

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008 年 1 月 31 日 (31.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/013233 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/04 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *B21B 1/22* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064694
- (22) 国際出願日: 2007 年 7 月 26 日 (26.07.2007)
- (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 2006-205283 2006 年 7 月 27 日 (27.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立
 大学法人東京大学 (The University of Tokyo) [JP/JP];
 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 Tokyo
 (JP). 特殊金属工業株式会社 (TOKUSHU KINZOKU
 KOGYO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1710031 東京都豊島区
 目白 1 丁目 4 番 2 5 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): 小関 敏彦
 (KOSEKI, Toshihiko) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京
 区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人東京大学内
 Tokyo (JP). 鈴木 俊夫 (SUZUKI, Toshio) [JP/JP]; 〒
 1138654 東京都文京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大

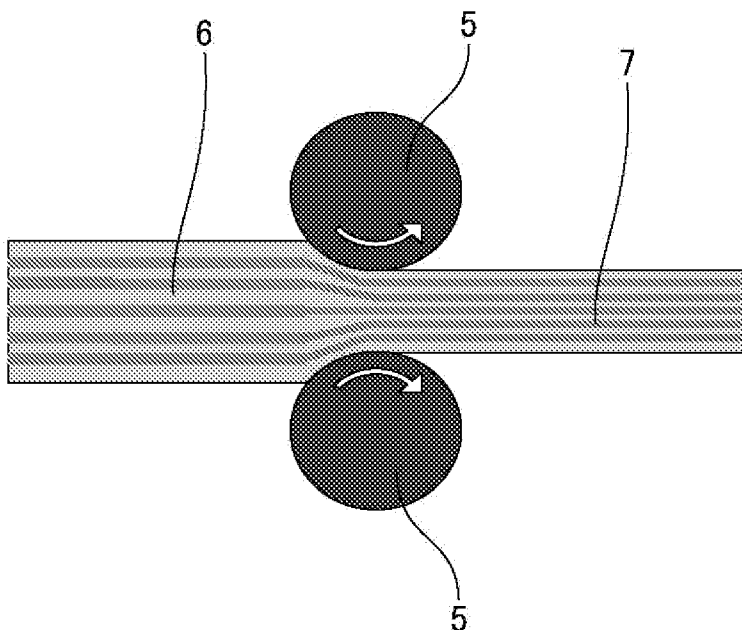
学法人東京大学内 Tokyo (JP). 吉田 豊信 (YOSHIDA,
 Toyonobu) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁
 目 3 番 1 号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 井
 上 純哉 (INOUE, Junya) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文
 京区本郷七丁目 3 番 1 号 国立大学法人東京大学内
 Tokyo (JP). 田中 光之 (TANAKA, Mitsuyuki) [JP/JP];
 〒1710031 東京都豊島区目白 1 丁目 4 番 2 5 号 特殊
 金属工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 牛木 護 (USHIKI, Mamoru); 〒1050001 東京
 都港区虎ノ門一丁目 1 4 番 1 号 郵政福祉琴平ビル
 3 階 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,
 BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
 SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG,
 CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

[続葉有]

(54) Title: MULTILAYER STEEL AND METHOD FOR PRODUCING MULTILAYER STEEL

(54) 発明の名称: 複層鋼及び複層鋼の製造方法



(57) Abstract: Disclosed is a multilayer
 steel of steel/steel laminate type which
 has incompatible characteristics such as
 strength and ductility at the same time and
 is excellent in strength, ductility, joinability,
 embrittlement characteristics and fatigue
 resistance characteristics. Also disclosed is
 a method for producing a multilayer steel.
 Specifically, a multilayer steel of steel/steel
 laminate type is produced by rolling at
 least two kinds of steels having different
 constitutions or different mechanical
 characteristics in combination.

(57) 要約: 強度、延性などの相反する
 特性を両立することができ、強度、延
 性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に
 優れた鋼／鋼積層型の複層鋼及び複層
 鋼の製造方法を提供する。組織又は機
 械的特性の異なる少なくとも 2 種以上
 の鋼を組み合わせる圧延し、鋼／鋼積
 層型の複層鋼を形成する。

WO 2008/013233 A1



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

複層鋼及び複層鋼の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、鋼の高強度と高延性の相反する特性を両立することのできる鋼／鋼積層型の複層鋼及び複層鋼の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 自動車などの移動体には、性能や環境対応の観点から軽量化が求められる。そのため、その構造材料において、これまでに大きく2つのアプローチがなされてきた。1つは、鉄鋼材料を高強度化することにより薄肉化することであり、もう1つは鉄鋼材料の代わりに比重の小さい合金を用いることである。

[0003] 鉄鋼材料を高強度・薄肉化すると、材料の高強度・薄肉化にともない延性及び耐疲労特性の低下、水素脆化などの問題が生じてしまう。

[0004] また、鉄鋼材料の代わりに比重の小さいAlやMgなどの合金を用いると、強度や剛性が低いため、鉄鋼材料と同等の強度や剛性を得るためには、板厚を増やすか断面形状を複雑にしなければならない。したがって、比重差ほどの軽量化効果を得ることができないばかりか、成形性の低下、異材接合における脆化、腐食などの問題が生じてしまう。

[0005] したがって、構造の軽量化を行うために、鋼を高強度化すると同時に、それに付随して起こる延性、靱性、剛性、加工性、安全性、脆化特性、耐疲労特性、耐腐食性、耐環境性などの低下を解決した鉄鋼材料が強く求められている。

[0006] しかしながら、特に強度と延性は相反する特性であるため、これまでの鉄鋼材料では両立させることが困難である。

[0007] 図1は、従来における鋼の強度－延性の相関を示すグラフである。グラフは、強度として引張強度、延性として伸びにより表されている。グラフ中のMART(Martensite)は、低延性で超高強度なマルテンサイト鋼である。グラフより、いずれの鋼においても、高強度化すると延性が低下してしまうことが分かる。

[0008] 従来、材料の特性を改善する手段の1つとして、必要となる特性を有する複数の異

なる材料を用いて複層化することも検討されている。

[0009] 鋼又は他材料を複層化した材料としては、クラッド板、ラミネート板、コンポジット材料などがある。

[0010] クラッド板は、耐食性などの機能付与を目的として表面に耐食性に優れた鋼などを貼り付けた鋼板又は金属板である。クラッド板を形成する方法として、異なる鋼同士を冷間圧延し、焼鈍する方法(例えば、特許文献1)等が提案されている。

[0011] ラミネート板は、制振機能・断熱機能などの機能付与を目的として樹脂などを挟んだ鋼板又は金属板である。ラミネート板を形成する方法として、2枚の金属板間に接合された樹脂を溶融させて加圧成形する方法(例えば、特許文献2)等が提案されている。

[0012] コンポジット材料は、材料自体の高強度化を目的としてポリマー、金属箔などのラミネート箔又は炭素系材料などをコンポジットした板状材料である。異なる材料のコンポジット材料を形成する方法として、プリプレグシートからなるコンポジットパーツを圧縮成形する方法(例えば、特許文献3)等が提案されている。複層化することにより、材料自体の靱性、疲労特性が向上するという報告がある。

特許文献1:特開平5-5190

特許文献2:特開2001-277271

特許文献3:特開2005-306039

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0013] 従来技術において、クラッド板は、異なる鋼又は金属板同士を圧延し、焼鈍などを行うことによって得られる鋼板又は金属板であり、主に表面機能などの機能付与が目的であり、接合を前提とした構造材料自体の高性能化を目的としていない。また、ラミネート板は、2枚の金属板間に接合された樹脂を溶融させて加圧成形などを行うことによって得られる鋼板又は金属板であるため、制振機能・断熱機能などの機能付与が目的であり、接合を前提とした構造材料自体の高性能化を目的としていない。

[0014] コンポジット材料は、材料を圧縮成形など行うことによって得られる板状材料であり、複層化した板状材料自体の高強度化を目的としている。また複層化することにより、

セラミックスなどの脆性材料の靱性の向上や疲労特性が向上するという報告がある。本発明ではこれらの知見を参照するが、本発明で注目しているような強度－延性のバランス、および靱性、加工性、接合性、疲労特性などの特性に関する検討はない。

[0015] 結局、従来のいずれの複層化材料においても強度、延性などの相反する特性を改善した構造材料を達成することができなかった。

[0016] そこで、本発明は上記問題点に着目し、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた鋼／鋼積層型の複層鋼及び複層鋼の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明の請求項1記載の複層鋼は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせ、圧延によって形成したことを特徴とする。

[0018] 本発明の請求項2記載の複層鋼は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を層状に重ね合わせた積層鋼を圧延し、所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とする第一の層と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とする第二の層とを形成したことを特徴とする。

[0019] 本発明の請求項3記載の複層鋼は、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避的不純物を含む鋼A、鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼Bのうちの1種又は2種からなる第一の層及び質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001から0.3%及び不可避的不純物を含む鋼C、鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.

0%、及び不可避免の不純物を含む鋼E、

鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、

質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免の不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H

のうちの1種以上からなる第二の層を組み合わせ、圧延によって形成したことを特徴とする。

[0020] 本発明の請求項4記載の複層鋼は、請求項1～3のうちいずれか1項において、複層鋼を構成する各層が125 μ m以下の厚さからなることを特徴とする。

[0021] 本発明の請求項5記載の複層鋼は、請求項1～3のうちいずれか1項において、複層鋼を構成する層数が5層以上からなることを特徴とする。

[0022] 本発明の請求項6記載の複層鋼の製造方法は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせ圧延し、複層鋼を形成することを特徴とする。

[0023] 本発明の請求項7記載の複層鋼の製造方法は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を層状に重ね合わせるにより積層鋼を形成する積層ステップと、前記積層鋼を圧延し、所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とする第一の層と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とする第二の層とを形成し、前記第一の層及び前記第二の層を備えた複層鋼を作製する圧延ステップとを備えることを特徴とする。

[0024] 本発明の請求項8記載の複層鋼の製造方法は、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免の不純物を含む鋼A、
鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.0

0.1%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼B

のうちの1種又は2種からなる第一の層及び

質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001から0.3%及び不可避免的不純物を含む鋼C、

鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、

質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼E、

鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、

質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H

のうちの1種以上からなる第二の層を組み合わせ圧延し、複層鋼を形成することを特徴とする。

[0025] 本発明の請求項9記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、複層鋼を構成する各層が125 μ m以下の厚さからなることを特徴とする。

[0026] 本発明の請求項10記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、複層鋼を構成する層数が5層以上からなることを特徴とする。

[0027] 本発明の請求項11記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、前記複層鋼の各層の最終厚さを、圧延によって圧延前の各層の元厚の1

/2以下にして複層鋼を形成する

ことを特徴とする。

[0028] 本発明の請求項12記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、前記圧延が熱間圧延であることを特徴とすることを特徴とする。

[0029] 本発明の請求項13記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、前記圧延が冷間圧延であることを特徴とする。

[0030] 本発明の請求項14記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、前記圧延が温間圧延であることを特徴とする。

[0031] 本発明の請求項15記載の複層鋼の製造方法は、請求項6～8のうちいずれか1項において、前記圧延が、熱間圧延、冷間圧延及び温間圧延のうち少なくとも2種以上併用した圧延であることを特徴とする。

[0032] 本発明の請求項16記載の複層鋼の製造方法は、請求項6又は8において、前記圧延後に熱処理を行うことを特徴とする。

[0033] 本発明の請求項17記載の複層鋼の製造方法は、請求項14又は15において、前記温間圧延は、200℃～750℃の範囲で圧延を行うことを特徴とする。

[0034] 本発明の請求項18記載の複層鋼の製造方法は、請求項13又は15において、前記冷間圧延は、圧下率が30%以上の圧延を少なくとも1回以上行うことを特徴とする。

[0035] 本発明の請求項19記載の複層鋼の製造方法は、請求項7又は16において、前記熱処理は900℃～1250℃の範囲内で1秒以上均熱し、前記熱処理の後常温まで冷却させることを特徴とする。

発明の効果

[0036] 本発明による複層鋼及び複層鋼の製造方法によれば、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせた積層鋼を圧延し複層鋼を形成することによって、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に優れた鋼／鋼積層型の複層鋼を製造できる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]従来の鋼の強度－延性の相関を示すグラフである。

[図2]本発明の複層鋼の製造方法による複層化による特性改善を説明するグラフである。

[図3]本発明の複層鋼の製造方法による複層鋼の脆性破壊の例を示す図である。

[図4]本発明の複層鋼の製造方法による複層鋼の脆性破断条件を説明する図である。

[図5]本発明の複層鋼の製造方法によるクラックない複層鋼を得るための条件を示すグラフである。

[図6]本発明の複層鋼の製造方法による複層鋼のネッキングの例を示す図である。

[図7]本発明の複層鋼の製造方法による圧延前の積層鋼の断面写真である。

[図8]本発明の複層鋼の製造方法による積層鋼の圧延方法を示す概略図である。

[図9]熱処理温度と伸びとの関係を示すグラフである。

[図10]最大パス圧下率と伸びとの関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0038] 本発明の複層鋼は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせて複層化することにより鋼自体の特性改善を図ることができる。

[0039] 図2に、本発明の複層化による特性改善を説明するグラフを示す。横軸は、引張強度であり、縦軸は、延性である。グラフ中の鋼Iは、引張強度は比較的低いが、延性は比較的高い鋼であるのに対し、鋼IIは、引張強度は比較的高いが、延性は比較的低い鋼である。本発明者らは、鋼I及び鋼IIを複層化することにより、引張強度は鋼Iと鋼IIの積層比による相加平均で決まるが、延性は鋼／鋼の複層界面を作った場合は複層化により相加平均以上になることを見出した。更に検討した結果、延性の向上は特に複層の層厚、積層数を制御することでさらに顕著となることが判明した。

[0040] 実際上、図2に示すように、本発明の複層鋼10は、高強度であって低延性である第一の層12と、低強度であって高延性である第二の層11とから構成されており、第一の層12を偶数層とし、第二の層11を奇数層として順次交互に奇数枚積層し、これにより高延性である第二の層11が両外面に配置されるように形成されている。

[0041] なお、この実施の形態の場合、奇数枚の積層として、9枚を積層した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は、高強度であって低延性である第一の層12

を、低強度であって高延性である第二の層11で挟み込み、かつ第二の層11が両外面に配置されればよく、5枚や、11枚等この他種々の奇数枚に積層しても良い。

[0042] 本発明の複層鋼10は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせて圧延し形成したことを特徴とするものである。

[0043] 實際上、複層鋼10における第一の層12は、マルテンサイトを主たる相としており、マルテンサイトのみからなる鋼や、マルテンサイト及びベイナイトからなる鋼によって形成されている。また、第二の層11は、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とする鋼によって形成されている。

[0044] また、本発明の複層鋼10は、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免の不純物を含む鋼A、
鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼B
のうちの1種又は2種からなる第一の層12及び
質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001%から0.3%及び不可避免の不純物を含む鋼C、
鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、
質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免の不純物を含む鋼E、
鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、
質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免の不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H
のうちの1種以上からなる第二の層11を組み合わせ圧延し形成したことを特徴とするものである。

[0045] 本発明に用いる鋼としては、組織又は機械特性の異なる鋼であれば、特定のものに限定されないが、例えば、マルテンサイト鋼、オーステナイト鋼、IF (Interstitial Free) 鋼、DP (Dual Phase) 鋼、TRIP 鋼、析出強化型鋼、ステンレス鋼又はTiなどの合金であるのが好ましい。

[0046] 本発明に用いる第一の層12としては、高強度を有する鋼であれば、特定のものに限定されないが、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免的不純物を含む鋼A、鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼Bのうちの1種又は2種からなる鋼であるのが好ましい。

[0047] 本発明に用いる第二の層11としては、高延性を有する鋼であれば、特定のものに限定されないが、質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001%から0.3%及び不可避免的不純物を含む鋼C、鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼E、鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼Hのうちの1種以上からなる鋼であるのが好ましい。

[0048] 本発明の複層鋼は、組織又は機械特性の異なる少なくとも2種以上の鋼からなるものであれば、特定のものに限定されないが、第一の層12としてマルテンサイト鋼、第二の層11としてオーステナイト鋼からなる複層鋼10であるのが好ましい。高強度を有する鋼II、高延性を有する鋼Iのように相反する機械特性を有する鋼を複数組み合わせることで圧延することにより、高強度・高延性の鋼を得ることができる。なお、IF鋼、DP鋼、TRIP鋼、析出強化型鋼、ステンレス鋼などのうち複数の鋼からなる積層鋼であってもよい。

[0049] 本発明の複層鋼10を圧延する前の積層鋼の各層の厚さは、積層鋼を圧延した後に得られる複層鋼10を構成する各層が125 μ m以下の厚さであることが好ましい。各層の厚さが125 μ m以下の層からなる複層鋼10を形成することにより、剥離破断、脆性破断、局所ネッキングなどのない複層鋼10を形成することができる。

[0050] また、本発明の複層鋼10の層数は、圧延した後に得られる複層鋼10の厚さ方向に対して特定のものに限定されないが、5層以上であることが好ましい。それによって複層鋼全体の機械特性及び接合性を向上させることができる。

[0051] さらに、本発明の複層鋼10の各層の厚さは、圧延によって圧延前の元厚の1/2以下になっていることが好ましい。圧延により界面強度が向上し、所定の特性向上効果を得ることができる。

[0052] 本発明の複層鋼10の製造方法は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせることで圧延し複層鋼を形成することを特徴とする。

[0053] また、本発明の複層鋼10の製造方法は、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避的不純物を含む鋼A、鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼B

のうちの1種又は2種からなる第一の層12及び

質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001から0.3%及び不可避免的不純物を含む鋼C、

鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、

質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼E、

鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、

質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H

のうちの1種以上からなる第二の層11を組み合わせ圧延し複層鋼10を形成することを特徴とするものである。

[0054] 本発明に用いる鋼としては、組織又は機械特性の異なる鋼であれば、特定のものに限定されないが、例えば、マルテンサイト鋼、オーステナイト鋼、IF鋼、DP鋼、TRIP鋼、析出強化型鋼、ステンレス鋼などが好ましい。

[0055] 本発明に用いる第一の層12としては、高強度を有する鋼であれば、特定のものに限定されないが、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免的不純物を含む鋼A、鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.01%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.

0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼Bのうちの1種又は2種からなる鋼であるのが好ましい。

[0056] 本発明に用いる第二の層11としては、高延性を有する鋼であれば、特定のものに限定されないが、質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001%から0.3%及び不可避的不純物を含む鋼C、鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避的不純物を含む鋼E、鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避的不純物を含む鋼G、鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼Hのうちの1種以上からなる鋼であるのが好ましい。

[0057] 本発明の複層鋼10は、組織又は機械特性の異なる少なくとも2種以上の鋼からなる複層鋼であれば、特定のものに限定されないが、マルテンサイト鋼、オーステナイト鋼からなる複層鋼10であるのが好ましい。高強度を有する鋼II、高延性を有する鋼Iのように相反する機械特性を有する鋼を複数を重ねて圧延することにより、高強度・高延性の複層鋼を得ることができる。なお、IF鋼、DP鋼、TRIP鋼、析出強化型鋼、ステンレス鋼などのうち複数の鋼からなる積層鋼であってもよい。

[0058] 本発明の複層鋼10の各層の厚さは、圧延した後に得られる厚さ方向に対して125 μ m以下の厚さであることが好ましい。各層の厚さが125 μ m以下の層からなる複層鋼10を圧延により形成することにより、剥離破断、脆性破断、局所ネッキングなどのない複層鋼10を形成することができる。

- [0059] また、本発明の複層鋼10の層数は、厚さ方向に対して、5層以上であることが好ましい。5層以上の層を有する複層鋼を圧延により形成することにより、複層鋼全体の機械特性及び接合性を著しく向上させることができる。
- [0060] さらに、本発明の複層鋼10の各層の厚さは、圧延によって圧延前の元厚の1/2以下になっていることが好ましい。圧延により界面強度が向上し、所定の特性向上効果を得ることができる。
- [0061] 本発明の圧延としては、熱間圧延や、冷間圧延、温間圧延、熱間圧延及び冷間圧延を併用した圧延、熱間圧延及び温間圧延を併用した圧延が好ましい。熱間圧延や、冷間圧延、温間圧延、熱間圧延及び冷間圧延を併用した圧延、熱間圧延及び温間圧延を併用した圧延によって複層鋼を形成することにより、層同士の界面強度が達成できる。
- [0062] 實際上、熱間圧延を行う場合には、例えば積層鋼を圧延するための圧延ローラを所定の温度に加熱させることにより、積層鋼に対して圧延処理と熱処理とを同時に行うようになされている。
- [0063] すなわち、この場合、先ず始めに組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を順次交互に層状に重ね合わせることで積層鋼を形成する。
- [0064] 次いで、所定温度に加熱した圧延ローラを用いて積層鋼を圧延すると共に、当該積層鋼に所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とし、高強度であって低延性である第一の層12と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とし、低強度であって高延性である第二の層11とを形成する。
- [0065] このようにして、これら第一の層12及び第二の層11が順次交互に積層され、高延性の第二の層11が両外面に配置された複層鋼10が作製され得る。
- [0066] これに対して、冷間圧延又は温間圧延を行う場合には、先ず始めに圧延ローラを用いて上述した積層鋼を圧延することにより多層圧延鋼を形成する。
- [0067] 次いで、多層圧延鋼に所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とし、高強度であって低延性である第一の層12と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とし、低強度であって高延性である第二の層11とを形成する。
- 。

- [0068] このようにして、これら第一の層12及び第二の層11が順次交互に積層され、高延性の第二の層11が両外面に配置された複層鋼10が作製され得る。
- [0069] 因みに、熱間圧延においては、高温にしすぎると、第一の層と第二の層との間で熱拡散による原子の移動が生じ、第一の層及び第二の層の組成が変わってしまい、第一の層及び第二の層による相乗効果が薄れてしまう。
- [0070] これに対して、温間圧延や冷間圧延では、熱間圧延よりも低温で行うことにより、第一の層と第二の層との間の熱拡散による原子の移動がなく、第一の層及び第二の層による相乗効果が薄れてしまうことを防止できる。
- [0071] ここで温間圧延を主体として圧延を行う場合には、加熱或いは熱間圧延後冷却して、または常温から加熱して、200℃～750℃の範囲で大部分の圧延を行うことが好ましい。これは、200℃よりも低いと、積層鋼の変形抵抗が高くなり、750℃よりも高いと、組成が変わり所望しない鋼が形成されるからである。
- [0072] また冷間圧延を主体として圧延を行う場合には、1パスの圧下率が30%以上のパスを少なくとも1回以上含むことが好ましい。これは、30%よりも低いと、複層鋼の延性を向上させることができないからである。因みに、ここで圧下率とは、圧延前の層の厚さに対する圧延後の層の厚さの減少率をいう。
- [0073] さらに所定の熱処理としては、圧延後の複層鋼を数百℃から千数百℃程度の温度で1秒から数時間程度(すなわち1秒以上)行うことが望ましい。なお、熱処理を行う場合の温度としては、900℃よりも低く、または1250℃よりも高いと、所望する値まで延性を向上させることができないので、900℃～1250℃の範囲内であることが望ましい。因みに、熱間処理においては、圧延と同時に熱処理を行わずに、圧延とは別に熱処理を行ってもよい。また、熱処理後は空冷、水冷又は気水冷却などの冷却を行ってもよい。圧延後の複層鋼を熱処理することにより、複層鋼の長さ方向・厚さ方向のいずれにおいても機械的特性を均一にすることができる。
- [0074] 以下、具体的な実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではなく、例えば圧延が、熱間圧延、冷間圧延及び温間圧延のうち少なくとも2種以上併用した圧延であつてもよい。

実施例 1

[0075] (1)実施例

本発明の強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼を得るためには、脆性破壊及びネッキングのない複層鋼を形成しなければならない。

[0076] 本実施例では、脆性破壊が生じない複層鋼の形成条件を決定した後に、ネッキングが生じない複層鋼の形成条件を決定した。さらに、脆性破壊及びネッキングが生じない複層鋼の形成条件に基づいて複層鋼を形成した。

[0077] 図3は、複層鋼の破壊形態の1つとなる脆性破壊の例を示す。図3(A)は脆性破断の例であり、図3(B)は剥離破断の例である。脆性破断とは、脆性破断条件を満たすことにより生じる破断である。脆性破断条件は、複層鋼中の1つの中間層の層厚が臨界層厚以上になることである。これに対し、剥離破断とは、剥離条件を満たすことにより生じる破断である。剥離条件は、複層鋼中の1つの中間層との界面強度が層間剥離強度(層間剥離エネルギー)以下になることである。

[0078] 図4は、複層鋼の脆性破断条件である亀裂進展条件を説明する図である。複層鋼中の層厚 t_{II} を有する層Aが亀裂進展条件を満たし、脆性破断を起こした場合は、図4に示したようなTunnel crackなる亀裂を生じる。亀裂進展条件は、亀裂生成エネルギー W_c 及び解放ひずみエネルギー W_m により表すことができる。

[0079] 亀裂生成エネルギー W_c は、数1で表される。

[0080] [数1]

$$W_c = 2t_{II}\gamma_{II}$$

[0081] ここで、 t_{II} は層IIの層厚、 γ_{II} は層IIの表面エネルギーである。

[0082] また、解放ひずみエネルギー W_m は、数2で表される。

[0083] [数2]

$$W_m = \int_0^{t_{II}} G(a) da = \frac{\pi_{II}^2 \sigma_1^2}{E_{II}}$$

[0084] ここで、 t_{II} は鋼IIの層厚、 E_{II} は鋼IIのヤング率、 σ_1 は単位面積当たりの引張荷重である。

[0085] 亀裂進展条件は、亀裂生成エネルギー $W_c \geq$ 解放ひずみエネルギー W_m の条件である。亀裂生成エネルギー $W_c \geq$ 解放ひずみエネルギー W_m の条件を満たすときは、亀裂が進展し、脆性破断が生じてしまう。

[0086] 一方、亀裂生成エネルギー $W_c <$ 解放ひずみエネルギー W_m の条件を満たすときは、亀裂が進展せず、脆性破断は生じない。

[0087] 層IIに亀裂が進展せず、脆性破断が生じない臨界層厚 t_{II}^{Cr} は数3で表すことができる。

[0088] [数3]

$$t_{II}^{Cr} = \frac{2}{\pi} \frac{\gamma_{II} E_{II}}{\sigma_1^2}$$

[0089] ここで、 t_{II}^{Cr} は層IIの臨界層厚、 γ_{II} は層IIの強度、 E_{II} は鋼IIのヤング率、 σ_1 は引張強度である。

[0090] 実際に、複層鋼に用いる層のうち、マルテンサイト鋼を中間層となる層IIとした場合の臨界層厚を求めた。マルテンサイトの破壊靱性 K_{IC} が $20 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 、ヤング率 E_{II} が 200 GPa 、引張強度 σ_1 が 1 GPa である場合の臨界層厚 t_{II}^{Cr} は、数4より $125 \mu\text{m}$ であった。従って、層厚 $125 \mu\text{m}$ 以下であれば、亀裂が進展せず、脆性破断が生じないことがわかった。

[0091] 一方、複層鋼の剥離条件は、界面強度 γ_{int} 及び層間剥離強度(層間剥離エネルギー) G_d により表すことができる。層間剥離強度 G_d は、数4により表される。

[0092] [数4]

$$G_d = 0.26 G_p$$

[0093] ここで、 G_d は層間剥離強度、 G_p は積層界面に直交する亀裂のエネルギー解放率である。

[0094] また、積層界面に直交する亀裂のエネルギー解放率 G_p は数5で表される。

[0095] [数5]

$$G_p = \frac{\pi \sigma_1^2}{E_{II}}$$

- [0096] ここで、 G_p は積層界面に直交する亀裂のエネルギー解放率、 t_{II} は層IIの層厚、 E_{II} は鋼IIのヤング率、 σ_1 は引張強度である。
- [0097] 剥離破断条件は、界面強度 $\gamma_{int} < \text{層間剥離強度 } G_d$ の条件である。界面強度 $\gamma_{int} < \text{層間剥離強度 } G_d$ の条件を満たすときは、剥離破断が生じてしまう。
- [0098] 一方、界面強度 $\gamma_{int} > \text{層間剥離強度 } G_d$ の条件を満たすときは、剥離破断は生じない。
- [0099] 実際に、複層鋼に用いる層のうち、マルテンサイト鋼を中間層となる層IIとした場合の界面強度を求めた。マルテンサイトのヤング率 E_{II} が200GPa、引張強度 σ_1 が1GPa、臨界層厚 t_{II}^{Cr} が125 μm である場合の界面強度 γ_{int} は、数5及び数6より500J/m² であった。従って、界面強度 γ_{int} は、数4及び数5より500J/m² 以上であれば、剥離破断が生じないことがわかった。
- [0100] 図5は、脆性破断及び剥離破断のない複層鋼が得られる範囲を示すグラフである。横軸は、層IIの強度 γ_{II} に対する界面強度 γ_{int} であり、縦軸は、層IIの強度 γ_{II} に対する層間剥離強度 G_d である。グラフ中の領域1及び領域2は、剥離破断が生じる領域であり、領域3は、脆性破断が生じる領域である。領域1、領域2、領域3以外の領域4内の条件で複層鋼を形成することにより、脆性破断及び剥離破断のない複層鋼を得ることができる。
- [0101] 実際に、積層鋼に用いる層のうち、マルテンサイト鋼を中間層となる層IIとした場合、マルテンサイトの破壊靱性 K_{IC} が20MPa $\sqrt{m}$ 、ヤング率 E_{II} が200GPa、引張強度 σ_1 が1GPa、臨界層厚 t_{II}^{Cr} が125 μm 以下、界面強度 γ_{int} が500J/m² 以上である条件において、脆性破断及び剥離破断のない複層鋼を得ることができる。
- [0102] 脆性破断及び剥離破断のない複層鋼において、さらに、もう1つの破壊形態となるネッキングを生じない複層鋼を形成するための条件を決定した。
- [0103] 図6は、複層鋼の破壊形態の1つとなるネッキングの例を示す。図6(A)は全体ネッキングの例であり、図6(B)は局所ネッキングの例である。局所ネッキングが起これば複層鋼板の延性は阻害される。ネッキングの発生はVon Misesを仮定した条件から数6により表すことができる。
- [0104] [数6]

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{\sigma}}{d\bar{\varepsilon}} &= k_1 n_1 \bar{\varepsilon}^{-n_1-1} + k_2 n_2 \bar{\varepsilon}^{-n_2-1} \\ &= k_1 \bar{\varepsilon}^{-n_1} + k_2 \bar{\varepsilon}^{-n_2}\end{aligned}$$

[0105] ここで、 k_1 、 k_2 は定数、 n_1 、 n_2 は加工硬化指数、 $\bar{\varepsilon}$ は歪である。局所ネッキングの発生条件は、数7により表すことができる。

[0106] [数7]

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{\sigma}}{d\bar{\varepsilon}} &= \bar{\sigma} - \alpha \frac{t_{II}}{t_I} \frac{E_{II} l_{II}}{t_{II}} = n_1 \left(\frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varepsilon}} \right) \\ \bar{\varepsilon}_u &= n_1 \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\sigma} - \alpha \frac{t_{II}}{t_I} \frac{E_{II} l_{II}}{t_{II}}}\end{aligned}$$

[0107] ここで、 $\bar{\varepsilon}_u$ は一様伸び、 n_1 は加工硬化指数、 $\bar{\sigma}$ は引張強度、 α は定数、 t_I は鋼Iの層厚、 t_{II} は鋼IIの層厚、 E_{II} は鋼IIのヤング率、 l_{II} は鋼IIの粒径である。

[0108] 上記で得られた全体ネッキング発生条件又は局所ネッキング発生条件に基づいて、複層鋼を形成することにより、全体ネッキング及び局所ネッキングのない複層鋼を得ることができる。

[0109] 本発明の強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼を得るためには、以上で決定した脆性破壊及びネッキングが生じない複層鋼の形成条件に基づいて複層鋼を形成した。

[0110] 本発明の複層鋼は、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせた積層鋼を圧延し、ヘテロ界面制御を施すことにより形成した。積層鋼の組み合わせに用いた鋼の強度及び伸びを表1に示す。

[0111] [表1]

材料	強度 (MPa)	伸び (%)
鋼A	1200	8
鋼B	1400	5
鋼C	700	60
鋼D	800	50
鋼E	700	50
鋼F	800	40

[0112] 積層鋼の組み合わせに用いた鋼は、表1に限定されず、以下に示す鋼G、鋼Hも用いた。積層鋼の組み合わせに用いた鋼の組成は、それぞれ、鋼Aが、質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免的不純物を含む鋼、

鋼Bが、鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼

鋼Cが、質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001から0.3%及び不可避免的不純物を含む鋼、

鋼Dが、鋼Cに加え、質量%でNb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼、

鋼Eが、質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼E、鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、質量%で、C:0.0001%から0.01%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼、

鋼Fが、鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:

0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼Hのうちの1種以上からなる鋼である。

[0113] 上記の鋼Aから鋼Hのうち、少なくとも2種以上組み合わせて複層鋼を構成した。なお、上記の鋼Aから鋼Hを用いて第一の層及び第二の層からなる複層鋼を構成することができる。

[0114] 第一の層は、高強度を有する鋼である鋼A、鋼Bのうちの1種又は2種から構成した。また、第二の層は、高延性を有する鋼である鋼C、鋼D、鋼E、鋼F、鋼G、鋼Hのうちの1種以上から構成した。これら第一の層及び第二の層より複層鋼を構成した。

[0115] 本発明の強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼を得るために、以上で決定した脆性破壊及びネッキングが生じない複層鋼の形成条件を満たすように構成した。

[0116] 図7は、構成した複層鋼の断面写真である。複層鋼の組み合わせに用いた鋼は、0.15C-1.5Mn鋼及びSUS316鋼である。複層鋼の積層数は11層、層厚は125 μ m、複層鋼自体の厚さは1mmである。本実施例では、複層鋼は層厚5mmまでは熱間圧延、それ以降1mm厚までは冷間圧延で行った。

[0117] 図8は、積層鋼6の圧延方法の概略図を示す。本実施例の圧延方法によれば、以上で決定した脆性破壊及びネッキングが生じない複層鋼の形成条件に基づいて、圧延ローラ5により積層鋼6を熱間圧延することにより、多層圧延鋼7を得ることができる。本実施例では、多層圧延鋼7は層厚5mmまでは熱間圧延、それ以降1mm厚までは冷間圧延で行った。

[0118] 次いで、ここでは熱間処理において圧延処理と熱処理とを同時に行わずに別途行うようにしたことにより、積層鋼6を圧延することにより形成した多層圧延鋼7に対して熱処理を行った。熱処理条件は、加熱温度が900℃から1250℃、保持時間が1秒から3600秒とした。熱処理を行った後に、水冷又は空冷により多層圧延鋼7を常温まで冷却することで複層鋼を得た。得られた複層鋼の引張強度は1000MPaから1100MPaであり、伸びは40%から50%であった。

[0119] なお、本実施例では、圧延装置として定形圧延機を用いているが、せん断付与圧延機、絞り圧延機、張力絞り圧延機、延伸圧延機、溶湯圧延機などの圧延装置を用

いてもよい。また、本実施例での熱処理条件となる加熱温度は900℃から1250℃であるが、数百℃から千数百℃であってもよい。さらに、保持時間は1秒から3600秒であるが、1秒以上均熱できれば、数秒から数時間であってもよい。必要に応じて圧延後の熱処理を行わずに複層鋼を形成してもよい。加えて、本実施例での熱処理後の冷却は空冷であるが、水冷又は気水冷却でもよい。

[0120] 以上のように、本発明による複層鋼板の製造方法によれば、組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせることで圧延し、複層鋼を形成することによって、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、脆化特性、耐疲労特性に優れた鋼／鋼積層型の複層鋼板を製造できる効果があることが確認された。

[0121] (2)実証例

次に、上述した事実について実証するため、複数種類の複層鋼を作製し、これら複層鋼の強度及び延性について検証した。先ず始めに、表2に示すように、C、Si、Mn、Cu、Ni、Cr、Mo、V、Ti及びNのうち任意に選択した複数種類の物質を所定の質量%で混合し、材料として鋼A、鋼B1、鋼B2、鋼B3、鋼C、鋼D、鋼E、鋼F及び鋼Gを作製した。

[0122] [表2]

供試材化学成分 (wt%)

材料	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	N
鋼A	0.25	0.25	1.40	—	—	—	—	—	—	0.008
鋼B1	0.13	0.25	0.90	0.19	0.02	0.83	0.34	0.03	—	0.006
鋼B2	0.06	0.49	0.40	—	0.10	12.20	—	—	—	0.01
鋼B3	0.32	0.79	0.60	—	—	13.52	—	—	—	0.007
鋼C	0.04	0.41	0.84	—	8.51	18.11	—	—	—	0.04
鋼D	0.02	0.63	0.84	—	12.09	17.73	2.12	—	—	0.03
鋼E	0.01	0.10	24.00	—	—	—	—	—	—	0.003
鋼F	0.02	0.01	0.16	—	—	—	—	—	—	0.02
鋼G	0.005	0.20	0.40	—	—	—	—	—	0.03	0.002

[0123] 次いで、表3に示すように、鋼A、鋼B1、鋼B2及び鋼B3のうちいずれか1種を材料1とし、鋼C、鋼D、鋼E、鋼F及び鋼Gのうちいずれか1種を材料2とし、これら材料1及び材料2を組み合わせ、実施例1～16及び比較例1～3の合計19種類の複層鋼を作製し、これら複層鋼の強度及び延性を測定した。

[0124] [表3]

	材料1 (偶数層)	材料2 (奇数層)	材料1 厚 (mm)	材料2 厚 (mm)	仕上げ 厚 (mm)	積層数	1層あたりの 厚み (μm)	プロセス	熱間圧延または 温間圧延の 温度(°C)	冷間圧延主体 の場合の 最大パス圧化率 (%)	熱処理等	材料1層の 構成相	材料2層の 構成相	TS [MPa]	EL [%]
実施例 1	鋼A	鋼C	5.0	5.0	1.0	9	111	熱間圧延 + 冷間圧延	1000		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1030	27
実施例 2	鋼A	鋼C	1.0	1.0	1.0	9	111	冷間圧延		50	1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1080	23
実施例 3	鋼A	鋼D	5.0	6.0	1.2	11	109	熱間圧延 + 冷間圧延	1100		1050°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1000	28
実施例 4	鋼A	鋼D	1.0	1.0	0.8	11	73	冷間圧延		50	1050°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1060	28
実施例 5	鋼A	鋼E	5.0	4.5	1.2	11	109	熱間圧延 + 冷間圧延	1150		1100°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1150	34
実施例 6	鋼A	鋼F	1.0	1.0	1.0	9	111	冷間圧延		50	1000°C×2分 空冷	マルテンサイト	フェライト	980	26
実施例 7	鋼A	鋼G	1.0	1.0	0.8	11	73	冷間圧延		60	1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	フェライト	950	33
実施例 8	鋼B1	鋼C	5.0	5.0	1.0	13	77	熱間圧延 + 冷間圧延	1150		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1060	28
実施例 9	鋼B1	鋼C	1.2	1.0	1.0	11	91	冷間圧延		40	1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1090	27
実施例 10	鋼B1	鋼C	1.2	1.0	1.0	11	91	温間圧延	550		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1080	27
実施例 11	鋼B1	鋼E	5.0	4.5	1.0	9	111	熱間圧延 + 冷間圧延	1150		1050°C×2分 空冷	マルテンサイト	オーステナイト	1050	30
実施例 12	鋼B1	鋼G	1.2	1.0	0.8	11	73	冷間圧延		50	1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	フェライト	1040	27
実施例 13	鋼B2	鋼C	1.2	1.0	1.0	11	91	温間圧延	550		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1110	26
実施例 14	鋼B2	鋼G	1.2	1.0	1.0	11	91	温間圧延	550		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	フェライト	1080	24
実施例 15	鋼B3	鋼C	1.2	1.0	1.0	11	91	温間圧延	550		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1220	25
実施例 16	鋼B3	鋼G	1.2	1.0	1.0	11	91	温間圧延	550		1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	フェライト	1200	23
比較例 1	鋼A	鋼C	1.0	1.0	1.0	9	111	冷間圧延		50	800°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	1080	6
比較例 2	鋼B1	鋼C	1.2	1.0	1.0	11	91	冷間圧延		20	1000°C×2分 水冷	マルテンサイト	オーステナイト	950	4
比較例 3	鋼B1	鋼G	1.2	1.0	0.8	11	73	冷間圧延		50	1000°C×2分 緩冷(炉冷)	フェライト	フェライト	710	19

[0125] 例えば実施例1では、材料1として、当該材料1の厚さ(以下、これを材料1厚と呼ぶ)が5.0mmからなる板状の鋼Aを用いた。また材料2としては、当該材料2の厚さ(以下、これを材料2厚と呼ぶ)が5.0mmからなる板状の鋼Cを用いた。

[0126] そして、これら材料1を偶数層とし、材料2を奇数層として順次交互に合計9枚積層し、両外面に材料2を配置させた積層鋼を作製した。

[0127] 次いで、積層鋼を圧延するプロセス(表3中、単にプロセスとする)として、熱間圧延と冷間圧延とを用いた。熱間圧延では、1000°Cの状態では圧延ローラによって積層鋼を圧延して多層圧延鋼を作製した。

[0128] その後、多層圧延鋼に対して、1000°Cで約2分間加熱する熱処理を施した後、水冷によって冷却することにより実施例1の複層鋼を作製した。

- [0129] この実施例1の複層鋼では、仕上げ厚を1.0mmとし、この仕上げ厚により1層あたりの厚みが111 μm であった。
- [0130] そして、このようにして作製した実施例1の複層鋼の各層を光学顕微鏡で確認し、或いは硬さ測定したところ、第一の層としての材料1層(すなわち、材料1により形成された層)の構成相はマルテンサイトとなり、第二の層としての材料2層(すなわち、材料2により形成された層)の構成相はオーステナイトとなったことが確認できた。
- [0131] 続いて、実施例1の複層鋼について強度測定及び延び測定を行ったところ、強度(表3中、TSと表示する)が1030MPa、延性(表3中、ELと表示する)が27%であることが確認できた。
- [0132] このように、実施例1では、その強度測定及び延び測定の結果を、図2を基に検証すると、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼が得られたことが確認できた。
- [0133] また、例えば実施例2では、材料1として、材料1厚が1.0mmからなる板状の鋼Aを用い、材料2として、材料2厚が1.0mmからなる板状の鋼Cを用いた。
- [0134] そして、積層鋼を圧延するプロセスとして、実施例1とは異なり冷間圧延のみを用いた。ここでは複数回冷間圧延を行い、そのうち1回の冷間圧延において最大の圧下率を50%として積層鋼を圧延して多層圧延鋼を作製した。
- [0135] その後、多層圧延鋼に対して、1000°Cで約2分間加熱する熱処理を施した後、水冷によって冷却することにより実施例2の複層鋼を作製した。
- [0136] このようにして作製した実施例2の複層鋼の各層を光学顕微鏡で確認し、或いは硬さ測定したところ、材料1層の構成相はマルテンサイトとなり、材料2層の構成相はオーステナイトとなったことが確認できた。
- [0137] 続いて、実施例2の複層鋼について強度測定及び延び測定を行ったところ、強度が1030MPa、延びが27%であることが確認できた。この強度測定及び延び測定の結果を、図2を基に検証すると、実施例2においても、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼が得られたことが確認できた。
- [0138] これに対して、実施例2とは熱処理の温度条件のみが異なり、当該熱処理の温度を

下げて800℃とした比較例1では、材料1層の構成相がマルテンサイトとなり、材料2層の構成相がオーステナイトとなったものの、延性が6%に下がった。すなわち、この比較例1は、図2を基に検証すると、強度、延性などの相反する特性を両立できていない。

[0139] このことから、熱処理の温度条件を下げた場合には延性が劣ることが確認できた。そこで、上述した実施例2や比較例1と同じ構成からなり、熱処理における温度条件のみを変えて伸び(すなわち、延性)について測定を行った。

[0140] これにより、図9に示すような結果が得られ、熱処理の温度を800℃よりも上げて約900℃にした場合には、延性が22%となった。

[0141] 従って、熱処理の温度は、延性を向上させるような温度にする必要があることが確認でき、具体的には約900℃～1250℃の間が好ましいことが確認できた。

[0142] また、表3における実施例9では、材料1として、材料1厚が1.2mmからなる板状の鋼B1を用いた。また材料2としては、材料2厚が1.0mmからなる板状の鋼Cを用いた。

[0143] そして、これら材料1を偶数層とし、材料2を奇数層として順次交互に合計11枚積層し、両外面に材料2を配置させた積層鋼を作製した。

[0144] 次いで、積層鋼を圧延するプロセスとして、冷間圧延のみを用い、複数回冷間圧延のうち1回の冷間圧延において最大の圧下率を40%として積層鋼を圧延して多層圧延鋼を作製した。

[0145] その後、多層圧延鋼に対して、1000℃で約2分間加熱する熱処理を施した後、水冷によって冷却することにより実施例9の複層鋼を作製した。

[0146] この実施例9の複層鋼では、仕上げ厚を1.0mmとし、この仕上げ厚により1層あたりの厚みが91 μ mであった。

[0147] そして、このようにして作製した実施例9の複層鋼の各層を光学顕微鏡で確認し、或いは硬さ測定したところ、材料1層の構成相はマルテンサイトとなり、材料2層の構成相はオーステナイトとなったことが確認できた。

[0148] 続いて、実施例9の複層鋼について強度測定及び伸び測定を行ったところ、強度が1090MPa、延性が27%であることが確認できた。

- [0149] このように、実施例9では、その強度測定及び延び測定の結果を、図2を基に検証すると、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼が得られたことが確認できた。
- [0150] これに対して、実施例9とは冷間圧延におけるパスの最大の圧下率のみが異なり、複数回冷間圧延のうち1回の冷間圧延における最大の圧下率を下げた20%とした比較例2では、材料1層の構成相がマルテンサイトとなり、材料2層の構成相がオーステナイトとなったものの、強度が950MPaに下がり、延性が6%に下がった。
- [0151] このことから、冷間圧延における最大の圧下率(最大パス圧下率とも呼ぶ)を下げた場合には、強度が低下し、延性が劣ることが確認できた。ここで、上述した実施例9や比較例2と同じ構成からなり、冷間圧延における最大パス圧下率のみを変えて伸び(すなわち、延性)について測定を行った。
- [0152] これにより、図10に示すような結果が得られ、最大パス圧下率を20%よりも上げて約30%にした場合には、延性が20%となった。
- [0153] 従って、冷間圧延における最大パス圧下率は、延性を向上させるような圧下率にする必要があることが確認でき、具体的には約30%以上が好ましいことが確認できた。
- [0154] また、表3における実施例12では、材料1として、材料1厚が1.2mmからなる板状の鋼B1を用いた。また材料2としては、材料2厚が1.0mmからなる板状の鋼Gを用いた。
- [0155] そして、これら材料1を偶数層とし、材料2を奇数層として順次交互に合計11枚積層し、両外面に材料2を配置させた積層鋼を作製した。
- [0156] 次に、積層鋼を圧延するプロセスとして、冷間圧延のみを用い、複数回冷間圧延のうち1回の冷間圧延においてパスの最大の圧下率を50%として積層鋼を圧延して多層圧延鋼を作製した。
- [0157] その後、多層圧延鋼に対して、1000℃で約2分間加熱する熱処理を施した後、水冷によって冷却することにより実施例12の複層鋼を作製した。
- [0158] この実施例12の複層鋼では、仕上げ厚を0.8mmとし、この仕上げ厚により1層あたりの厚みが73 μ mであった。
- [0159] そして、このようにして作製した実施例12の複層鋼の各層を光学顕微鏡で確認し、

或いは硬さ測定したところ、材料1層の構成相はマルテンサイトとなり、材料2層の構成相はフェライトとなったことが確認できた。

[0160] 続いて、実施例12の複層鋼について強度測定及び延び測定を行ったところ、強度が1040MPa、延性が27%であることが確認できた。

[0161] このように、実施例12では、その強度測定及び延び測定の結果について、図2から検証すると、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼が得られたことが確認できた。

[0162] これに対して、実施例12とは熱処理後の冷却方法のみが異なり、水冷に替えて緩冷を行った比較例3では、材料2層の構成相がフェライトとなったものの、材料1層の構成相もフェライトとなってしまう、強度が710MPaに下がり、延性が19%に下がった。

[0163] このことから、熱処理後に緩冷を行った場合には、材料1層の構成相がマルテンサイトとならず、強度が低下することが確認できた。

[0164] 従って、上述した結果と、表3中の他の実施例における熱処理等の項目とから、熱処理後の冷却方法は、水冷又は空冷が好ましいことが確認できた。

[0165] かくして、表3における実施例1～16は、各強度及び延性を測定した結果について、図2を基に検証すると、いずれも、強度、延性などの相反する特性を両立することができ、強度、延性、接合性、耐脆化特性、耐疲労特性に優れた複層鋼が得られたことが確認できた。

請求の範囲

- [1] 組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせ、圧延によって形成したことを特徴とする複層鋼。
- [2] 組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を層状に重ね合わせた積層鋼を圧延し、所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とする第一の層と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とする第二の層とを形成したことを特徴とする複層鋼。
- [3] 質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免の不純物を含む鋼A、
鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼B
のうちの1種又は2種からなる第一の層及び
質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001%から0.3%及び不可避免の不純物を含む鋼C、
鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼D、
質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免の不純物を含む鋼E、
鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、
質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免の不純物を含む鋼G、
鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.

0.01%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H

のうちの1種以上からなる第二の層を組み合わせ、圧延によって形成したことを特徴とする複層鋼。

[4] 複層鋼を構成する各層が125 μ m以下の厚さからなることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の複層鋼。

[5] 複層鋼を構成する層数が5層以上からなることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の複層鋼。

[6] 組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を組み合わせ圧延し、複層鋼を形成することを特徴とする複層鋼の製造方法。

[7] 組織又は機械的特性の異なる少なくとも2種以上の鋼を層状に重ね合わせることに
より積層鋼を形成する積層ステップと、

前記積層鋼を圧延し、所定の熱処理を施すことにより、マルテンサイトを主たる相とする第一の層と、オーステナイト及びフェライトのうち少なくとも1種を主たる相とする第二の層とを形成し、前記第一の層及び前記第二の層を備えた複層鋼を作製する圧延ステップと

を備えることを特徴とする複層鋼の製造方法。

[8] 質量%で、C:0.05%から0.4%、Si:0.05%から3.0%、Mn:0.05%から3.0%及び不可避免的不純物を含む鋼A、

鋼Aに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から16.0%、Ni:0.01%から12.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%のうちの1種又は2種以上を含む鋼B

のうちの1種又は2種からなる第一の層及び

質量%で、C:0.01%から0.15%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、Cr:12.0%から24.0%、Ni:4.0%から14.0%、N:0.001から0.3%及び不可避免的不純物を含む鋼C、

鋼Cに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種

以上を含む鋼D、

質量%で、C:0.001%から0.15%、Si:0.05%から3.0%、Mn:15.0%から32.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼E、

鋼Eに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%、N:0.001%から0.3%の1種又は2種以上を含む鋼F、

質量%で、C:0.0001%から0.05%、Si:0.01%から1.0%、Mn:0.01%から2.0%、及び不可避免的不純物を含む鋼G、

鋼Gに加え、質量%で、Nb:0.001%から0.1%、Ti:0.001%から0.1%、V:0.001%から0.5%、Cr:0.01%から12.0%、Ni:0.01%から40.0%、Mo:0.01%から3.0%、Cu:0.01%から1.0%の1種又は2種以上を含む鋼H

のうちの1種以上からなる第二の層を組み合わせ圧延し、複層鋼を形成することを特徴とする複層鋼の製造方法。

- [9] 複層鋼を構成する各層が125 μ m以下の厚さからなることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [10] 複層鋼を構成する層数が5層以上からなることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [11] 前記複層鋼の各層の最終厚さを、圧延によって圧延前の各層の元厚の1/2以下にして複層鋼を形成することを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [12] 前記圧延が熱間圧延であることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [13] 前記圧延が冷間圧延であることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [14] 前記圧延が温間圧延であることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。
- [15] 前記圧延が、熱間圧延、冷間圧延及び温間圧延のうち少なくとも2種以上併用した

圧延であることを特徴とする請求項6～8のうちいずれか1項記載の複層鋼の製造方法。

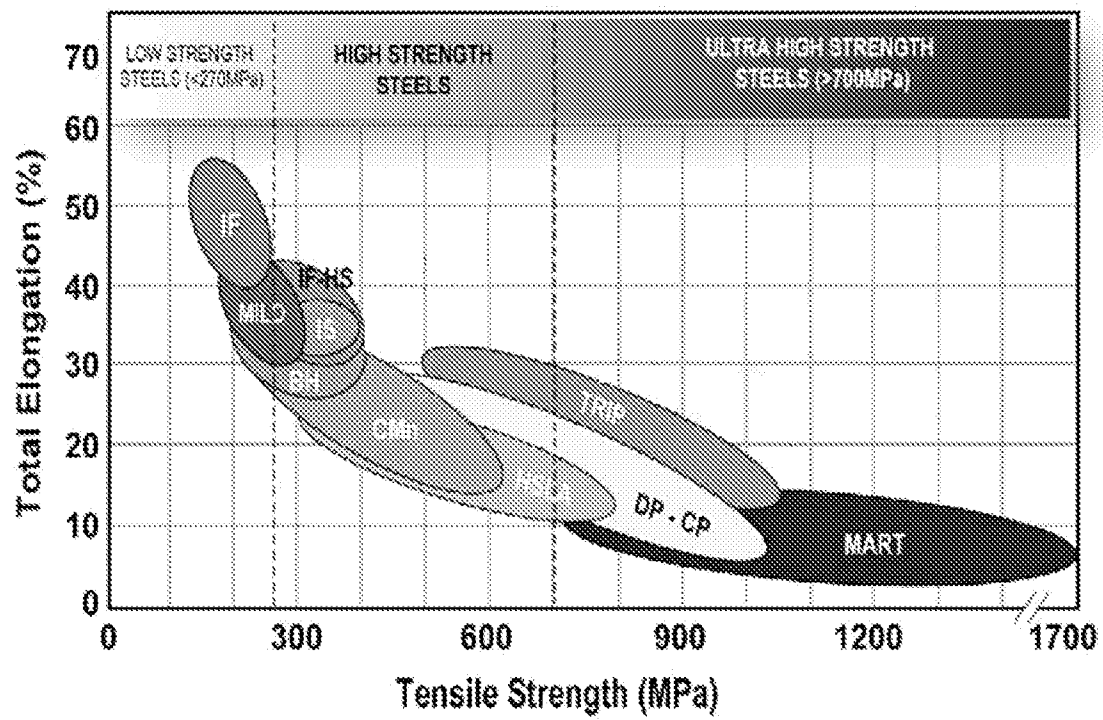
[16] 前記圧延後に熱処理を行うことを特徴とする請求項6又は8記載の複層鋼の製造方法。

[17] 前記温間圧延は、200℃～750℃の範囲で圧延を行うことを特徴とする請求項14又は15記載の複層鋼の製造方法。

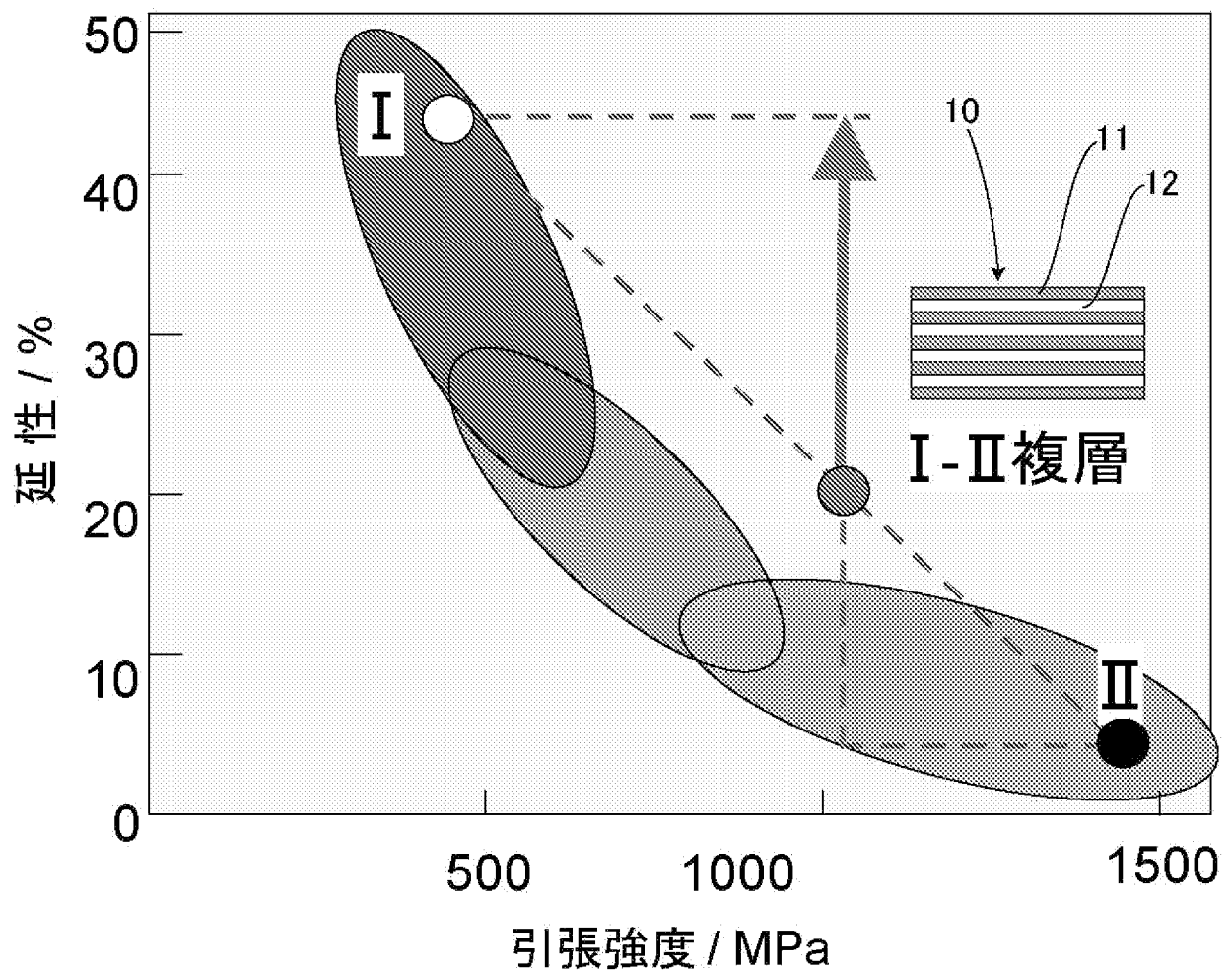
[18] 前記冷間圧延は、圧下率が30%以上の圧延を少なくとも1回以上行うことを特徴とする請求項13又は15記載の複層鋼の製造方法。

[19] 前記熱処理は900℃～1250℃の範囲内で1秒以上均熱し、前記熱処理の後常温まで冷却させることを特徴とする請求項7又は16記載の複層鋼の製造方法。

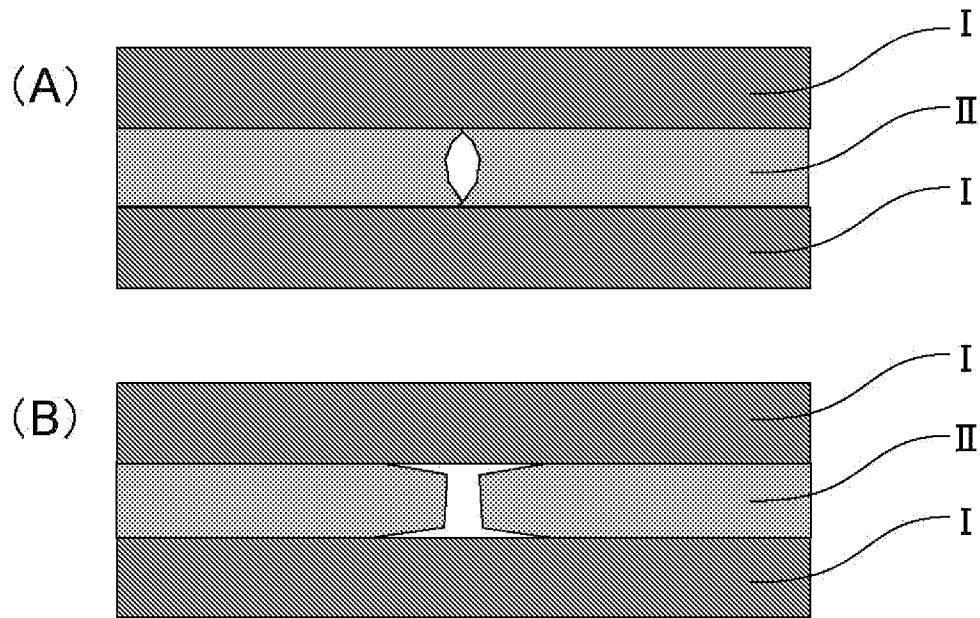
[図1]



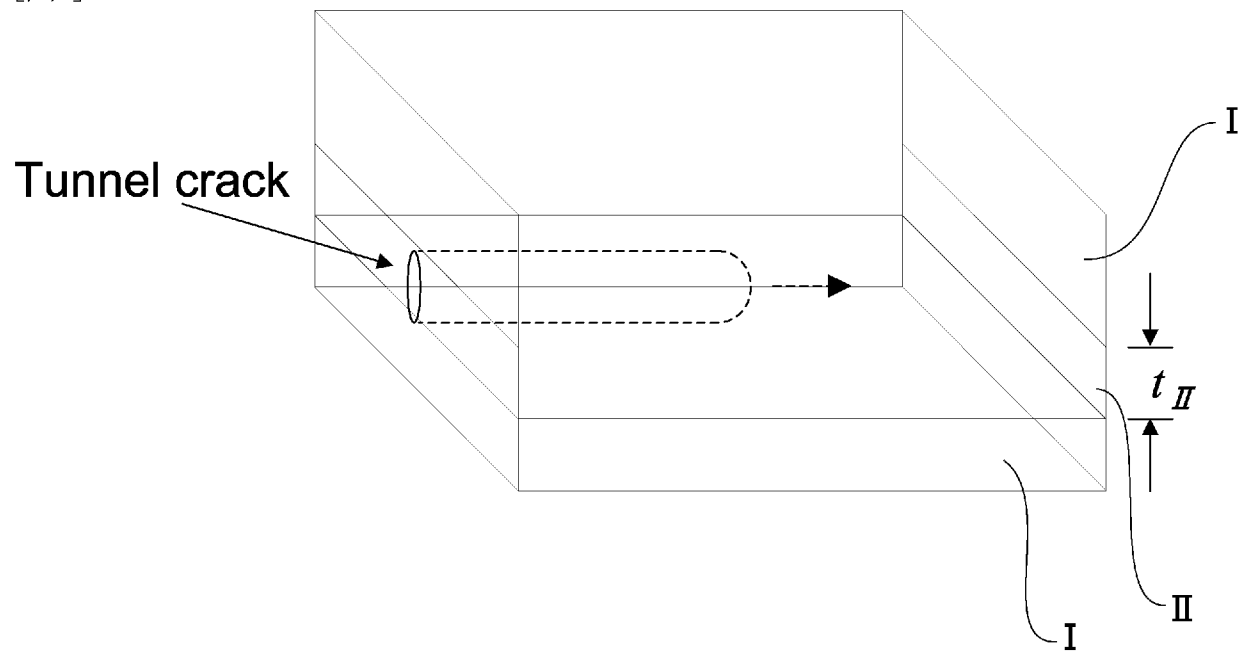
[図2]



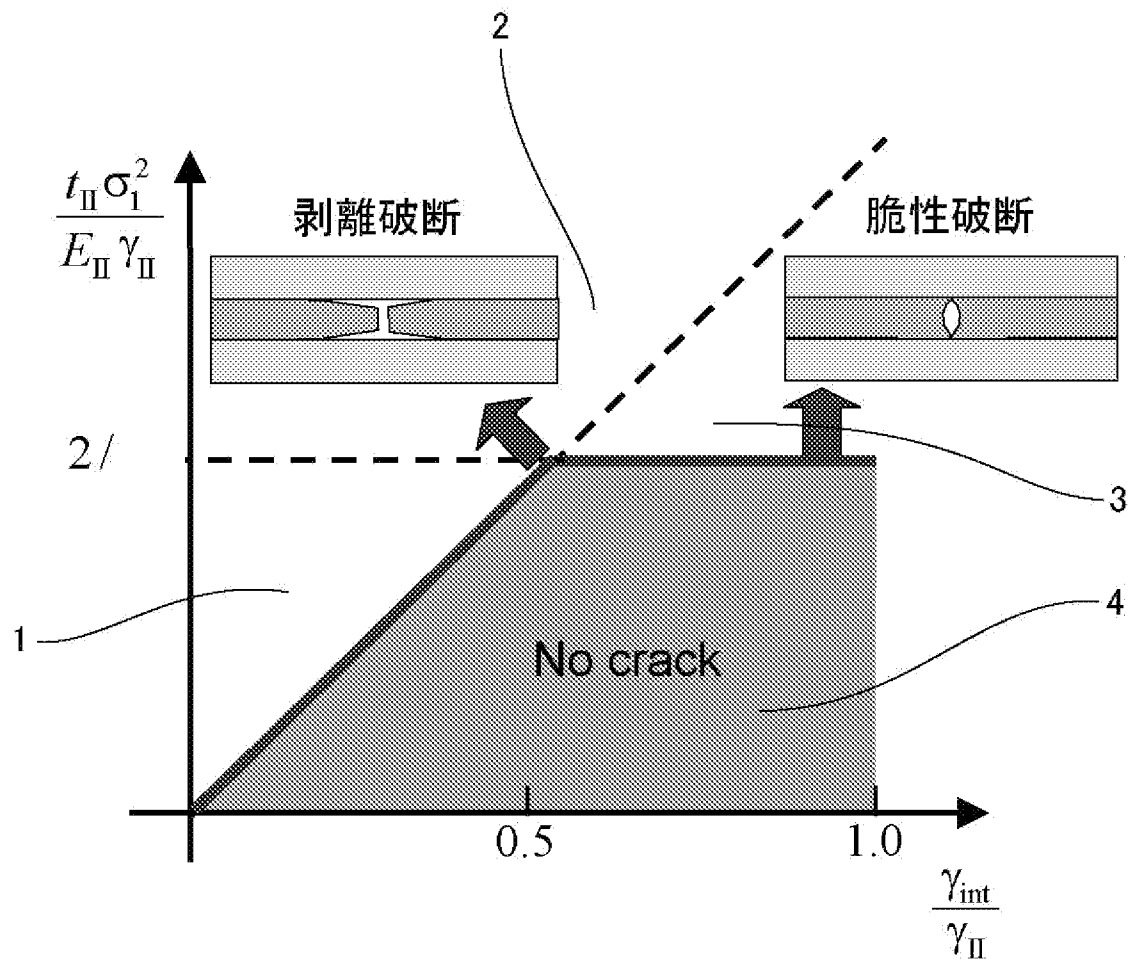
[図3]



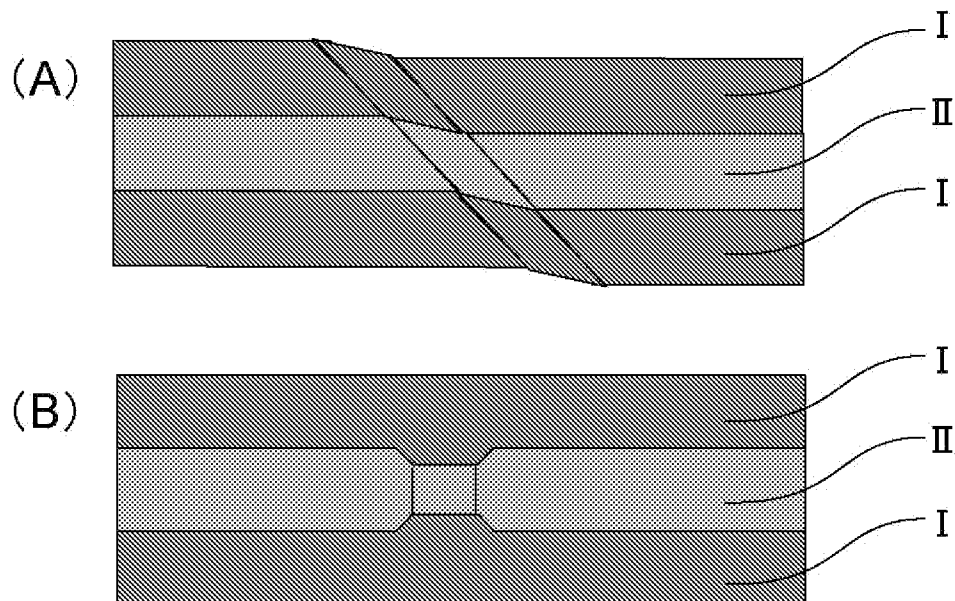
[図4]



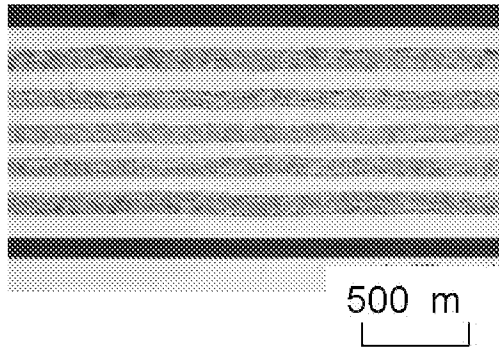
[図5]



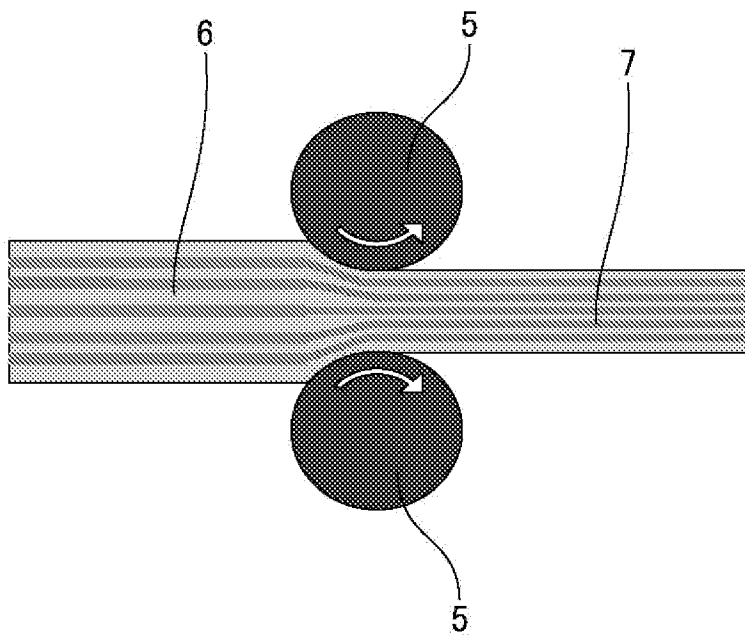
[図6]



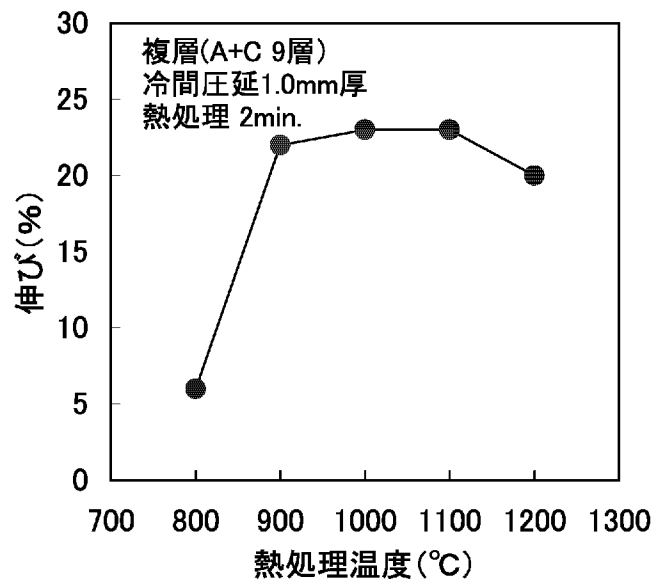
[図7]



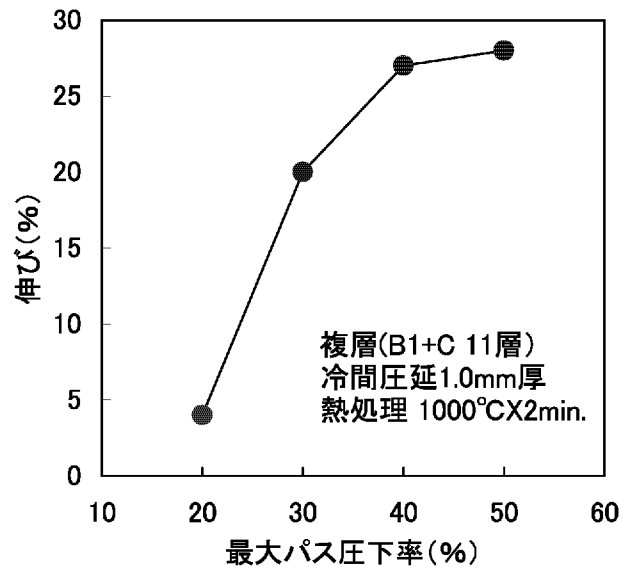
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K20/04(2006.01)i, C21D9/46(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/04(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i, B21B1/22(2006.01)n

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)

B23K20/04, C21D9/46, C22C38/00, C22C38/04, C22C38/58, B21B1/22

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 A	JP 2005-298960 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 27 October, 2005 (27.10.05), Page 2, line 1 to page 20, line 42; tables 1 to 7; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 4, 6, 9, 11-13, 15, 16 2, 3, 5, 7, 8, 10, 14, 17-19
X A	WO 2004/73900 A1 (Corus Technology B.V.), 02 September, 2004 (02.09.04), Page 2, line 1 to page 13, line 42 & JP 2006-520692 A	1, 6, 11-14, 16, 17 2-5, 7-10, 15, 18, 19
X A	JP 61-273277 A (Nippon Steel Corp.), 03 December, 1986 (03.12.86), Page 1, left column, line 5 to page 5, lower left column, line 5; tables 1 to 3 (Family: none)	1-3, 6-8, 11, 12, 16 4, 5, 9, 10, 13-15, 17-19

☒ 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
23 October, 2007 (23.10.07)

Date of mailing of the international search report
30 October, 2007 (30.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064694

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 62-16892 A (NKK Corp.), 26 January, 1987 (26.01.87), Page 1, left column, line 7 to page 6, lower left column, line 8; tables 1 to 4 & US 4736884 A	1-3, 6, 8, 12, 16, 19 4, 5, 7, 9-11, 13-15, 17, 18
X A	JP 62-110880 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 21 May, 1987 (21.05.87), Page 1, left column, line 4 to page 4, upper right column, line 5; tables 1 to 4; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 3, 6, 8, 11, 12, 16, 19 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13-15, 17, 18
X A	JP 2-30712 A (Kobe Steel, Ltd.), 01 February, 1990 (01.02.90), Page 1, line 4 to page 6, upper right column, line 3; tables 1, 2; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 3, 6, 8, 11, 12, 16, 19 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13-15, 17, 18
X A	JP 4-232737 A (NKK Corp.), 21 August, 1992 (21.08.92), Page 2, left column, line 2 to page 6, left column, line 15; tables 1 to 6; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 3, 6, 8, 12 2, 4, 5, 7, 9-11, 13-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064694

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 invention of claims 1 and 6 is considered that it has been publicly known.

The invention of claims 2 and 7 is considered that it has been publicly known.

The invention of claims 3 and 8 is considered that it has been publicly known.

Consequently, this international application is considered to contain the following three groups of inventions.

(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

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, 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/JP2007/064694

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

- Invention of claims 1 and 6 and inventions dependent thereon
- Invention of claims 2 and 7 and inventions dependent thereon
- Invention of claims 3 and 8 and inventions dependent thereon

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K20/04(2006.01)i, C21D9/46(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/04(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i, B21B1/22(2006.01)n

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. B23K20/04, C21D9/46, C22C38/00, C22C38/04, C22C38/58, B21B1/22

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	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007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 請求の範囲の番号
X	JP 2005-298960 A (住友金属工業株式会社) 2005.10.27, 第2ページ第1行-第20ページ第42行, 表1-表7, 及び図1-図5 (フ ァミリーなし)	1, 4, 6, 9, 11-13, 15, 16
A		2, 3, 5, 7, 8, 10, 14, 17-19

☒ 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

23. 10. 2007

国際調査報告の発送日

30. 10. 2007

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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)

松本 公一

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

3P

3506

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 請求の範囲の番号
X A	WO 2004/73900 A1 (コラス、テクノロジー、ベスローテン、フェン ノートシャップ) 2004. 09. 02, 第2 ページ第1 行ー第13 ページ第42 行 & JP 2006-520692 A	1, 6, 11-14, 16, 17 2-5, 7-10, 15, 18, 19
X A	JP 61-273277 A (新日本製鐵株式会社) 1986. 12. 03, 第1 ページ左欄第5 行ー第5 ページ左下欄第5 行, 第1 表ー第3 表 (フ ァミリーなし)	1-3, 6-8, 11, 12, 16 4, 5, 9, 10, 13-15, 17-19
X A	JP 62-16892 A (日本鋼管株式会社) 1987. 01. 26, 第1 ページ左欄第7 行ー第6 ページ左下欄第8 行, 及び第1 表ー第4 表 & US 4736884 A	1-3, 6, 8, 12, 16, 19 4, 5, 7, 9-11, 13-15, 17, 18
X A	JP 62-110880 A (住友金属工業株式会社) 1987. 05. 21, 第1 ページ左欄第4 行ー第4 ページ右上欄第5 行, 第1 表ー第4 表, 及び第1 図ー第3 図 (ファミリーなし)	1, 3, 6, 8, 11, 12, 16, 19 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13-15, 17, 18
X A	JP 2-30712 A (株式会社神戸製鋼所) 1990. 02. 01, 第1 ページ第4 行ー第6 ページ右上欄第3 行, 第1 表及び第2 表, 並 びに第1 図及び第2 図 (ファミリーなし)	1, 3, 6, 8, 11, 12, 16, 19 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13-15, 17, 18
X A	JP 4-232737 A (日本鋼管株式会社) 1992. 08. 21, 第2 ページ左欄第2 行ー第6 ページ左欄第15 行, 表1ー表6, 及び図1 ー図3 (ファミリーなし)	1, 3, 6, 8, 12 2, 4, 5, 7, 9-11, 13-19

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. ☐ 請求の範囲 _____ 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. ☐ 請求の範囲 _____ 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. ☐ 請求の範囲 _____ 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。

請求の範囲1及び6に係る発明は、従来公知のものであると認められる。
請求の範囲2及び7に係る発明は、従来公知のものであると認められる。
請求の範囲3及び8に係る発明は、従来公知のものであると認められる。

以上のことから、本願は、以下の3つの発明群からなるものと認められる。

- ・請求の範囲1及び6に係る発明とこれに従属する発明
- ・請求の範囲2及び7に係る発明とこれに従属する発明
- ・請求の範囲3及び8に係る発明とこれに従属する発明

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の範囲について作成した。
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の範囲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の範囲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の範囲について作成した。

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。