒の微細化に寄与するとともに、溶接熱影響部の結晶粒粗大化を抑制し、溶接熱影響部靱性を向上させる。このような効果を得るためには、0.005%以上含有することが好ましい。一方、0.05%を超える含有は、靱性を低下させる。このため、Tiは0.005~0.05%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.005~0.02%である。

[0029]

Nbは、Tiと同様に、析出強化を介して強度を増加させ、さらに組織を微細化するとともに、オーステナイトの再結晶を抑制し、所望の組織を形成するための圧延による効果を促進する作用を有する。このような効果を得るためには、0.001%以上含有することが好ましいが、0.05%を超える含有は、組織が針状化し靱性が低下する傾向となる。このため、Nbは0.001~0.05%の範囲に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.02~0.05%である。

[0030]

Al : 0.1%以下

Alは、脱酸剤として作用するとともに、結晶粒の微細化にも寄与する元素であり、必要に応じて含有できる。このような効果を得るためには、0.015%以上含有することが望ましいが、0.1%を超える過剰の含有は、靱性の低下に繋がる。このため、含有する場合には、Alは0.1%以下に限定した。なお、好ましくは0.08%以下である。

[0031]

N : 0.0035~0.0075%

Nは、TiNの必要量を確保するために必要な元素で、0.0035%未満では十分なTiN量が得られず、0.0075%を超えると溶接熱サイクルによってTiNが溶解する領域において固溶N量が増加して、いずれの場合も溶接部の靱性を著しく低下させるため、0.0075%以下とする。

[0032]

更に特性を向上させる場合、上記基本成分に加えて、Cu、Ni、Cr、Mo、V、W、Zr、B、Caの1種または2種以上を含有することができる。

Cu: 0.01~0.5%、Ni: 2.0%以下、Cr: 0.01~0.5%、Mo: 0.01~0.5%、V: 0.001~0.1%、W: 0.5%以下、Zr: 0.5%以下、Ca: 0.0005~0.0030%、B: 0.0005~0.0020%の1種または2種以上

Cu、Ni、Cr、Mo、V、W、Zr、Bは、鋼の強度および靱性を向上させる元素で、所望する特性に応じて1種または2種以上を含有する。

[0033]

Cuは、主として析出強化を介して鋼の強度増加に寄与する。このような効果を得るためには、0.01%以上含有することが望ましいが、0.5%を超える含有は、析出強化が過多となり、靱性が低下する。このため、含有する場合には、Cuは0.5%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.35%以下である。Niは、鋼の強度を増加するとともに、靱性向上にも寄与する。

[0034]

Niは、Cuによる熱間圧延時の割れを防止するために有効に作用する。このような効果を得るためには、0.1%以上含有することが望ましい。しかし、2.0%を超えて多量に含有しても、効果が飽和し含有量に見合う効果が期待できなくなり経済的に不利となるとともに、Niは高価な元素であり多量の含有は材料コストの高騰を招く。このため、含有する場合には、Niは2.0%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.05%以上である。

[0035]

Crは、パーライト量を増加させ、鋼の強度増加に寄与する。このような効果を得るためには、0.01%以上含有することが望ましいが、0.5%を超える含有は、溶接部の靱性を低下させる。このため、含有する場合には、Crは0.

5%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.01~0.2%である。

[0036]

Moは、鋼の強度増加に寄与する。このような効果を得るためには、0.01%以上含有することが望ましいが、0.5%を超える含有は、溶接部の靱性を低下させる。このため、含有する場合には、Moは0.5%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.01~0.08%である。

[0037]

Vは、固溶強化、析出強化を介して鋼の強度増加に寄与する。このような効果を得るためには、0.001%以上含有することが望ましいが、0.1%を超える含有は、母材靱性および溶接性を顕著に低下させる。このため、Vは0.1%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.05~0.1%である。

[0038]

Wは、鋼の強度増加、とくに高温の強度増加に寄与する。このような効果を得るためには、0.1%以上含有することが望ましいが、0.5%を超える多量の含有は、溶接部の靱性を低下させる。また、高価なWの多量含有は材料コストの高騰を招く。このため、含有する場合には、Wは0.5%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.2~0.4%である。

[0039]

Zrは、鋼の強度増加に寄与するとともに、亜鉛めっき処理材における耐めっき割れ性を向上させる。このような効果を得るためには0.01%以上含有することが望ましいが、0.5%を超える含有は、溶接部靱性を低下させる。このため、含有する場合には、0.5%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.01~0.1%である。

[0040]

Bは、焼入れ性の向上を介し鋼の強度増加に寄与するとともに、圧延中にBNとして析出し、圧延後のフェライト粒の微細化に寄与する。このような効果を得るためには、0.0005%以上含有することが望ましいが、0.0020%を超える含有は靱性を劣化させる。このため、含有する場合には、Bは0.002

0%以下に限定することが好ましい。なお、より好ましくは0.001~0.003%である。

[0041]

Ca : 0.0005%~0.0030%

Caは、Sの固定による靱性改善効果を有する元素である。このような効果を発揮させるには少なくとも0.0005%は含有することが必要であるが、0.0030%を超えて含有しても効果が飽和するため、0.0005%~0.0030%とする。

[0042]

上記した成分以外の残部は、Feおよび不可避免の不純物で、P : 0.035%以下、S : 0.035%以下が許容できる。

[0043]

[製造条件]

スラブ等の鋼素材の製造方法は、とくに限定しない。上記組成の溶鋼を、転炉等の常用の溶製炉を用いて溶製し、連続鋳造法等の常用の方法で、スラブ等の鋼素材とし、1000~1250℃の温度に加熱する。

[0044]

加熱温度が1000℃未満では、所望の熱間圧延が困難となる。一方、1250℃を超える加熱温度では、表面酸化が顕著となり、また、結晶粒の粗大化が顕著となる。このため、鋼素材の加熱温度は、1000~1250℃の範囲の温度に限定することが好ましい。なお、より好ましくは、靱性向上の観点から、1200℃以下である。

[0045]

加熱された鋼素材に、熱間圧延を施す。熱間圧延は、(Ar3点+50)℃以上の温度域において累積圧下率30%以上の圧延を行い、後述の冷却条件との組み合わせで、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲に、100MPa以上の板厚方向に直角方向の圧縮残留応力を導入する。Ar3点は、例えば、 $Ar3(℃) = 910 - 273 \times C - 74 \times Mn - 57 \times Ni - 16 \times Cr - 9 \times Mo - 5 \times Cu$ (各元素は含有量(質量%))で求めることが可能である。

[0046]

熱間圧延では、板厚50mm以上の鋼板とする。圧縮残留応力は、疲労特性を向上させるが、座屈性能を低下させ、その低下は板厚が薄い鋼板ほど顕著で板厚50mm未満では鋼板自体の座屈性能の低下が懸念されるため、板厚50mm以上とする。

[0047]

尚、本発明は規定した温度域外での圧延を制限するものではなく、スラブ加熱後の高温で実施する粗圧延などを行うことが可能である。

[0048]

圧延終了後、 $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度にて 350°C 以下まで冷却する。冷却速度、冷却停止温度のどちらかが上記規定を外れると、鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲において、板厚方向に直角となる 100MPa 以上の圧縮残留応力が得られない。より好ましくは、 $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度にて 300°C 以下まで冷却する。

[0049]

本発明では、板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板の隅肉継手の溶接条件として溶接入熱(kJ/cm)と積層方法を規定する。溶接入熱(welding heat input) (単に、入熱と言う場合がある)は $30\text{kJ}/\text{cm}$ 以下とする。 $30\text{kJ}/\text{cm}$ を超える入熱で隅肉溶接すると、溶接の熱影響により、鋼板の組織あるいは内部残留応力の形態が変化し、板厚方向の耐疲労特性に優れた鋼板の疲労特性に悪影響を及ぼすため $30\text{kJ}/\text{cm}$ 以下とする。

[0050]

また、溶接入熱 $30\text{kJ}/\text{cm}$ 以下であっても3層や6パスを超える積層で隅肉溶接継手を作製すると、溶接止端部の圧縮残留応力が高くなり、疲労特性向上効果が得られなくなるため、積層は3層以下かつ6パス以下とする。なお、溶接法は特に規定しない。手溶接(hand welding)、MIG溶接(metal inert gas welding)、 CO_2 溶接(carbon dioxide welding)などが適用できる。

[実施例1]

表1に示す組成の鋼素材に、表2に示す条件で熱間圧延を施し、板厚55~70mmの厚鋼板とした。これら厚鋼板について、残留応力測定、引張試験、靱性

試験、疲労試験を実施した。試験方法はつぎのとおりとした。

(1) 残留応力測定

得られた厚鋼板から、X線による残留応力の測定用試験片（大きさ：板厚（鋼板元厚まま）×12.5mm×300mm〔板厚方向寸法×圧延直角方向寸法×圧延方向寸法〕）を採取し、測定面〔12.5mm×300mmの面〕に電解研磨を施した後、板厚方向に4mmピッチでX線により板厚方向に直角方向の残留応力を測定した。板厚方向に4mmピッチで測定するライン数は5ラインとした。測定された5ラインの残留応力を各板厚位置毎に5点平均して求めた残留応力の板厚方向分布図から、表面／裏面から4mmの位置における残留応力（マイナスの値）を求め、その絶対値を、圧縮残留応力とした。

(2) 引張試験

得られた厚鋼板から、JIS Z 2201（1998）の規定に準拠して、引張方向が鋼板の圧延方向と直角方向となるように、JIS 4号引張試験片（平行部径：14mm）を採取した。試験片の採取位置は、板厚の1/4位置とした。引張試験は、JIS Z 2241（1998）に準拠して行い、YS：降伏強さまたは0.2%耐力TS：引張強さ、伸びELを求め、静的引張時の引張特性を評価した。

(3) 靱性試験

得られた厚鋼板から、JIS Z 2242（2005）の規定に準拠して、長手方向が圧延方向に平行となるように、Vノッチ試験片を採取し、-40℃における吸収エネルギーを求め、靱性を評価した。なお、Vノッチ試験片は、板厚の1/4位置から採取した。

(4) 疲労試験

得られた厚鋼板から、疲労亀裂の伝播方向が板厚方向となるように、疲労試験用試験片（大きさ：板厚（鋼板元厚まま）×12.5mm×300～350mm〔板厚方向寸法×圧延垂直方向寸法×圧延方向寸法〕）を採取した。試験片は、図1に示す寸法形状の切欠き付き3点曲げ疲労試験片であり、疲労試験時の曲げスパン(bending span)を板厚の4倍とするため、板厚が50～65mmの場合、圧延方向寸法を300mm、板厚が80mmの場合、圧延方向寸法を350mmとした。疲労試験は、応力範囲が340MPa、応力比R（=最小荷重/最大荷

重)が0.1となる条件で実施して、板厚方向の疲労特性(疲労寿命)を求めた。

得られた結果を表2に示す。本発明例(No. 2、4、5、7、8、10、13、15、17)はいずれも、表面/裏面から4mmの位置(表面/裏面から4mmまでの範囲で圧縮残留応力が最低の位置)で、板厚方向に垂直方向の圧縮残留応力が100MPa以上となっており、靱性の低下もなく、板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板となっている。

一方、比較例(No. 1、3、6、9、11、12、14、16)は、板厚方向に垂直方向の圧縮残留応力が100MPa未満となっており、板厚方向の耐疲労特性が劣る。比較例11は鋼の成分組成においてC量が0.23質量%と本発明の好ましい含有量の上限を超えるため、圧縮残留応力が100MPa未満で板厚方向の耐疲労特性が劣る。

[実施例2]

[0051]

表3に化学成分、表4に製造条件および特性を示す板厚55~70mmの板厚方向の疲労特性に優れる厚鋼板2を用いて、隅肉溶接継手を作製し、図2に形状を示す切欠付3点曲げ隅肉溶接継手疲労試験片を用いて3点曲げ疲労試験を実施した。厚鋼板2の組織、機械的特性および板厚方向疲労特性を確認するための試験方法は、実施例1と同様に行った。

[0052]

上述した試験により特性を確認した厚鋼板2を用いて、図4に示す条件にて隅肉溶接継手を作製し、疲労試験を実施した。疲労試験片として、図2に示す寸法形状の切欠付3点曲げ隅肉溶接継手疲労試験片を用い、応力範囲が340MPa、応力比R(=最小荷重/最大荷重)が0.1となる条件で実施して、疲労寿命を求めた。厚鋼板2で得られた結果を表5に示す。

[0053]

厚鋼板2において、本発明例(試験No. 2、7、8、10)はいずれも、応力範囲340MPaの厳しい条件で、疲労寿命が25万回以上で耐疲労特性に優れた隅肉溶接継手の得られることが確認された。一方、本発明で規定する溶接条件(入熱30kJ/cm以下、3層以下かつ6パス以下の積層条件)の範囲を外れる比較例(試験No. 4、5)および、板厚方向の疲労寿命が劣る厚鋼板を用

いた比較例（試験N o. 1、3、6、9）は、耐疲労特性が確保できていない。

[0054]

[表 1]

表1

(質量%)

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti	V	Cu	Ni	Cr	Mo	W	Zr	N	B	Ca
1	0.13	0.10	1.20	0.009	0.002	0.005	0.009	0.009	-	-	-	-	-	-	-	0.0042	0.0008	0.0023
2	0.06	0.30	1.70	0.006	0.002	0.020	0.007	0.020	-	0.02	-	-	-	-	-	0.0051	0.0011	0.0024
3	0.10	0.10	1.30	0.007	0.002	0.040	0.009	0.008	-	-	-	-	0.06	-	-	0.0055	0.0015	0.0008
4	0.09	0.20	1.30	0.006	0.003	0.050	0.008	0.010	-	0.1	0.2	-	0.05	-	-	0.0050	0.0009	0.0023
5	0.23	0.80	1.00	0.010	0.002	0.010	0.008	0.010	0.005	-	-	-	-	-	-	0.0061	0.0011	0.0022
6	0.08	0.19	1.53	0.005	0.001	0.025	-	0.014	-	0.01	0.18	-	-	-	-	0.0050	-	-
7	0.07	0.30	1.55	0.006	0.002	0.035	0.005	0.010	0.005	-	0.19	0.05	-	0.2	0.01	0.0040	0.0014	-
8	0.10	0.20	1.53	0.025	0.014	-	-	0.012	-	-	-	-	-	-	-	0.0042	-	-

[0055]

[表 2]

表2

No.	鋼No.	板厚 (mm)	加熱温 度 (°C)	(Ar3+50) °C以上の累積 圧下率 (%)	圧延終 了後の 冷却速 度 (°C/s)	冷却停 止温度 (°C)	圧縮残 留応力*1 (MPa)	板厚方向疲 労寿命*2 (cycle)	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	vE-40°C (J)	備考
1	1	60	1030	20	6.0	340	40	250,000	447	572	28	280	比較例
2	1	60	1030	60	6.0	340	105	>2,000,000	470	605	25	220	本発明例
3	2	55	1100	15	7.0	320	60	300,000	471	590	25	290	比較例
4	2	55	1250	65	7.0	320	120	>2,000,000	495	625	23	90	本発明例
5	2	55	1100	65	7.0	320	120	>2,000,000	490	620	24	200	本発明例
6	3	60	1050	20	1.0	280	30	200,000	436	558	28	210	比較例
7	3	60	1050	50	3.0	280	110	>2,000,000	445	575	24	200	本発明例
8	3	60	1050	50	5.0	280	130	>2,000,000	455	585	23	190	本発明例
9	4	70	1030	70	6.0	450	50	270,000	458	589	23	150	比較例
10	4	70	1030	70	6.0	240	130	>2,000,000	478	610	23	140	本発明例
11	5	60	1050	65	9.0	300	80	500,000	535	650	22	50	比較例
12	6	60	1100	65	1.0	280	30	200,000	410	540	26	190	比較例
13	6	60	1100	65	7.0	280	130	>2,000,000	450	580	24	200	本発明例
14	7	80	1050	70	1.0	240	40	180,000	400	520	23	50	比較例
15	7	80	1050	70	6.0	240	140	>2,000,000	430	550	23	110	本発明例
16	8	55	1100	15	7.0	310	70	320,000	470	585	24	190	比較例
17	8	55	1100	65	7.0	310	120	>2,000,000	495	630	22	180	本発明例

*1: 鋼板の表面/裏面から4mmの位置における板厚方向に垂直方向の圧縮残留応力

*2: 応力範囲: 340MPa、応力比: 0.1における値。試験条件は大気中、室温。

[0056]

[表 3]

表3

(質量%)

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti	V	Cu	Ni	Cr	Mo	W	Zr	N	B	Ca
6	0.13	0.10	1.20	0.009	0.002	0.005	0.009	0.009	-	-	-	-	-	-	-	0.0042	0.0008	0.0023
7	0.06	0.30	1.70	0.006	0.002	0.020	0.007	0.020	-	0.02	-	-	-	-	-	0.0051	0.0011	0.0024
8	0.10	0.10	1.30	0.007	0.002	0.040	0.009	0.008	-	-	-	-	0.06	-	-	0.0055	0.0015	0.0008
9	0.09	0.20	1.30	0.006	0.003	0.050	0.008	0.010	-	0.1	0.2	-	0.05	-	-	0.0050	0.0009	0.0023

[0057]

[表 4]

表4

No.	鋼No.	板厚 (mm)	加熱温 度 (°C)	(Ar3+50) °C以上の 累積 圧下率 (%)	圧延終 了後の 冷却速 度 (°C/s)	冷却停 止温度 (°C)	圧縮残 留応力*1 (MPa)	板厚方向疲 労寿命*2 (cycle)	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	vE-40°C (J)	備考
1	6	60	1030	20	6.0	340	40	250,000	447	572	28	280	比較例
2	6	60	1030	60	6.0	340	105	>2,000,000	470	605	25	220	本発明例
3	7	55	1100	15	7.0	320	60	300,000	471	590	25	290	比較例
4	7	55	1250	65	7.0	320	120	>2,000,000	495	625	23	90	本発明例
5	7	55	1100	65	7.0	320	120	>2,000,000	490	620	24	200	本発明例
6	8	60	1050	20	1.0	280	30	200,000	436	558	28	210	比較例
7	8	60	1050	50	3.0	280	110	>2,000,000	445	575	24	200	本発明例
8	8	60	1050	50	5.0	280	130	>2,000,000	455	585	23	190	本発明例
9	9	70	1030	70	6.0	450	50	270,000	458	589	23	150	比較例
10	9	70	1030	70	6.0	240	130	>2,000,000	478	610	23	140	本発明例

*1: 鋼板の表面/裏面から4mmの位置における板厚方向に垂直方向の圧縮残留応力

*2: 応力範囲: 340MPa、応力比: 0.1における値。試験条件は大気中、室温。

[0058]

[表 5]

表5

No.	鋼 No.	板厚 (mm)	圧縮残留 応力*1 (MPa)	条件2* 条件3	鋼板の 板厚方 向 高疲労 条件	板厚方向 疲労寿命* 2 (cycle)	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	vE-40°C (J)	溶接入 熱 (kJ/cm)	隅肉溶接 積層	隅肉溶接継 手 疲労寿命*2 (cycle)	備考
1	6	60	40	×	×	250,000	447	572	28	280	20	2層3/パス	30,000	比較例
2	6	60	105	○	○	>2,000,000	470	605	25	220	20	2層3/パス	380,000	本発明例
3	7	55	60	×	×	300,000	471	590	25	290	20	2層3/パス	40,000	比較例
4	7	55	120	○	○	>2,000,000	495	625	23	90	27	6層10/パス	50,000	比較例
5	7	55	120	○	○	>2,000,000	490	620	24	200	40	2層3/パス	80,000	比較例
6	8	60	30	×	×	200,000	436	558	28	210	15	1層1/パス	30,000	比較例
7	8	60	110	○	○	>2,000,000	445	575	24	200	20	2層3/パス	360,000	本発明例
8	8	60	130	○	○	>2,000,000	455	585	23	190	15	1層1/パス	450,000	本発明例
9	9	70	50	×	×	270,000	458	589	23	150	20	2層3/パス	30,000	比較例
10	9	70	130	○	○	>2,000,000	478	610	23	140	20	2層3/パス	350,000	本発明例

注 下線は本発明範囲外であることを示す

*1: 鋼板の表面/裏面から4mmの位置における板厚方向に直角方向の圧縮残留応力

*2: 応力範囲: 340MPa、応力比: 0.11における値。試験条件は大気中、室温。

*3: 厚鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲において、板厚方向と直角方向の圧縮残留応力が100MPa以上

請求の範囲

[請求項 1]

鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、板厚方向に直角となる圧縮残留応力が 100 MPa 以上である厚鋼板。

[請求項 2]

前記厚鋼板が、質量%で、C : 0.03 ~ 0.15 %、Si : 1.0 % 以下、Mn : 1.0 ~ 2.0 % を含み、更に Ti : 0.005 ~ 0.05 %、Nb : 0.001 ~ 0.05 % の 1 種または 2 種、N : 0.0035 ~ 0.0075 % を含有し、残部 Fe および不可避免的不純物からなる組成を有する請求項 1 に記載の厚鋼板。

[請求項 3]

更に、質量%で、Cu : 0.01 ~ 0.5 %、Ni : 2.0 % 以下、Cr : 0.01 ~ 0.5 %、Mo : 0.01 ~ 0.5 %、V : 0.001 ~ 0.1 %、W : 0.5 % 以下、Zr : 0.5 % 以下、Ca : 0.0005 ~ 0.0030 %、B : 0.0005 ~ 0.0020 % の 1 種または 2 種以上を含有する組成とする請求項 2 に記載の厚鋼板。

[請求項 4]

更に、質量%で、Al : 0.1 % 以下を含有する組成とする請求項 2 または 3 に記載の厚鋼板。

[請求項 5]

請求項 2 ないし 4 のいずれか一つに記載の化学成分を有する鋼素材を、1000 ~ 1250 °C の温度に加熱後、板厚中央部が (Ar3 点 + 50) °C 以上となる温度域で累積圧下率 30 % 以上の熱間圧延を行い、その後、3 °C / s 以上の冷却速度にて 350 °C 以下まで冷却する厚鋼板の製造方法。

[請求項 6]

板厚 50 mm 以上の板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板の隅肉部を、入熱 30 kJ / cm 以下、3 層以下かつ 6 パス以下の積層で溶接した隅肉溶接継手。

[請求項 7]

前記板厚 50 mm 以上の厚鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に 4 mm までの範囲において、板厚方向と直角方向の圧縮残留応力が 100 MPa 以

上である請求項 6 に記載の隅肉溶接継手。

図 1

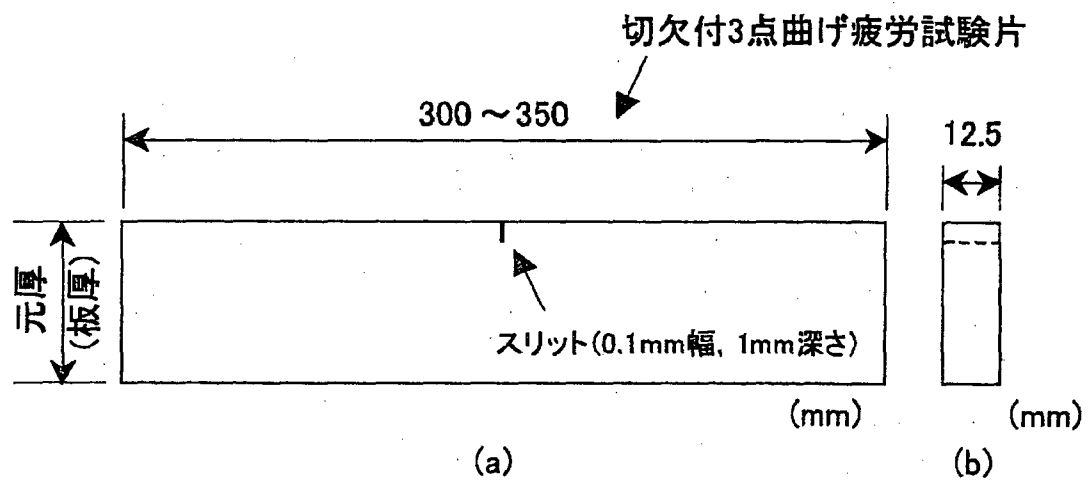


図 2

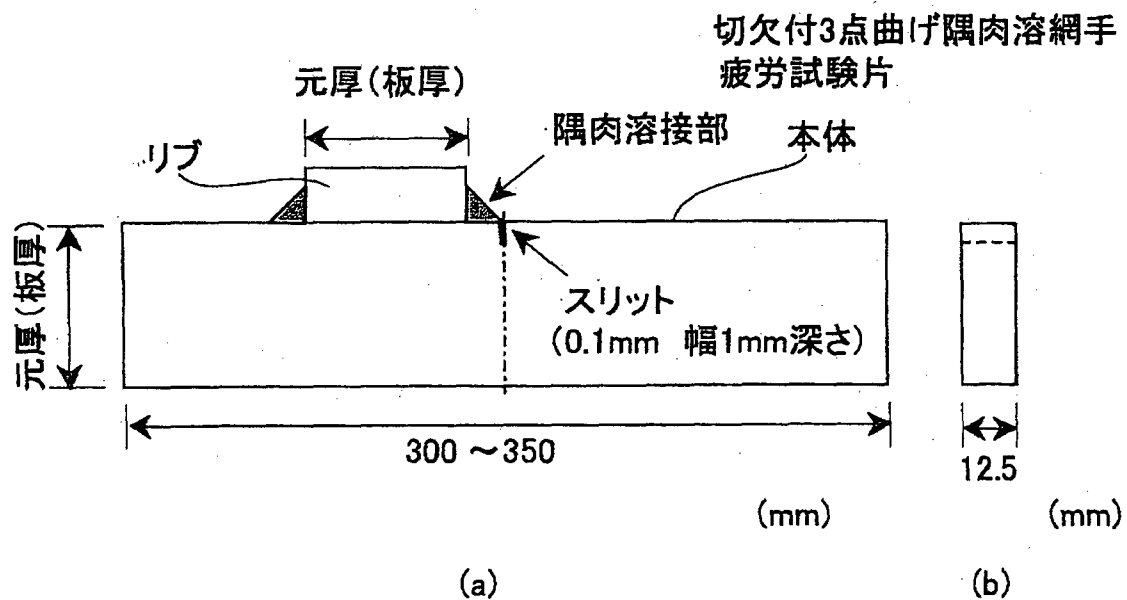


図 3

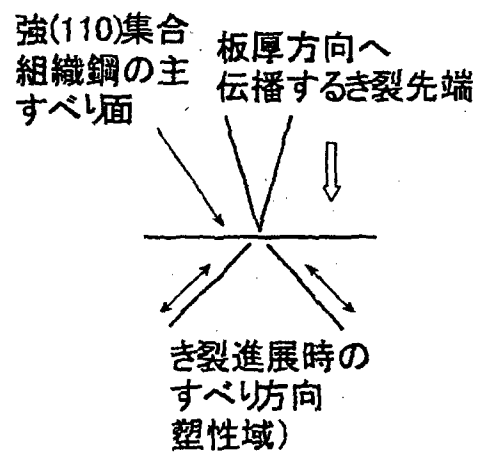


図 4

開先形状	
積層条件	片側1層1パス, 片側2層3パス, 片側3層6パス, 片側4層10パス
溶接方法	CO ₂
溶接ワイヤー	DW-55E
溶接入熱	10~80kJ/cm

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, B23K9/02(2006.01)i, B23K9/23(2006.01)i, C21D8/02
(2006.01)i, C22C38/14(2006.01)i, C22C38/58(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)

C22C1/00-49/14, B23K9/02, B23K9/23, C21D8/02

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y	JP 2007-46096 A (Nippon Steel Corp.), 22 February 2007 (22.02.2007), claims; paragraph [0019]; tables 1, 2 (Family: none)	1, 4, 5 7
X Y	WO 2006/009299 A1 (Nippon Steel Corp.), 26 January 2006 (26.01.2006), claims; page 7, lines 18 to 26; page 10, line 26 to page 11, line 4; tables 1, 2 & JP 2009-174059 A & US 2007/0193664 A1 & EP 1777315 A1 & KR 10-2007-0027715 A & CN 1989265 A & KR 10-2008-0090574 A & TW 200940723 A & TWB 00I327170	1-5 7

☒ 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
21 June, 2012 (21.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058787

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 8-253821 A (Nippon Steel Corp.), 01 October 1996 (01.10.1996), claims; paragraphs [0043] to [0044] (Family: none)	6 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058787

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1, 5 and 7 and the invention of claim 6 have no same or corresponding special technical feature.

Accordingly, the following two invention groups are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1-5 and 7

A thick steel plate in which, in the range from each or one rolled surface of the steel plate to a depth of 4 mm therefrom, the compressive residual stress in a direction perpendicular to the plate thickness direction is 100 MPa or higher.

(Invention 2) the invention of claim 6

(Continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058787

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

A fillet weld joint in which thick steel plates each having a thickness of 50 mm or greater and having excellent thickness-direction fatigue resistance have been welded through a fillet formed by welding conducted at a heat input of 30 kJ/cm or less so as to form three or less layers through six or less passes.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, B23K9/02(2006.01)i, B23K9/23(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)i,
C22C38/14(2006.01)i, C22C38/58(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 (I P C))

Int.Cl. C22C1/00-49/14, B23K9/02, B23K9/23, C21D8/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
X Y	JP 2007-46096 A (新日本製鐵株式会社) 2007.02.22, 特許請求の範囲、【0019】、【表1】、【表2】 (ファミリーなし)	1, 4, 5 7
X Y	WO 2006/009299 A1 (新日本製鐵株式会社) 2006.01.26, 請求の範囲、第7頁第18-26行、第10頁第26行-第11頁 第4行、表1、表2 & JP 2009-174059 A & US 2007/0193664 A1 & EP 1777315 A1 & KR 10-2007-0027715 A & CN 1989265 A & KR 10-2008-0090574 A & TW 200940723 A & TWB 00I327170	1-5 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

河野 一夫

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

9 8 3 3

C (続き) . 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
X Y	JP 8-253821 A (新日本製鐵株式会社) 1996. 10. 01, 特許請求の範囲、【 0 0 4 3 】－【 0 0 4 4 】 (ファミリーなし)	6 7

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1－5，7に係る発明と、請求項6に係る発明とは、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しない。

そして、請求の範囲には以下に示す2の発明群が含まれる。

（発明1）請求項1－5，7に係る発明

鋼板の圧延面の両側または片側から板厚方向に4mmまでの範囲において、板厚方向に直角となる圧縮残留応力が100MPa以上である厚鋼板。

（発明2）請求項6に係る発明

板厚50mm以上の板厚方向の耐疲労特性に優れた厚鋼板の隅肉部を、入熱30kJ/cm以下、3層6パス以下の積層で溶接した隅肉溶接継手。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。