

(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  
2015年9月24日(24.09.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/140846 A1

- (51) 国際特許分類:  
B21B 1/38 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
C21D 8/02 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/004631
- (22) 国際出願日: 2014年9月9日(09.09.2014)
- (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 2014-058611 2014年3月20日(20.03.2014) JP
- (71) 出願人: J F E 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: 木津谷 茂樹 (KITSUYA, Shigeki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 一宮 克行 (ICHIMIYA, Katsuyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 長谷 和邦 (HASE, Kazukuni); 〒1000011 東京都千代

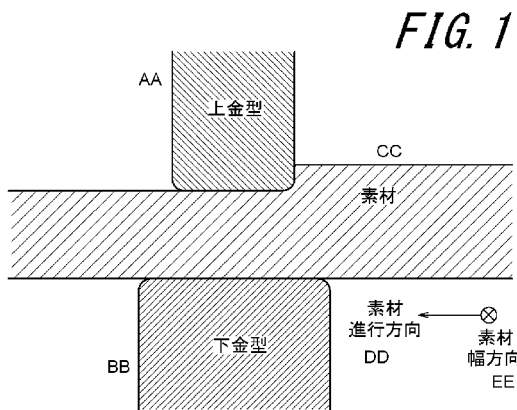
田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 衣川 照久 (KINUGAWA, Teruhisa); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 松永 直己 (MATSUNAGA, Naoki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 林 謙次 (HAYASHI, Kenji); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 堀江 正之 (HORIE, Masayuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 寺澤 祐介 (TERAZAWA, Yusuke); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 遠藤 茂 (ENDO, Shigeru); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: HIGH TOUGHNESS AND HIGH TENSILE STRENGTH THICK STEEL PLATE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 厚肉高靱性高張力鋼板およびその製造方法



AA Upper mold  
BB Lower mold  
CC Material  
DD Material advancing direction  
EE Material width direction

(57) Abstract: According to the present invention, plate thickness is set to be at least 100 mm and a throttle value according to plate-thickness direction tensile strength at the plate thickness center part is set to be at least 40%, and as a result, even in a thick and high strength steel plate requiring an increase in the additive amount of alloy elements, a thick and high tensile strength steel having a plate thickness center part with excellent strength and toughness can be obtained without increasing the size of equipment.

(57) 要約: 本発明に従い、板厚を100mm以上とし、板厚中心部における板厚方向引張による絞り値を40%以上とすることによって、合金元素の添加量を増やす必要がある厚肉の高強度鋼板においても、設備の大型化をせずに、板厚中心部の強度・靱性に優れた厚肉高張力鋼を得ることができる。



WO 2015/140846 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称：厚肉高靱性高張力鋼板およびその製造方法**

### 技術分野

[0001] 本発明は、建築、橋梁、造船、海洋構造物、建産機、タンクおよびペンス  
トックなどの鉄鋼構造物に用いられる、強度と靱性および溶接性に優れる厚  
鋼板およびその製造方法に関し、特に、板厚：100mm以上で、かつ板厚中心部  
における板厚方向引張による絞り値が40%以上である厚肉高靱性高張力鋼板  
とその製造方法を提供しようとするものである。

### 背景技術

[0002] 建築、橋梁、造船、海洋構造物、建産機、タンクおよびペンストック等の  
各分野で鋼材が使用される場合には、鉄鋼構造物の形状に対応して、溶接に  
より所望の形状に仕上げられる。近年、鉄鋼構造物の大型化が著しく進展し  
ており、使用される鋼材の高強度化や厚肉化が顕著に進んでいる。

[0003] 板厚：100mm以上の厚肉の鋼板は、通常、造塊法により製造された大型鋼塊  
を分塊圧延し、得られた分塊スラブを熱間圧延することによって製造されて  
いる。しかし、この造塊-分塊プロセスは押湯部の濃厚偏析部や、鋼塊底部の  
負偏析部を切り捨てる必要があるため、歩留まりが上がらず、製造コストの  
上昇や、工期が長くなるという課題がある。

[0004] 一方、板厚：100mm以上の厚肉の鋼板の製造を、連続 casting スラブを素材とす  
るプロセスで行った場合、上記の懸念はないものの、連続 casting スラブの厚さ  
が造塊法で製造されたスラブに比べて小さいため、製品厚までの圧下量が少  
ないという問題がある。また、近年では、一般的に鋼材の高強度化や、厚肉  
化が要求される傾向にあり、必要な特性を確保するために添加される合金元  
素量が増加し、結果、中心偏析に起因するセンターポロシティの発生や、大  
型化による内質の劣化などが新たな問題として発生している。

[0005] これらの問題を解決するために、連続 casting スラブから極厚鋼板を製造する  
過程で、センターポロシティを圧着して、鋼板内の中心偏析部の特性を改善

することを目的に、以下のような技術が提案されている。

- [0006] 例えば、非特許文献1では、連続鋳造スラブの熱間圧延時の圧延形状比を大きくすることによって、センターポロシティを圧着する技術が記載されている。
- [0007] また、特許文献1および2では、連続鋳造スラブを製造する際に、連続鋳造機中でロールまたは平金敷を用いて加工することにより、連続鋳造スラブのセンターポロシティを圧着する技術が記載されている。
- [0008] 特許文献3では、連続鋳造スラブから累積圧下率が70%以下の厚肉鋼板を製造する際に、熱間圧延前に鍛造加工することによりセンターポロシティの圧着を図る技術が記載されている。
- [0009] 特許文献4では、全圧下率：35～67%の鍛造および厚板圧延により連続鋳造スラブから極厚鋼板を製造するに当たり、鍛造前に素材の板厚中心部を1200℃以上の温度に20時間以上保持し、鍛造の圧下率を16%以上として、センターポロシティの消滅に加え、中心偏析帯を軽減して、耐焼もどし脆化特性の改善を図る技術が記載されている。
- [0010] 特許文献5には、連続鋳造スラブにクロス鍛造を実施した後、熱間圧延することによって、センターポロシティと中心偏析の改善を図る技術が記載されている。
- [0011] 特許文献6には、連続鋳造スラブを1200℃以上の温度に20時間以上保持し、鍛造の圧下率を17%以上とし、厚板圧延は鍛造を含めた全圧下率が23～50%の範囲で行い、厚板圧延後に2回焼入れ処理を行うことで、センターポロシティの消滅に加え、中心偏析帯を軽減した引張強さ588MPa以上の厚鋼板の製造方法に関する技術が記載されている。
- [0012] 特許文献7には、特定の成分を有する連続鋳造スラブを、1100～1350℃に再加熱して1000℃以上における歪速度を0.05～3/s、累積圧下量を15%以上とする溶接性と板厚方向の延性に優れる厚鋼板の製造方法に関する技術が記載されている。

## 先行技術文献

## 特許文献

- [0013] 特許文献1：特開昭55-114404号公報  
特許文献2：特開昭61-27320号公報  
特許文献3：特許第3333619号公報  
特許文献4：特開2002-194431号公報  
特許文献5：特開2000-263103号公報  
特許文献6：特開2006-111918号公報  
特許文献7：特開2010-106298号公報

## 非特許文献

- [0014] 非特許文献1：鉄と鋼，66（1980），201-210頁

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0015] しかしながら、非特許文献1に記載の技術では、内質の良好な鋼板を得るために圧延形状比の高い圧延を繰り返し行う必要があるが、圧延機の設備仕様の上限を超える範囲となり、製造上の課題がある。また、通常の方法で圧延すると、板厚中心部の加工が不十分となって、センターポロシティが残存し内質が劣化する懸念がある。
- [0016] また、特許文献1および2に記載された技術は、板厚：100mm以上の厚鋼板を製造するためには連続鋳造設備を大型化する必要がある、大規模な設備投資を必要とするという課題がある。
- [0017] さらに、特許文献3～7に記載された技術は、センターポロシティの低減や、中心偏析帯の改善には有効であるものの、降伏強度が620MPa以上の合金添加量の多い厚肉鋼板の製造に適用する場合には、材料の高強度化により欠陥感受性が高まるため、板厚中心部の伸びおよび靱性がいずれも不十分である。
- [0018] 本発明は、上記した問題を有利に解決するもので、合金元素の添加量を増やす必要がある厚肉の高強度厚鋼板においても、連続鋳造設備や圧延機の大

型化をせずに板厚中心部の強度・韌性に優れる厚肉高張力鋼板とその製造方法を提供することを目的とする。なお、対象とする厚肉高張力鋼板の板厚は100mm以上とする。

### 課題を解決するための手段

[0019] 発明者らは、上記課題を解決するために、特に、板厚：100mm以上の厚鋼板を対象に、板厚中心部における強度、韌性と伸びに関して、鋼板内部のミクロ組織制御因子について鋭意研究を行い、以下の知見を得た。

[0020] (A) 鋼板表面に比べて著しく冷却速度が低下する板厚中心部において、良好な強度および韌性を得るためには、鋼組成を適切に選定することで、低下した冷却速度であっても、ミクロ組織を、マルテンサイトおよび／またはベイナイト組織とすることが重要である。

[0021] (B) 高強度化により延性が低下しやすく、延性に対する欠陥の感受性が高まる厚鋼板の板厚中心部において良好な延性を確保するためには、熱間鍛造時の金型の形状および総圧下量と、その時の歪速度、1パス当たりの圧下率および加工時間を管理して、センターポロシティを圧着し無害化することが重要である。

[0022] すなわち、本発明は、上記した知見に、さらに検討を加えてなされたものであって、本発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 板厚中心部における板厚方向引張による絞り値が40%以上であり、板厚：100mm以上である厚肉高韌性高張力鋼板。

[0023] 2. 質量%で、C:0.08~0.20%、Si:0.40%以下、Mn:0.5~5.0%、P:0.015%以下、S:0.0050%以下、Cr:3.0%以下、Ni:5.0%以下、Ti:0.005~0.020%、Al:0.080%以下、N:0.0070%以下およびB:0.0030%以下を含有し、かつ以下の(1)式の関係を満たし、残部はFeおよび不可避免的不純物からなる前記1に記載の厚肉高韌性高張力鋼板。

$$Ceq^{IIW} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5 \geq 0.57 \cdots (1)$$

上式において各元素記号は鋼中の含有量(質量%)とし、含有しないものは0として計算する。

- [0024] 3. さらに、質量%で、Cu:0.50%以下、Mo:1.50%以下、V:0.200%以下およびNb:0.100%以下のうちから選んだ1種または2種以上を含有する前記2に記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [0025] 4. さらに、質量%で、Mg:0.0005~0.0100%、Ta:0.01~0.20%、Zr:0.005~0.1%、Y:0.001~0.01%、Ca:0.0005~0.0050%およびREM:0.0005~0.0200%のうちから選んだ1種または2種以上を含有することを特徴とする前記2または3に記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [0026] 5. 降伏強度が620MPa以上であって、靱性 ( $vE_{-40}$ ) が70 J以上である前記1~4のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [0027] 6. 前記1~5のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板を製造する方法であって、連続鋳造スラブを、1200~1350℃に加熱後、対向する金型の短辺のうち短い方を1とした場合に、これに対向する金型の短辺の長さが1.1~3.0となる金型を用いて、1000℃以上で、歪速度を3/s以下とし、累積圧下量を15%以上とする熱間鍛造を行った後、熱間圧延を行い、その後、焼入れ焼戻しをする厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。
- [0028] 7. 前記1~5のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板を製造する方法であって、連続鋳造スラブを、1200~1350℃に加熱後、対向する金型の短辺のうち短い方を1とした場合に、これに対向する金型の短辺の長さが1.1~3.0となる金型を用いて、1000℃以上で、歪速度を3/s以下とし、累積圧下量を15%以上とする熱間鍛造を行った後、放冷し、再度、 $Ac_3$ 点~1250℃に加熱後、1パス当たりの圧下率が4%以上のパスを少なくとも2回以上行う熱間圧延を行った後、放冷して、 $Ac_3$ 点~1050℃に再加熱し、さらに $Ar_3$ 点~350℃になるまで急冷した後、450~700℃の範囲で焼戻しをする厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。
- [0029] 8. 前記厚肉高靱性高張力鋼板における加工前の素材からの圧下比を3以下とする前記6または7に記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。
- [0030] 9. 前記熱間鍛造時に、圧下率が1パス当たり5%以上の鍛造を1回以上適用する前記6~8のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

[0031] 10. 前記熱間鍛造時に、圧下率が1パス当たり7%以上の鍛造を1回以上適用する前記6～8のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

[0032] 11. 前記熱間鍛造時に、少なくとも1パスを、該パスの最大荷重×0.9以上最大荷重以下の負荷荷重における累積経過時間を3s以上とする前記6～10のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

### 発明の効果

[0033] 本発明によれば、母材の降伏強度および靱性に優れた板厚：100mm以上の厚鋼板が得られ、鉄鋼構造物の大型化、鉄鋼構造物の安全性の向上、歩留まりの向上、製造工期の短縮に大きく寄与するので、産業上極めて有用である。特に、従来、十分な板厚中心部の特性が得られなかった加工前の素材からの圧下比が3以下となる場合でも、連続鑄造設備の大型化などの対策を行わずに良好な特性が得られる効果をもたらす。

### 図面の簡単な説明

[0034] [図1]対向する金型の短辺を示す図である。

[図2]素材（鋼板）中の相当塑性ひずみを計算した結果を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明を具体的に説明する。

本発明は、板厚：100mm以上の鍛造材であって、板厚中心部における板厚方向引張による絞り値が40%以上であることを特徴としている。鋼中のセンターポロシティを圧着してそのサイズを100 $\mu$ m以下にし、実質無害化することができるからである。

また、前記の厚肉高張力鋼板は、降伏強度が620MPa以上である特徴を備えており、鉄鋼構造物の大型化や、鉄鋼構造物の安全性の向上を図ることができる。なお、上記特性は、従来技術では困難であった加工前の素材からの圧下比が3以下の範囲でも得られる。

[0036] 次に、本発明における、鋼板成分の好適範囲を説明する。なお、鋼板成分における各元素の含有量の%表示は全て、質量%である。

C:0.08～0.20%



Cは、構造用鋼に求められる強度を安価に得るために有用な元素であり、その効果を得るためには0.08%以上の添加が好ましい。一方、0.20%を超えて含有すると、母材および溶接熱影響部の靱性を顕著に劣化させるため上限を0.20%とするのが好ましい。より好ましくは0.08~0.14%である。

[0037] Si:0.40%以下

Siは、脱酸のために添加するが、0.40%を超えて添加すると母材および溶接熱影響部の靱性が顕著に低下するため、Si量は0.40%以下が好ましい。より好ましくは0.05~0.30%の範囲である。さらに好ましくは0.1~0.30%の範囲である。

[0038] Mn:0.5~5.0%

Mnは、母材強度を確保する観点から添加するが、0.5%未満の添加ではその効果が十分でない一方で、5.0%を超えて添加すると、母材の靱性が劣化するだけではなく、中心偏析を助長し、スラブのポロシティを大型化するため上限は5.0%が好ましい。より好ましくは0.6~2.0%の範囲である。さらに好ましくは0.6~1.6%の範囲である。

[0039] P:0.015%以下

Pは、0.015%を超えて含有すると、母材および溶接熱影響部の靱性を著しく低下させるため0.015%以下に制限するのが好ましい。なお、下限値は特に限定されず0%であっても良い。

[0040] S:0.0050%以下

Sは、0.0050%を超えて含有すると、母材および溶接熱影響部の靱性を顕著に低下させるため、0.0050%以下とするのが好ましい。なお、下限値は特に限定されず0%であっても良い。

[0041] Cr:3.0%以下

Crは、母材の高強度化に有効な元素であるが、多量に添加すると溶接性を低下させるので、3.0%以下とするのが好ましい。製造コストの観点からより好ましくは、0.1~2.0%である。

[0042] Ni:5.0%以下

Niは、鋼の強度および溶接熱影響部の靱性を向上させる有益な元素であるが、5.0%を超えて添加すると、経済性が著しく低下するため、Ni量の上限は5.0%以下とすることが好ましい。より好ましくは、0.5~4.0%である。

[0043] Ti : 0.005~0.020%

Tiは加熱時にTiNを生成し、オーステナイト粒の粗大化を効果的に抑制し、母材および溶接熱影響部の靱性を向上させる。しかし、0.020%を超えて添加すると、Ti窒化物が粗大化し母材の靱性を低下させるので、Tiを添加する場合は、Ti量は0.005~0.020%の範囲とするのが好ましい。より好ましくは、0.008~0.015%の範囲である。

[0044] Al:0.080%以下

Alは、溶鋼を十分に脱酸するために添加されるが、0.080%を超えて添加すると母材中に固溶するAl量が多くなり、母材靱性を低下させるので、Al量は0.080%以下とするのが好ましい。より好ましくは、0.020~0.080%の範囲である。さらに好ましくは、0.020~0.060%の範囲である。

[0045] N:0.0070%以下

Nは、Tiなどと窒化物を形成することによって組織を微細化し、母材および溶接熱影響部の靱性を向上させる効果を有するが、0.0070%を超えて添加すると、母材中に固溶するN量が増大し、母材靱性が著しく低下し、さらに溶接熱影響部においても粗大な炭窒化物を形成し靱性を低下させるので、N量は0.0070%以下とするのが好ましい。より好ましくは、0.0050%以下、さらに好ましくは0.0040%以下である。

[0046] B:0.0030%以下

Bは、オーステナイト粒界に偏析することで粒界からのフェライト変態を抑制し、焼入性を高める効果を有するが、0.0030%を超えて添加すると、炭窒化物として析出し焼入性を低下させ、靱性が低下するので0.0030%以下とするのが好ましい。Bを添加する場合は、0.0003~0.0030%の範囲とするのがより好ましい。さらに好ましくは0.0005~0.0020%の範囲である。

[0047] 本発明の高張力鋼は、上記元素に加えて、さらに強度・靱性を高める目的

でCu、Mo、VおよびNbの中から選んだ1種類または2種類以上を含有することができる。

Cu: 0.50%以下

Cuは、靱性を損なうことなく鋼の強度の向上が図れるが、0.50%より多く添加すると熱間加工時に鋼板表面に割れを生じるので0.50%以下とする。

[0048] Mo:1.50%以下

Moは、母材の高強度化に有効な元素であるが、1.50%を超えて添加すると硬質の合金炭化物の析出による強度の上昇を引き起こして靱性を低下させるので、上限を1.50%とするのが好ましい。より好ましくは、0.02~0.80%の範囲である。

[0049] V:0.200%以下

Vは、母材の強度・靱性の向上に効果があり、また、VNとして析出することで、固溶Nの低減に有効であるが、0.200%を超えて添加すると、硬質なVCの析出によって鋼の靱性が低下するので、Vを添加する場合は、0.200%以下とするのが好ましい。より好ましくは、0.010~0.100%の範囲である

[0050] Nb:0.100%以下

Nbは、母材の強度の向上に効果があるため有効であるが、0.100%を超える添加は母材の靱性を顕著に低下させるため上限を0.100%とする。好ましくは、0.025%以下である。

[0051] 本発明の高張力鋼は、上記成分に加えて、さらに材質を改善する目的でMg、Ta、Zr、Y、CaおよびREMの中から選んだ1種類または2種類以上を含有することができる。

[0052] Mg:0.0005~0.0100%

Mgは、高温で安定な酸化物を形成し、溶接熱影響部のオーステナイト粒の粗大化を効果的に抑制し、溶接部の靱性を向上させるのに有効な元素である。この効果を得るためには、0.0005%以上の添加が有効である。一方、0.0100%を超えて添加すると、介在物量が増加し靱性が低下するので、Mgを添加する場合は、0.0100%以下とするのが好ましい。より好ましくは、0.0005~0.0

050%の範囲である。

[0053] Ta:0.01~0.20%

Taは、適正量添加すると、強度向上に有効である。しかし、その添加量が0.01%未満の場合では明瞭な効果が得られない一方で、0.20%を超える場合は析出物生成によって靱性が低下するため、添加量は0.01~0.20%とするのが好ましい。

[0054] Zr:0.005~0.1%

Zrは、強度上昇に有効な元素であるが、添加量が0.005%未満の場合は顕著な効果が得られない一方で、0.1%を超える添加の場合には、粗大な析出物を生成して、鋼の靱性が低下するため、添加量は0.005~0.1%とする。

[0055] Y:0.001~0.01%

Yは、高温で安定な酸化物を形成し、溶接熱影響部のオーステナイト粒の粗大化を効果的に抑制し、溶接部の靱性を向上させるのに有効な元素である。しかし、0.001%未満の添加では効果が得られず、0.01%を超えて添加すると、介在物量が増加し靱性が低下するので、添加量は、0.001~0.01%とする。

[0056] Ca:0.0005~0.0050%

Caは、硫化物系介在物の形態制御に有用な元素であり、その効果を発揮させるためには、0.0005%以上の添加が必要である。一方、0.0050%を超えて添加すると、清浄度の低下を招き靱性を劣化させるので、Caを添加する場合は、0.0050%以下とするのが好ましい。より好ましくは0.0005~0.0025%の範囲である。

[0057] REM:0.0005~0.0200%

REMも、Caと同様に鋼中で酸化物および硫化物を形成して材質を改善する効果があり、その効果を得るためには0.0005%以上の添加が必要である。一方、0.0200%を超えて添加しても、その効果が飽和するため、REMを添加する場合は、0.0200%以下とするのが好ましい。より好ましくは0.0005~0.0100%の範囲である。

[0058]  $C_{eq}^{IIW}$  (%)  $\geq 0.57$

本発明では、板厚中心部において高強度と良好な靱性を確保するために、適切な成分の添加が必要であり、下記の(1)式で定義する $C_{eq}^{IIW}$  (%)が $C_{eq}^{IIW} \geq 0.57$ の関係を満たすように成分を添加することが重要である。

$$C_{eq}^{IIW} = C + Mn/6 + (Cu + Ni) / 15 + (Cr + Mo + V) / 5 \geq 0.57 - (1)$$

なお、式中の各元素記号はそれぞれの元素の含有量(質量%)を示す。

[0059] 次に、本発明の製造条件について説明する。

以下の説明において、温度「℃」は、板厚中心部における温度を意味するものとする。特に、本発明における厚鋼板の製造方法では、鋼素材中のセンターポロシティなどの鑄造欠陥を無害化させるため、下記に記載の条件で鋼素材に熱間鍛造を施すことを必須とする。

[0060] 鋼素材の熱間加工条件

加熱温度：1200～1350℃

上述の組成を有する鑄片または鋼片の鋼素材を転炉、電気炉、真空溶解炉等、通常公知の方法で溶製し連続鑄造した後、1200～1350℃に再加熱する。再加熱温度が1200℃未満では、所定の熱間加工の累積圧下量と温度下限を確保できず、また、熱間鍛造時の変形抵抗が高く、1パスあたりの十分な圧下量を確保できない。その結果、必要パス数が増加することで、製造能率の低下を招くだけでなく、鋼素材中のセンターポロシティなどの鑄造欠陥を圧着して無害化することができないため、1200℃以上とする。一方、再加熱温度が1350℃を超えると、過大なエネルギーを消費し、加熱時のスケールにより表面疵が生じやすくなり、熱間鍛造後の手入れ負荷が増大するため、上限は1350℃とする。

[0061] 熱間鍛造の鍛造温度：1000℃以上

熱間鍛造の鍛造温度が1000℃未満の場合、熱間鍛造時の変形抵抗が高くなるため、鍛造機への負荷が大きくなり、センターポロシティを確実に無害化することができなくなるため1000℃以上とする。なお、鍛造温度の上限に特に限定はないが、製造コストの観点から1350℃程度が好ましい。

[0062] 対向する金型の形状が非対称

本発明における熱間鍛造は、連続鋳造スラブの幅方向に長辺を持ち、連続鋳造スラブの進行方向に短辺を有した対向する1対の金型によって行われるが、図1に示すように、この対向する金型の短辺同士が異なる長さを有しているところに本発明の熱間鍛造の特徴がある。

そして、この対向する金型の1対の短辺のうち、短い方の短辺（図1中では上金型の短辺）の長さを1とした時、これに対向する金型の短辺（図1中では下金型の短辺）を、短い方の短辺に比して1.1から3.0の長さの金型とすることで、歪分布を非対称にすることができるのみならず、鍛造時に加えられる歪が最小となる位置と、連続鋳造スラブのセンターポロシティの発生位置とを合致させないことが可能となる結果、センターポロシティをより確実に無害化できるのである。

上記短い方の短辺と長い方の短辺の比が1.1未満の場合には、十分な無害化効果が得られない一方で、3.0を超える場合には、熱間鍛造の著しい能率の低下を招く。従って、本発明における熱間鍛造に用いる金型は、対向する1対の金型の短辺同士において、短い方の短辺を1とすると、対向する短辺は、1.1から3.0の長さを有することが肝要である。なお、上記金型の短い方の短辺を有する金型が、連続鋳造スラブの上方であっても下方であっても構わない。対向する側の金型の短辺が上記比を満足する長さであれば良い。すなわち、図1において、下金型の短辺が短くても良い。

[0063] また、上下金型の短辺を同じにした場合（図中白丸で表す従来金型）と、短い方の短辺と長い方の短辺の比を2.5とした場合（図中黒丸で表す本発明に従う金型）との素材（鋼板）中の相当塑性ひずみを、素材の板厚方向に計算した結果を、図2に示す。なお、上記金型を用いた熱間鍛造の条件は、金型形状以外は同じとし、加熱温度：1250(°C)、加工開始温度：1215(°C)、加工終了温度：1050(°C)、累積圧下量：16(%)、歪速度：0.1(/s)、最大1パス圧下量：8(%)、幅方向加工無し、とした。

図2より、本発明に従う金型を用いた熱間鍛造の方が、素材中心まで、十

分な歪を付与できていることが分かる。

[0064] 熱間鍛造の累積圧下量：15%以上

熱間鍛造の累積圧下量が15%未満の場合、鋼素材中のセンターポロシティなどの鑄造欠陥を圧着し無害化することができないため、15%以上とする。連続鑄造スラブの幅方向を熱間鍛造することで厚みを増した場合は、その厚みからの累積圧下量とする。

[0065] 熱間鍛造の歪速度：3/s以下

熱間鍛造の歪速度が3/sを超えると、熱間鍛造時の変形抵抗が高くなり、鍛造機への負荷が増大し、センターポロシティを無害化することができなくなるため3/s以下とする。

また、歪速度が0.01/s未満となる場合、熱間鍛造時間が長くなることで生産性が低下するため、0.01/s以上とすることが好ましい。より好ましくは、0.05/s～1/sの範囲である。

[0066] 熱間鍛造時の圧下率を、1パス当たり、5%以上または7%以上とした鍛造を1回以上適用

熱間鍛造時の圧下率を大きくすることで、微細なセンターポロシティの鍛造後の残存量が低下する。そのため5%/パス以上の鍛造を熱間鍛造時に1回以上適用すると、板厚方向引張試験時の絞りが鋼中のセンターポロシティを圧着してそのサイズを100 $\mu$ m以下にし、実質無害化することができるため、40%以上となる。他方、7%/パス以上の鍛造を熱間鍛造時に1回以上適用すると、鋼中のセンターポロシティのサイズをより微細にすることができるため、板厚方向引張試験時の絞りが45%以上の製品を製造することが可能になる。

[0067] 熱間鍛造時の少なくとも1パスを当該パスの最大荷重 $\times$ 0.9以上最大荷重以下の負荷荷重における累積経過時間を3s以上

熱間鍛造時において、少なくとも1パスを、そのパスにおける最大荷重 $\times$ 0.9以上最大荷重以下の負荷荷重における累積経過時間を3s以上とするように鍛造することで、センターポロシティが拡散的に接合して消滅するために、

板厚方向引張試験時の絞りを向上させることができる。

[0068] なお、本発明では、熱間鍛造後に熱間圧延して所望の板厚の鋼板とし、板厚中心部においても620MPa以上の降伏強度および良好な靱性を確保するため、焼入れ焼戻し処理を行うことが可能である。

[0069] 熱間鍛造後の鋼素材の再加熱温度：Ac<sub>3</sub>点～1250℃

鋼素材をAc<sub>3</sub>変態点以上に加熱するのは、鋼をオーステナイト組織一相に均一化するためであり、加熱温度としては、Ac<sub>3</sub>点以上1250℃以下とするのが好ましい。

ここで、本発明では、Ac<sub>3</sub>変態点を、下記式(2)により計算される値とする。

$$Ac_3 \text{ (}^\circ\text{C)} = 937.2 - 476.5C + 56Si - 19.7Mn - 16.3Cu - 26.6Ni - 4.9Cr + 38.1Mo + 124.8V + 136.3Ti + 198.4Al + 3315B \dots (2)$$

なお、(2)式での各元素記号はそれぞれの合金元素の鋼中含有量(質量%)を示す。

[0070] 1パス当たりの圧下率が4%以上のパスを少なくとも2回以上行う熱間圧延

本発明では、再度、Ac<sub>3</sub>点以上1250℃以下に加熱後、1パス当たりの圧下率が4%以上のパスを少なくとも2回以上行う熱間圧延を行うことが好ましい。このような圧延を行うことで、板厚中心部に十分な加工を加えることが可能となり、再結晶の促進により組織が微細化し機械的特性が向上するためである。

[0071] 熱間圧延後の熱処理条件

板厚中心部での強度と靱性を得るために、本発明では熱間圧延後放冷し、Ac<sub>3</sub>点～1050℃に再加熱し、少なくともAr<sub>3</sub>点以上の温度から350℃以下になるまで急冷する。再加熱温度を1050℃以下とするのは、1050℃を超える高温の再加熱ではオーステナイト粒の粗大化による母材靱性の低下が著しく低下するためである。

ここで、本発明では、Ar<sub>3</sub>変態点を、下記式(3)により計算される値とする。



$$Ar_3 \text{ (}^\circ\text{C)} = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo \quad \dots$$

(3)

なお、(3)式での各元素記号はそれぞれの元素の鋼中含有量(質量%)を示す。

[0072] 板厚中心部の温度は、板厚、表面温度および冷却条件等から、シミュレーション計算等により求められる。例えば、差分法を用い、板厚方向の温度分布を計算することにより、板厚中心温度が求められる。

急冷の方法は、工業的には水冷とすることが一般的であるが、冷却速度は可能な限り速いほうが望ましいため、冷却方法は水冷以外でも良く、例えばガス冷却などの方法もある。

[0073] 焼戻し処理温度：450～700℃

急冷後、450～700℃で焼もどすのは、450℃未満では残留応力の除去効果が少なく、一方、700℃を超える温度では、種々の炭化物が析出するとともに、母材の組織が粗大化し、強度、靱性が大幅に低下するためである。

工業的には、鋼の強靱化を目的に繰返し焼入れする場合がありますが、本発明においても繰返し焼入れしても良いが、最終の焼入れの際に、 $A_{c3}$ 点～1050℃に加熱後、350℃以下になるまで急冷し、その後450～700℃で焼もどすことが好適である。

[0074] 以上説明したように、本発明の鋼板の製造では、焼入れ焼戻しを行うことによって、強度および靱性に優れる鋼板を製造することが可能となる。

## 実施例

[0075] 次に、本発明の実施例について説明する。

表1に示すNo. 1～35の鋼を溶製し、連続鋳造スラブとした後、表2に示す条件で、熱間加工および熱間圧延を施し、その際、板厚を100～240mmの範囲の鋼板とし、その後、焼入れ、焼戻し処理を行って、表2に示した試料No. 1～49の製品を製造し、下記の試験に供した。

### I 引張試験

各鋼板の板厚中心部から、圧延方向と直角方向に丸棒引張試験片(Φ:12.

5mm、GL : 50mm) を採取し、降伏強度 (YS)、引張強度 (TS) を測定した。

## II 板厚方向引張試験

各鋼板について板厚方向に丸棒引張試験片 ( $\phi 10\text{mm}$ ) を3本採取し、破断後の絞りを測定し、その最小値で評価した。

## III シャルピー衝撃試験

各鋼板の板厚中心部から、圧延方向を長手方向とする2mmVノッチシャルピー試験片を各3本ずつ採取し、各試験片について $-40^{\circ}\text{C}$ でシャルピー衝撃試験により吸収エネルギー ( $vE_{-40}$ ) を測定し、それぞれ3本の平均値を求めた。

上記の試験結果を表2に併記する。

[0076]

[表1]

区分	鋼番	化学成分 (mass%)																				Ac <sub>3</sub> °C	Ar <sub>3</sub> °C			
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Al	N	B	Cu	Mo	V	Nb	Mg	Ta	Zr	Y	Ca			REM	Ceq <sup>W</sup>	
好適範囲 適合 成分鋼	1	0.083	0.20	1.5	0.006	0.0010	0.9	0.5	0.010	0.045	0.0032	0.0012	0.25	0.25	0.020	—	—	—	—	—	—	0.0015	—	0.61	885	702
	2	0.085	0.08	1.4	0.005	0.0011	0.9	0.9	0.008	0.048	0.0029	0.0012	0.20	0.30	0.045	—	—	—	—	—	—	0.0115	—	0.64	873	681
	3	0.108	0.20	1.0	0.006	0.0010	0.7	0.9	0.009	0.050	0.0030	0.0012	0.25	0.45	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.58	883	696
	4	0.110	0.20	1.1	0.004	0.0005	0.8	3.6	0.008	0.025	0.0033	0.0010	0.20	0.50	0.040	0.012	—	—	—	—	—	—	—	0.81	805	534
	5	0.112	0.21	0.9	0.005	0.0004	1.2	3.6	0.008	0.045	0.0038	0.0010	0.21	0.49	0.041	—	—	—	—	—	—	—	—	0.86	810	544
	6	0.119	0.19	1.1	0.005	0.0008	1.0	2.0	0.010	0.045	0.0028	0.0010	0.20	0.48	0.041	—	—	—	—	—	—	—	—	0.75	845	615
	7	0.123	0.21	1.2	0.004	0.0006	1.0	2.1	0.011	0.045	0.0030	0.0011	0.19	0.52	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.78	843	604
	8	0.120	0.20	0.8	0.006	0.0008	1.5	2.9	0.010	0.035	0.0032	0.0008	0.20	0.55	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.88	825	579
	9	0.120	0.20	1.2	0.003	0.0005	0.9	3.6	0.005	0.065	0.0045	0.0012	0.20	0.50	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.84	807	526
	10	0.120	0.20	1.2	0.004	0.0006	0.9	2.5	0.010	0.040	0.0025	0.0009	0.20	0.50	0.038	—	—	—	—	—	—	—	—	0.77	831	587
	11	0.120	0.20	1.2	0.005	0.0004	0.9	2.0	0.010	0.045	0.0026	0.0012	0.20	0.50	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.75	846	613
	12	0.125	0.23	1.2	0.005	0.0006	1.0	3.8	0.012	0.060	0.0040	0.0010	0.22	0.55	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	0.90	802	507
	13	0.125	0.19	1.1	0.005	0.0006	0.8	3.2	0.010	0.055	0.0032	0.0012	0.20	0.50	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.88	815	551
	14	0.160	0.22	2.5	0.004	0.0005	0.8	2.0	0.008	0.048	0.0029	0.0009	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.88	777	534
	15	0.182	0.26	0.6	0.003	0.0003	0.0	4.5	0.009	0.053	0.0025	0.0008	—	0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.68	767	518
	16	0.195	0.20	0.9	0.006	0.0009	2.5	2.2	0.011	0.050	0.0028	0.0012	—	—	0.080	—	—	—	—	—	—	—	—	1.01	792	619
	17	0.125	0.20	1.2	0.006	0.0005	0.7	2.0	0.009	0.045	0.0020	0.0000	0.15	0.45	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.70	839	617
	18	0.119	0.20	1.1	0.005	0.0008	0.9	1.9	0.012	0.005	0.0025	0.0011	0.21	0.50	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	0.73	843	623
	19	0.140	0.05	0.6	0.003	0.0006	2.3	0.0	0.009	0.025	0.0040	0.0010	—	1.40	0.190	—	—	—	—	—	—	—	—	1.02	937	672
	20	0.120	0.18	1.1	0.003	0.0004	0.9	1.8	0.011	0.035	0.0028	0.0012	0.20	0.50	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	0.73	850	628
	21	0.130	0.26	1.1	0.005	0.0012	1.0	0.9	0.008	0.004	0.0022	0.0006	0.25	0.45	—	—	—	0.055	—	—	—	—	—	0.68	856	676
	22	0.142	0.19	1.3	0.006	0.0009	0.6	1.5	0.009	0.030	0.0028	0.0009	0.30	0.50	0.015	—	—	—	0.023	—	—	—	—	0.70	838	624
	23	0.115	0.30	1.1	0.006	0.0010	0.7	0.5	0.010	0.040	0.0030	0.0010	0.20	0.45	0.040	—	—	—	—	—	0.004	—	—	0.58	892	708
	24	0.122	0.22	0.6	0.005	0.0008	0.9	1.0	0.009	0.035	0.0028	0.0006	0.25	0.45	0.060	0.009	—	—	—	—	—	—	—	0.59	879	715
	25	0.228	0.24	1.3	0.005	0.0009	1.1	0.6	0.009	0.043	0.0030	0.0012	0.21	0.44	0.038	—	—	—	—	—	—	—	—	0.81	827	646
	26	0.152	0.55	1.0	0.006	0.0006	0.9	0.9	0.010	0.044	0.0032	0.0015	0.18	0.52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.67	879	675
	27	0.085	0.40	0.3	0.009	0.0015	1.2	1.0	0.009	0.050	0.0032	0.0012	0.23	0.58	0.035	—	—	—	—	—	—	—	—	0.58	919	736
	28	0.131	0.35	1.2	0.020	0.0012	1.0	0.5	0.011	0.045	0.0038	0.0009	0.25	0.50	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	0.69	887	686
	29	0.141	0.15	1.3	0.009	0.0070	1.1	1.3	0.011	0.025	0.0055	0.0006	0.19	0.44	0.039	—	—	—	—	—	—	—	—	0.77	840	635
	30	0.123	0.26	1.5	0.006	0.0005	0.8	2.0	0.003	0.050	0.0040	0.0005	—	0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.74	832	602
	31	0.133	0.29	1.1	0.005	0.0006	1.1	2.1	0.024	0.035	0.0045	0.0008	—	0.60	0.020	—	—	—	—	—	—	—	—	0.80	845	601
	32	0.122	0.26	1.1	0.005	0.0009	1.0	1.5	0.011	0.095	0.0045	0.0006	0.45	0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.73	859	642
	33	0.118	0.26	1.1	0.009	0.0006	0.8	2.0	0.006	0.040	0.0075	0.0005	0.33	0.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.73	844	610
	34	0.133	0.26	1.1	0.010	0.0010	0.8	2.0	0.008	0.050	0.0030	0.0040	0.25	0.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.72	848	615
	35	0.115	0.15	0.8	0.010	0.0015	0.6	1.0	0.012	0.035	0.0030	0.0009	0.15	0.50	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	0.55	879	703

Ceq<sup>W</sup>、Ac<sub>3</sub>、Ar<sub>3</sub>の値はそれぞれ本文(1)~(3)式より計算したものである。

[0077] [表2]

区分	原料	スラブ厚 (mm)	熱間鍛造				熱間正延				スラブ厚 (mm)	スラブ厚比 (%)	最終処理時の熱処理条件				最終特性						
			加熱温度 (°C)	加工開始温度 (°C)	加工終了温度 (°C)	累積圧下量 (%)	歪速度 (%/s)	最大歪 (%)	加熱温度 (°C)	圧延圧下量 (%)			圧延速度 (mm/s)	圧延条件 (注1)	再加熱温度 (°C)	保持時間 (min)	冷却停止温度 (°C)	焼むし温度 (°C)	YS (MPa)	TS (MPa)	VE <sub>40</sub> (μ)	延伸方向引張率 (%)	
実施例 1	1	250	1200	1155	1090	20	0.1	10	1.1	1150	55	○	100	2.5	1000	10	150	660	715	803	135	65	
実施例 2	2	250	1270	1180	1120	15	0.1	7	1.1	1150	39	○	130	1.9	900	30	100	630	701	795	206	70	
実施例 3	3	310	1260	1170	1090	15	0.1	5	1.5	1100	51	○	130	2.4	900	30	100	590	718	809	221	65	
実施例 4	4	490	1250	1180	1080	15	0.1	7	1.2	1200	45	○	150	2.1	900	30	100	645	758	846	133	60	
実施例 5	5	310	1270	1245	1120	20	0.1	10	1.5	1130	45	○	150	2.1	900	30	150	630	755	846	215	70	
実施例 6	6	310	1270	1240	1120	20	0.1	10	1.5	1130	32	○	180	1.7	900	30	100	630	773	865	193	65	
実施例 7	7	490	1270	1250	1110	15	0.1	5	1.5	1130	20	○	210	2.1	930	10	100	645	763	852	148	40	
実施例 8	8	310	1270	1245	1100	20	0.1	10	1.5	1170	50	○	150	2.1	900	30	100	650	766	869	225	55	
実施例 9	9	310	1250	1240	1080	20	0.1	7	1.5	1150	32	○	180	1.7	850	10	100	640	728	815	218	45	
実施例 10	10	310	1200	1185	1090	20	0.1	5	1.5	1090	27	○	180	1.7	850	30	100	630	745	832	205	60	
実施例 11	11	450	1270	1250	1090	15	0.1	3	2.5	1200	42	○	240	1.9	900	60	100	600	736	829	195	65	
実施例 12	12	310	1250	1220	1120	20	0.1	7	1.5	1150	40	○	150	2.1	900	30	200	630	728	823	250	70	
実施例 13	13	310	1250	1215	1150	20	0.1	7	1.5	1150	40	○	150	2.1	900	30	100	630	748	821	205	65	
実施例 14	14	310	1250	1245	1100	20	0.1	10	2	1200	32	○	180	1.7	900	30	100	650	753	836	205	70	
実施例 15	15	310	1270	1245	1100	20	0.1	10	2	1200	32	○	180	1.7	900	30	100	650	753	836	205	70	
実施例 16	16	310	1260	1190	1080	15	0.1	5	1.5	1150	45	○	150	2.5	900	30	100	660	763	882	59	70	
実施例 17	17	310	1270	1235	1090	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	745	832	22	70	
実施例 18	18	310	1270	1235	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	768	842	41	65	
実施例 19	19	450	1270	1255	1090	15	0.1	5	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	758	841	29	65	
実施例 20	20	310	1200	1165	1050	20	0.1	10	1.5	1170	45	○	150	2.1	900	30	150	630	726	811	195	45	
実施例 21	21	310	1270	1235	1090	15	0.1	10	1.5	1170	56	○	130	2.4	900	30	100	630	721	824	165	50	
実施例 22	22	310	1270	1245	1100	20	0.1	10	1.5	1200	53	○	130	2.4	950	30	100	630	733	816	185	60	
実施例 23	23	250	1200	1135	1050	15	0.1	5	1.5	1130	53	○	100	2.5	900	30	150	630	756	842	190	45	
実施例 24	24	250	1270	1185	1090	20	0.1	10	1.5	1130	50	○	100	2.5	900	30	100	630	768	856	145	50	
実施例 25	25	310	1200	1165	1030	15	0.1	5	1.5	1100	32	○	180	1.7	900	30	100	600	792	905	50	45	
実施例 26	26	250	1200	1145	1050	15	0.1	10	1.5	1150	58	○	100	2.5	900	30	150	660	763	882	59	70	
実施例 27	27	250	1200	1150	1090	15	0.1	10	1.5	1150	58	○	100	2.5	900	30	150	660	763	882	59	70	
実施例 28	28	310	1270	1235	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	745	832	22	70	
実施例 29	29	310	1270	1235	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	745	832	22	70	
実施例 30	30	310	1270	1250	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	768	842	41	65	
実施例 31	31	310	1270	1250	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	758	841	29	65	
実施例 32	32	310	1270	1245	1100	20	0.1	10	1.5	1170	45	○	150	2.1	900	30	150	630	748	859	95	70	
実施例 33	33	310	1270	1235	1100	20	0.1	10	1.5	1200	45	○	150	2.1	900	30	150	630	730	819	20	65	
実施例 34	34	310	1270	1235	1100	20	0.1	10	1.5	1200	32	○	180	1.7	900	30	100	630	741	869	26	60	
実施例 35	35	310	1270	1250	1100	20	0.1	10	1.5	1200	32	○	180	1.7	900	30	100	630	585	673	32	65	
比較例 36	36	310	1200	1165	1090	15	0.1	5	1.5	1150	43	○	150	2.1	900	30	150	630	752	816	105	20	
比較例 37	37	5	310	1200	1165	900	15	0.1	4	1.5	1150	48	○	150	2.1	900	30	150	630	711	803	95	15
比較例 38	38	5	310	1165	1090	7	0.1	4	1.5	1150	48	○	150	2.1	900	30	100	630	724	812	85	25	
比較例 39	39	5	310	1170	1090	15	0.1	6	1.5	1100	43	○	150	2.1	900	30	150	630	723	816	90	20	
比較例 40	40	310	1250	1190	1080	15	0.1	5	1.5	1150	32	○	180	1.7	900	30	100	630	745	836	52	65	
実施例 41	41	310	1250	1190	1080	15	0.1	5	1.5	1150	32	○	180	1.7	900	30	100	630	745	836	52	65	
実施例 42	42	6	310	1270	1235	1090	20	0.1	10	1.5	1150	32	○	180	1.7	750	30	100	600	605	695	152	65
実施例 43	43	6	310	1270	1260	1090	20	0.1	10	1.5	1100	32	○	180	1.7	900	30	480	600	529	663	25	55
実施例 44	44	6	310	1270	1245	1090	20	0.1	10	1.5	1100	32	○	180	1.7	900	30	150	730	597	683	210	60
実施例 45	45	6	310	1250	1090	20	0.1	7	1.5	1100	32	○	180	1.7	900	30	150	630	721	806	40	40	
実施例 46	46	310	1270	1240	1090	20	0.1	5	1.5	1100	32	○	180	1.7	900	30	150	630	845	964	65	55	
比較例 47	47	6	310	1270	1235	1090	20	0.1	10	1.5	1100	27	○	180	1.7	900	30	150	630	756	841	185	25
実施例 48	48	6	310	1270	1245	1090	20	0.1	10	1.5	1100	27	○	180	1.7	900	30	150	630	743	832	46	45
実施例 49	49	6	310	1270	1245	1090	20	0.1	10	1.5	1150	32	×	180	1.7	900	30	150	645	712	815	26	45

(注1) ハス当りの圧下率が4%以上のハスを2回以上行ったものを○とした。

[0078] 表2に示された結果から、鋼の鍛造条件が本発明の範囲に適合する鋼板（試料No.1～35、40～44、46、48、49）は、板厚方向引張試験時の絞りが40%以上であり、板厚方向引張特性が優れていることがわかる。さらに、鋼の製造条件と成分組成が共に本発明の好適範囲に適合する鋼板（試料No.1～24）では、いずれもYSが620MPa以上、TSが720MPa以上、母材の靱性（ $vE_{-40}$ ）が70 J以上、板厚方向引張試験時の絞りが40%以上であり、母材の強度・靱性、板厚方向引張特性のいずれにおいても優れていることが分かる。

[0079] なお、試料No.36～49に示すように、鋼の製造条件が本発明に適合していない場合、YSや、TS、靱性（ $vE_{-40}$ ）、および、板厚方向引張試験時の絞りの特性が、上記所望特性に満たず、本発明より劣っている。

## 請求の範囲

- [請求項1] 板厚中心部における板厚方向引張による絞り値が40%以上であり、板厚：100mm以上である厚肉高靱性高張力鋼板。
- [請求項2] 質量%で、C:0.08~0.20%、Si:0.40%以下、Mn:0.5~5.0%、P:0.015%以下、S:0.0050%以下、Cr:3.0%以下、Ni:5.0%以下、Ti:0.005~0.020%、Al:0.080%以下、N:0.0070%以下およびB:0.0030%以下を含有し、かつ以下の(1)式の関係を満たし、残部はFeおよび不可避的不純物からなる請求項1に記載の厚肉高靱性高張力鋼板。  
$$Ceq^{IIV} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5 \geq 0.57 \dots (1)$$
上式において各元素記号は鋼中の含有量(質量%)とし、含有しないものは0として計算する。
- [請求項3] さらに、質量%で、Cu:0.50%以下、Mo:1.50%以下、V:0.200%以下およびNb:0.100%以下のうちから選んだ1種または2種以上を含有する請求項2に記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [請求項4] さらに、質量%で、Mg:0.0005~0.0100%、Ta:0.01~0.20%、Zr:0.005~0.1%、Y:0.001~0.01%、Ca:0.0005~0.0050%およびREM:0.0005~0.0200%のうちから選んだ1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項2または3に記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [請求項5] 降伏強度が620MPa以上であって、靱性( $vE_{-40}$ )が70J以上である請求項1~4のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板。
- [請求項6] 請求項1~5のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板を製造する方法であって、連続鑄造スラブを、1200~1350℃に加熱後、対向する金型の短辺のうち短い方を1とした場合に、これに対向する金型の短辺の長さが1.1~3.0となる金型を用いて、1000℃以上で、歪速度を3/s以下とし、累積圧下量を15%以上とする熱間鍛造を行った後、熱間圧延を行い、その後、焼入れ焼戻しをする厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。
- [請求項7] 請求項1~5のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板を製造する

方法であって、連続鋳造スラブを、1200～1350℃に加熱後、対向する金型の短辺のうち短い方を1とした場合に、これに対向する金型の短辺の長さが1.1～3.0となる金型を用いて、1000℃以上で、歪速度を3/s以下とし、累積圧下量を15%以上とする熱間鍛造を行った後、放冷し、再度、 $A_{c3}$ 点～1250℃に加熱後、1パス当たりの圧下率が4%以上のパスを少なくとも2回以上行う熱間圧延を行った後、放冷して、 $A_{c3}$ 点～1050℃に再加熱し、さらに $A_{r3}$ 点～350℃になるまで急冷した後、450～700℃の範囲で焼戻しをする厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

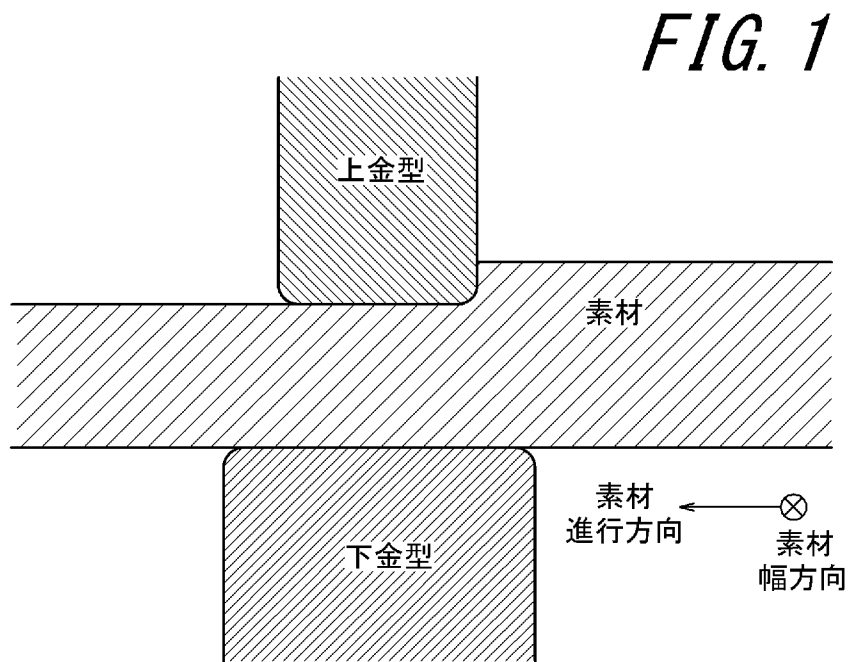
[請求項8] 前記厚肉高靱性高張力鋼板における加工前の素材からの圧下比を3以下とする請求項6または7に記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

[請求項9] 前記熱間鍛造時に、圧下率が1パス当たり5%以上の鍛造を1回以上適用する請求項6～8のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

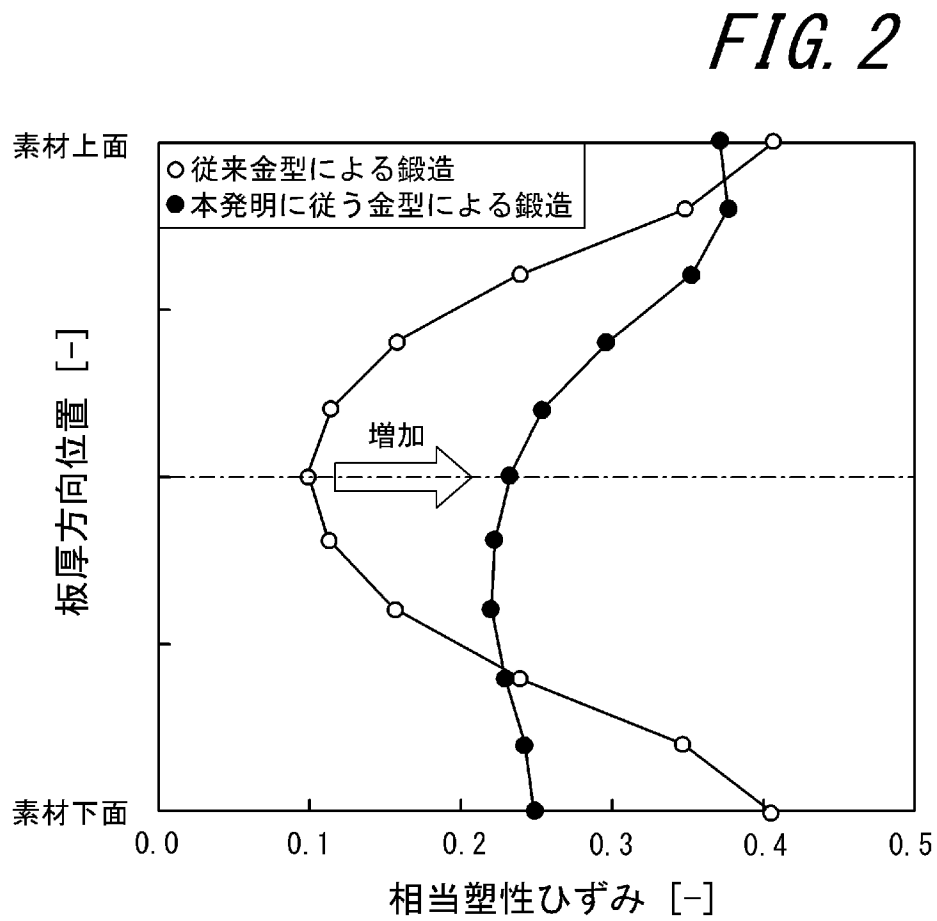
[請求項10] 前記熱間鍛造時に、圧下率が1パス当たり7%以上の鍛造を1回以上適用する請求項6～8のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

[請求項11] 前記熱間鍛造時に、少なくとも1パスを、該パスの最大荷重×0.9以上最大荷重以下の負荷荷重における累積経過時間を3s以上とする請求項6～10のいずれかに記載の厚肉高靱性高張力鋼板の製造方法。

[図1]



[図2]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/004631

<p><b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>                  B21B1/38(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p><b>B. FIELDS SEARCHED</b></p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)                  B21B1/38, C21D8/02, C22C38/00, C22C38/58</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Koho</td> <td style="width:16%;">1922-1996</td> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td style="width:18%;">1996-2014</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2014</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2014</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014				
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014											
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014											
<p><b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">Category*</th> <th style="width:65%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center"><u>X</u> <u>A</u></td> <td>JP 4-190902 A (Nippon Steel Corp.), 09 July 1992 (09.07.1992), Detailed Explanation of the Invention (Family: none)</td> <td align="center"><u>1</u> 2-<u>11</u></td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>WO 2014/038200 A1 (JFE Steel Corp.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0020] to [0080] (Family: none)</td> <td align="center">1-11</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2013-95927 A (Nippon Steel &amp; Sumitomo Metal Corp.), 20 May 2013 (20.05.2013), paragraphs [0020] to [0083] (Family: none)</td> <td align="center">1-11</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	<u>X</u> <u>A</u>	JP 4-190902 A (Nippon Steel Corp.), 09 July 1992 (09.07.1992), Detailed Explanation of the Invention (Family: none)	<u>1</u> 2- <u>11</u>	A	WO 2014/038200 A1 (JFE Steel Corp.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0020] to [0080] (Family: none)	1-11	A	JP 2013-95927 A (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 20 May 2013 (20.05.2013), paragraphs [0020] to [0083] (Family: none)	1-11
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
<u>X</u> <u>A</u>	JP 4-190902 A (Nippon Steel Corp.), 09 July 1992 (09.07.1992), Detailed Explanation of the Invention (Family: none)	<u>1</u> 2- <u>11</u>												
A	WO 2014/038200 A1 (JFE Steel Corp.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0020] to [0080] (Family: none)	1-11												
A	JP 2013-95927 A (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 20 May 2013 (20.05.2013), paragraphs [0020] to [0083] (Family: none)	1-11												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.      <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>										
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 19 December 2014 (19.12.14)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 06 January 2015 (06.01.15)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office</p>		<p>Authorized officer</p>												
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>												

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/004631

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-235524 A (JFE Steel Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), paragraphs [0020] to [0072] (Family: none)	1-11
A	JP 2-197383 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 03 August 1990 (03.08.1990), Detailed Explanation of the Invention (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. B21B1/38(2006.01)i, C21D8/02(2006.01)i, C22C38/00(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（IPC）） Int.Cl. B21B1/38, C21D8/02, C22C38/00, C22C38/58		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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 A	JP 4-190902 A（新日本製鐵株式会社）1992.07.09, 発明の詳細な説明（ファミリーなし）	1 2-11
A	WO 2014/038200 A1（JFE スチール株式会社）2014.03.13, [0020]-[0080]（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2013-95927 A（新日鐵住金株式会社）2013.05.20, 【0020】-【0083】（ファミリーなし）	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 19.12.2014	国際調査報告の発送日 06.01.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 川崎 良平 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	4E 4661

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-235524 A (JFE スチール株式会社) 2009.10.15, 【0020】 - 【0072】 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2-197383 A (住友金属工業株式会社) 1990.08.03, 発明の詳細な説明 (ファミリーなし)	1-11